

EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN EL RIO TINACO, MUNICIPIO TINACO DEL ESTADO COJEDES

(Evaluation of sediment transport capacity in Tinaco River, Tinaco city Cojedes state)

Inmaculada Pérez y Luis Rumbo

⁽¹⁾ Universidad Nacional Experimental de Los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora”, UNELLEZ. San Carlos – Cojedes. Venezuela. E-mail: iperezfumero@gmail.com, luisrumbo@gmail.com.

Recibido: 08/01/17 -Aceptado: 28/05/17

RESUMEN

Dentro de la problemática ambiental que atraviesa el planeta, cada vez son más frecuentes los problemas relacionados con la erosión y sedimentación de ríos aluviales, causando problemas en las distintas obras dispuestas a lo largo de dichos cauces y en las poblaciones aledañas a los mismos. Las principales cuencas del estado Cojedes, por su alto grado de intervención padecen de ciertas problemáticas, como lo son: crecidas en las zonas aledañas a las planicies de inundación, erosión local en el cauce y en las zonas cercanas a obras de vital importancia para la comunidad, tal es el caso de la Planta de Potabilización que gerencia Hidrocentro en el municipio Tinaco, la cual se ve afectada por la dinámica fluvial del río. Dada la importancia de la cuenca del río Tinaco como principal fuente de agua superficial que alimenta a la planta de potabilización de Hidrocentro, surgió la necesidad de evaluar la capacidad de transporte de sedimentos de la referida cuenca a fin de comprender la dinámica de dicho proceso y poder vincularlo con la toma de decisiones importantes en realidades obtenidas de manera efectiva y con la mayor rapidez sobre aspectos de usos del suelo, afectación de los regímenes hídricos, programas de conservación y manejo forestal, así como perfilar estrategias que garanticen la sustentación ecológica de éste río, como ecosistema vital para garantizar la producción de agua y la biodiversidad. La capacidad de transporte de sedimentos del río Tinaco en los tramos bajo estudio se estimó de forma individual para varias secciones de control, las cuales son perpendiculares al sentido del flujo.

Palabras clave: erosión, sedimentación, ríos aluviales, cuenca del río Tinaco

SUMMARY

Within the environmental problems facing the planet, more and more frequent problems associated with erosion and sedimentation of alluvial rivers, causing problems in different works arranged along these channels and adjacent to these populations. The main basins of Cojedes state, with its high degree of intervention have certain problems, such as floods in areas surrounding floodplains; local erosion on the runway and in areas close to works of vital importance to the community such is the case Purification Plant that manages Hidrocentro in Tinaco, which is affected by fluvial dynamics of the river. Given the importance of the basin of Tinaco river as a major source of surface water that feeds the water treatment plant Hidrocentro, it became necessary to assess the capacity of sediment transport of that basin in order to understand the dynamics of this process and to link with making important decisions obtained realities effectively and as quickly on aspects of land use, affecting water regimes, conservation programs and forest management, as well as outlining strategies to ensure ecological sustainability of this river as vital to ensure water production and biodiversity ecosystem. The sediment transport capacity of river stretches Tinaco

under study was estimated individually for various sections of control, which are perpendicular to the flow direction.

Keywords: erosión, sedimentation, alluvial rivers, basin of Tinaco river.

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales objetivos de la ingeniería fluvial es el análisis cuantitativo de los procesos de erosión, deposición y transporte de sedimentos en los ríos. La gran importancia de estos fenómenos está dentro de los ejemplos de colmatación de embalses, la pérdida de calado en ríos navegables o la socavación de cimentaciones de muchos puentes. Entre estos procesos merece especial atención la erosión general, aquella que se produce a lo largo del cauce por efecto del arrastre de sus partículas sólidas. Debido a su extensa área de actuación, esta erosión puede movilizar grandes cantidades de sedimento y por tanto tener una gran repercusión sobre la morfología del río.

Los procesos de erosión de suelos y sedimentación son uno de los mayores problemas ambientales, debido a la seria amenaza que estos representan a la agricultura, las estructuras de conservación de agua y suelo y al ambiente en general. Los problemas de erosión de suelos no solo están limitados a las zonas en las cuales la erosión toma lugar sino también a las zonas aguas abajo, donde los sedimentos llevados por el escurrimiento pueden también causar daños a las infraestructuras hidráulicas, canales de riego, además de favorecer la sedimentación de reservorios y contaminación asociada a los

sedimentos resultando en una declinación en la calidad físico-química del agua.

