



DISTRIBUCION DE SEDIMENTO SUSPENDIDO EN EL ESTUARIO DEL RIO PASSAIC

Luis Miguel González¹ y David Fugate²

¹Instituto del Canal, Universidad de Panamá.

²Florida Gulf Coast University, USA.

e-mail: ¹mreal9@yahoo.es, ²dfugate@fgcu.edu

RESUMEN

Se presentan los resultados de un experimento llevado a cabo junto a investigadores del Instituto de Estudios Marinos y Costeros de la Universidad de Rutgers (New Jersey USA) en el Río Passaic. Por medio de un equipo portátil para medir sedimento suspendido (OBS-3) se localiza claramente el máximo de turbidez en el estuario, el cual que ocurre en la zona donde se encuentran el agua dulce del río Passaic y la intrusión salina que proviene de la Bahía de Newark.

PALABRAS CLAVES

Sedimento suspendido, turbidez, turbidímetros, descarga sólida, Matlab.

ABSTRACT

In this work we describe the use of turbidity measurements as a proxy for suspended sediment. Research Scientists from Institute for Marine and Coastal Sciences, Rutgers University (New Jersey, USA) set out to characterize the turbidity maxima on the lower Passaic River (New Jersey) using optical equipment (OBS-3 units). The equipment worked successfully in that the turbidity maximum was clearly localized.

KEYWORDS

Turbidity, suspended sediments, Passaic River, Matlab.

INTRODUCCIÓN

La concentración de sedimento suspendido en los ríos puede variar varios órdenes de magnitud durante un evento de crecida y puede tener poca correlación con los niveles y la descarga líquida del río (Morris & Fan, 1998). El utilizar los métodos tradicionales (obtención de muestras de agua para posterior secado y pesado) para registrar, con gran resolución temporal, eventos de crecidas requiere de una labor logística y de laboratorio tanto complicada como costosa.

En el las áreas costeras se necesitan mediciones del flujo de sedimentos para estimar las consecuencias de la construcción de obras como dragados o rompeolas.

Para este fin, lo ideal sería tener un parámetro que variara directamente como una función del sedimento suspendido y que pudiera ser registrado de manera continua. Un parámetro perfecto como este no existe, pero la turbidez ha ido ganando aceptación como el parámetro imperfecto a utilizar para monitorear el sedimento suspendido (Morris & Fan, 1998).

La turbidez puede ser medida por medio del registro de la dispersión de un haz de luz que se hace incidir sobre las partículas suspendidas en el agua. La ventaja más importante que ofrecen los turbidímetros de este tipo es su capacidad de registro continuo. El número de datos que pueden ser medidos y grabados es muy grande, permitiendo que estos equipos sean capaces de registrar a intervalos cortos de tiempo los cambios en la concentración de sedimento suspendido.

En los años 2004 y 2005, el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IMCS) de la Universidad de Rutgers realizó una campaña oceanográfica destinada a caracterizar la estructura espacial y temporal del máximo de turbidez en el estuario del Río Passaic (New Jersey, USA). La meta de dicho trabajo es el de elaborar un modelo que tenga la capacidad de describir el transporte de sedimentos en dicho estuario y que pueda predecir cambios a futuro (Chant, J. & D. Fugate, 2006).

El trabajo que se describe en este escrito forma parte de de las etapas iniciales de dicha campaña oceanográfica.

METODOLOGIA

Como se anotó en el inciso anterior, los datos que se reportan en esta nota son parte de un estudio que realizado por la Universidad de Rutgers (New Jersey, USA) en el río Passaic. Dicho estudio tuvo como objetivo el caracterizar la estructura salina y sedimentológica que prevalece en el estuario de dicho río durante diferentes condiciones del flujo. Con este fin se diseñaron los muestreos de tal manera que se pudiera observar la penetración de la cuña salina y la estructura de la carga de sedimento en suspensión en función del flujo de agua dulce y del forzamiento por las mareas (Chant *et al.*, 2005).

Área de Estudio:

La cuenca hidrográfica del río Passaic, en el Este de los Estados Unidos de Norte América, consta de 2420 kilómetros cuadrados aproximadamente, distribuidos entre el Noreste de Nueva Jersey y el Sureste de Nueva York (Deason, 2001). La parte baja del río fluye a través de un área muy urbanizada e industrializada. En la Figura 1 se muestra esquemáticamente la localización del Río Passaic, mostrando su ubicación con relación a la Bahía de Newark y las áreas urbanas de Brooklyn y Manhattan en New York (Estados Unidos de Norteamérica). Las corrientes de marea superficiales pueden alcanzar los 100 centímetros por segundo en la parte baja del estuario (Chant *et al.*, 2005). Las observaciones se realizaron el 21 de julio de 2004 con la marea empezando a bajar (rango máximo de la marea ese día: 1.3 metros) y con condiciones de poco flujo de agua dulce del río; descarga: 30 metros cúbicos por segundo (Chant & Fugate, 2006).

Recolección de los datos:

El 21 de Julio de 2004 se llevó a cabo trabajo de campo, durante el cual se realizaron perfiles verticales de salinidad, temperatura, presión y de la concentración de sedimentos en suspensión en 14 estaciones a lo largo de del río Passaic (río arriba desde la desembocadura). En la Figura 2 se muestra la localización geográfica de dichas estaciones de medición. Para medir la concentración de los sedimentos en suspensión se utilizó un instrumento óptico. Reportamos en este trabajo los resultados obtenidos con el equipo para medir sólidos en suspensión OBS-3 de la empresa D & A Instrument Company. En la Figura 3 se muestra dicho sensor óptico, que opera detectando la radiación que es dispersada por el material en suspensión, al ser

iluminado por un haz infrarrojo que envía el sensor. La respuesta de estos equipos depende del tamaño, la composición y la forma de las partículas en suspensión. El OBS-3 puede medir en un rango de 0 a 2,500 mg/l con sedimentos finos (lodos) y de 0 a 50 g/l con arenas. La razón máxima de muestreo del OBS-3 es de 10 Hz (www.d-a-instruments.com). El OBS-3 utilizado fue calibrado por medio de mediciones de sedimento en suspensión realizadas con el método tradicional de filtrado y secado de muestras de agua obtenidas simultáneamente con las mediciones del OBS. El registro digital de los datos del OBS-3 se realizó conectando dicho instrumento a un puerto libre del equipo CTD que se describe a continuación y que graba los datos para su posterior análisis.

Para medir la salinidad y la profundidad se utilizó un instrumento CTD marca SeaBird. Los instrumentos CTD miden directamente tres importantes cantidades: conductividad, temperatura y presión. Mediante la medición de la conductividad, es posible obtener mediciones de la salinidad en la muestra de agua. La salinidad se obtiene en psu. Las mediciones de conductividad, temperatura y presión son registradas en forma digital. Son almacenadas (junto con el registro del OBS-3) mediante el instrumento CTD, y transferidas a una computadora personal una vez que el CTD ha sido extraído del agua. El conjunto de instrumentos se hacía descender, en cada estación, por medio de un malacate hidráulico. Dichos instrumentos realizaban un registro continuo de las variables de interés (conductividad, temperatura, turbidez), entre la superficie y el fondo.

RESULTADOS

La información obtenida en las giras de campo fue procesada y graficada por medio del paquete de programas de computación Matlab. En la Figura 4 puede verse el resultado de la calibración del instrumento óptico OBS-3 utilizado para medir el sedimento suspendido. Se observa que para valores de sedimento suspendido mayores que 20 mg/l, la regresión lineal ajusta muy bien los datos. Los estimados de sedimento en suspensión (SS) se obtienen utilizando la regresión lineal