Los altos niveles de sedimentación en los ríos dan lugar a la perturbación física de las características hidráulicas del cauce. Ello puede tener graves efectos en la navegación, debido a que se reduce la profundidad; y favorecer las inundaciones, ya que la capacidad del flujo de agua en la cuenca de drenaje disminuye. Los daños causados a causa de los procesos erosivos reducen el potencial productivo de suelos cultivados, producto de la acción de los siguientes mecanismos: disminución de la capacidad de retención de humedad, pérdida de nutrientes, degradación de la estructura del suelo, reducción de la uniformidad del suelo y modificación de la topografía.

Planteamiento del problema

Según Imerson y Curfs (2005), los efectos más graves de la erosión se producen aguas abajo, en las llanuras de inundación, donde la escorrentía transporta los sedimentos erosionados a través de los cauces fluviales, reduciendo su capacidad de transporte de agua. Así, la escorrentía aumenta la frecuencia y la magnitud de las avenidas en las llanuras aluviales, incrementando la superficie que corre riesgo de inundación.

Con relación a esto, Salerno (2010) afirma que los problemas derivados de la erosión y la sedimentación se han incrementado considerablemente a nivel mundial en los últimos decenios. Según el especialista en erosión, éste es uno de los problemas ambientales más graves del mundo, pero aún no hay una conciencia real de ello.

Según estimaciones del Consejo Intergubernamental del Programa Hidrológico Internacional (PHI), en las próximas décadas más del 50% de la capacidad mundial de almacenamiento de agua en embalses puede perderse debido a la sedimentación, agravado por el hecho de que la implementación de nuevos sitios adecuados para almacenamiento de agua es limitada.

Como complemento, Paredes (2012) afirma que la precipitación y la escorrentía denudan y erosionan las cuencas hidrográficas siendo este proceso responsable de gran parte de los sedimentos que llegan hacia los ríos y que finalmente es transportado por estos. Refiere el mismo autor que cuando disminuye la velocidad del agua el material acarreado se deposita gradualmente causando la elevación del lecho de los ríos aumentando el riesgo de desborde hacia las planicies. Bajo estas circunstancias, el sedimento en un momento y lugar determinado está presente como sedimento suspendido (carga suspendida), sedimento de fondo (carga de fondo) o ambos. La carga de fondo se puede incorporar a la carga

suspendida o viceversa según la magnitud que adquiera el esfuerzo de cizalladura en la cercanía del lecho.

El movimiento del sedimento sobre el lecho es un tema de interés, pues permite: prevenir la erosión en canales sin revestimiento, estimar el riesgo de socavación en obras de cimentación (pilas de puentes) y seleccionar el material (diámetro de coraza) en un enrocado protector (*Ibid.*).

El estado Cojedes en los últimos años no escapa a estas realidades, las principales cuencas por su alto grado de intervención padecen estas problemáticas, inundaciones en las zonas aledañas a las planicies de inundación, erosión local en el cauce y en zonas cercanas a obras de vital importancia para la comunidad, tal es el caso de la planta de potabilización que gerencia Hydrocentro en el municipio Tinaco la cual se ve afectada por la dinámica fluvial de dicho río.

Según estadísticas de eventos hidrometeorológicos, suministrado por Defensa Civil (171), entre los meses de abril y diciembre del año 2010; se presentaron 849 familias afectadas; en el año 2011, entre los mismos meses, hubo 111 familias afectadas, 503 personas afectadas y 104 viviendas afectadas; y en el año 2012, en el mismo lapso de tiempo se tuvo 892 familias afectadas y 3215 personas afectadas.

Dada la importancia de la cuenca del río Tinaco como principal fuente de agua superficial que

alimenta a la planta de potabilización de Hidrocentro, surgió la necesidad de evaluar la capacidad de transporte de sedimentos del referido río a fin de comprender la dinámica de dicho proceso y poder vincularlo con la toma de decisiones importantes en realidades obtenidas de manera efectiva y con la mayor rapidez sobre aspectos de usos del suelo, afectación de los regímenes hídricos, programas de conservación y manejo forestal, así como perfilar estrategias que garanticen la sustentación ecológica de la cuenca del río Tinaco como ecosistema vital para garantizar la producción de agua y la biodiversidad.

METODOLOGIA

Tipo y nivel de investigación: La presente investigación, es de modalidad cuantitativa, explicativa no experimental; ya que intenta explicar los fenómenos naturales y sus relaciones causales, dentro de un cuerpo de argumentaciones ordenadas, con el objeto de establecer, formular, fortalecer y revisar la teoría existente, se busca el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto y manipula deliberadamente las variables a estudiar; lo que hace éste tipo de investigación es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto actual para después analizarlo (Cegarra, 2004).

Se fusionan aspectos tanto de nivel exploratorio como explicativo ya que, los estudios exploratorios se efectúan, normalmente, cuando el objetivo es examinar un tema o problema de

investigación poco estudiado. Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; están dirigidos a responder a las causas de los eventos, sucesos y fenómenos físicos o sociales (Cortés e Iglesias, 2004).

Unidad de estudio: El estudio se realizó en el tramo comprendido entre el sector El Topo y el puente La Cañita del río Tinaco, el mencionado río nace en la fila Naranjal en los límites de Cojedes con Carabobo, toma su nombre al unirse el río Tamanaco con el río Macapo y desemboca en el río San Carlos. El patrón de drenaje es esencialmente dendrítico y sub-dendrítico, tiene una longitud desde la cabecera hasta Puente Tinaco de 57 Km con orientación norte-sur y hasta el sitio de presa su recorrido es de 82,1 Km.

Fases de la investigación

Fase I. Estudio de la capacidad erosiva y de transporte de sedimentos en un tramo del río Tinaco: previa identificación del patrón de alineamiento del cauce, se identificaron los sectores donde se presentan procesos de erosión y sedimentación bien marcados. Se eligieron tramos del cauce (altamente sinuoso) del río Tinaco donde se recabó información de interés para alimentar los modelos empíricos. Las fórmulas mencionadas requieren de información granulométrica del tramo a estudiar, así como información relacionada con el caudal. Para cumplir con estos requerimientos se tomaron en campo muestras

representativas de sedimentos de fondo y de las márgenes del cauce para determinar la granulometría del mismo y de los materiales que componen los taludes. Además se realizaron aforos líquidos y sólidos en varias secciones de control del río Tinaco. Las fechas de realización de los muestreos son: 01/06/2012; 05/12/2012; 15/06/2013 y 08/11/2013.

Fase II. Estimación del coeficiente de rugosidad de Manning en un tramo del río Tinaco: El aforo se realizó con molinete (propela, código n 6-50783), en cada sección transversal se tomaron diferentes subsecciones perpendiculares, medidas a partir de una de las orillas de la sección de aforo, en las cuales, se midieron las revoluciones; valores que se utilizaron para el cálculo de las velocidades a dos y a ocho décimos de la profundidad ($V_{0,2}$ y $V_{0,8}$), es decir, a 0,8 y 0,2; respectivamente desde el fondo del río.

Se procesó la información de varias secciones transversales del río, para estimar el perfil de velocidades, la velocidad media en cada subsección de la sección de aforo se estimó como el promedio entre las velocidades a 0,2 ($V_{0,8}$) y a 0,8 ($V_{0,2}$) de la profundidad “y”. La velocidad media de la sección se estimó como el promedio de las velocidades medias de las subsecciones en las que quedo dividida dicha sección. El caudal (Q) de cada subsección se determinó usando la ecuación de continuidad, es decir, multiplicando la velocidad media de la subsección por el área correspondiente. El caudal total que atraviesa la

sección transversal, se obtuvo mediante la suma de los caudales parciales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Capacidad de transporte de sedimentos en un tramo del río Tinaco: bajo las condiciones hidráulicas y sedimentológicas evaluadas en el río Tinaco la capacidad de transporte de sedimentos del río Tinaco se muestra en la tabla N° 1.

2.

Tabla N° 1. Capacidad erosiva y de transporte de sedimentos en un tramo del río Tinaco.

Sector	Capacidad de transporte total (m ³ /s/m)	Carga de lecho (%)	Carga suspendida (%)
planta Hidrocentro(nueva)	0,00043025	80,05	19,95
planta Hidrocentro (vieja)	0,003276	84,25	15,75
aguas abajo puente La Cañita1	0,00036575	92,77	7,23
aguas abajo puente La Cañita2	0,00043500	82,21	17,79
estación El Tanco	0,00026117	71,16	28,84

Bajo estos escenarios, es importante indicar que la variabilidad espacial y temporal del transporte de sedimento es, por el contrario, una característica de los procesos de transporte fluviales, ya que el transporte en equilibrio raramente se produce en ríos naturales.

2.- Coeficiente de rugosidad de Manning (n) en un tramo del río Tinaco.

Para el desarrollo de este objetivo, se analizaron diferentes secciones del río Tinaco, donde se hicieron mediciones (aforo) en las temporadas seca y húmeda.

Los valores de coeficiente de rugosidad de Manning (n) obtenidos en la temporada seca, están alrededor de 0,070 y 0,072; y los obtenidos en la temporada de lluvia, están entre 0,072 y 0,096.

En los ríos aluviales, los valores de n varían con la forma y la sección transversal del canal, la pendiente del lecho y la profundidad del flujo; la menor profundidad y el aumento del ancho del canal, arrojan un valor de n mayor, debido a la mayor proporción afectada por la vegetación.

Durante la temporada de lluvia, el incremento de n representa el resultado del crecimiento de la vegetación, ya que ocurre un gran incremento de plantas en el fondo del río; y el ancho del río aumenta. Durante los meses de verano el valor de n es bajo, ya que el fondo del río está libre de vegetación y las pendientes laterales están cubiertas con hierbas pequeñas, pero no con matorrales.

CONCLUSIONES

1.- El río Tinaco en los sectores estudiados, presenta una capacidad de transporte de sedimentos total dominada en gran medida, por la capacidad de transporte de fondo, esto puede inferirse en función a los valores estimados mediante los modelos empíricos utilizados en cada caso; los cuales superan el 50% de la

capacidad de transporte total. Esto permite deducir que el lecho del río Tinaco en los sectores estudiados tenderá a erosionarse.

2.- La rugosidad superficial expresada en este caso por el coeficiente de rugosidad n de Manning representa la resistencia total al escurrimiento; el mismo se ve afectado por un cierto número de factores como son: la superficie del terreno (irregularidades de fondo), la vegetación, cambios estacionales, entre otros. En relación a los valores del coeficiente de rugosidad de Manning obtenidos, entre invierno y verano; se puede decir que la variación se debe a que la vegetación alcanza su mayor vigor principalmente en invierno; fondo irregular, tramos con mucha maleza, tramos con pozos profundos o canales de crecientes con muchos árboles con matorrales bajos en el fondo y en los laterales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cegarra J. 2004. Metodología de la investigación científica y tecnológica. Ediciones Díaz de Santos S.A. Madrid. Pp. 84-88
- Cortés M. e Iglesias M. 2004. Generalidades sobre metodología de la investigación. Primera edición 2004. México. Pp. 20-21
- Defensa Civil, Sistema de Emergencias 171., Estadísticas de eventos hidrometeorológicos. Cojedes, Venezuela.
- Imerson A. y Curfs M., 2005. Lucinda, Land care in Desertification Affected Areas from Science towards Application. La erosión del suelo. Serie Folletos; B, Number: 1. (Revista en Línea). En: http://geografía.fcsh.unl.pt/lucinda/booklets/B1_Booklet_Final_ES.pdf (Consulta: febrero 18, 2013)
- Paredes, F. 2012. Fundamentos sobre la capacidad de transporte de sedimentos en cauces aluviales.

Epistemática crítica del saber académico N° 1.
Publicaciones del área de postgrado serie Estudios
Académicos. Pp. 149-188.

Programa Hidrológico Internacional. 2010. Procesos
de erosión-sedimentación en cauces y cuencas.
Volumen 1. PHI-VII / Documento Técnico N° 22.
Editores José Daniel Brea y Francisco Balocchi.
Pp. 7-8

Salerno, G. 2010. Iniciativa Internacional de
Sedimentos UNESCO. Revista CEIBE
Fundación INMAC N° 8 Septiembre 2010.
(Revista en línea). En: [http://www.fundacion-
inmac.org/uploads/PDF/CEIBE8b.pdf](http://www.fundacion-inmac.org/uploads/PDF/CEIBE8b.pdf)
(Consulta: marzo 10, 2013)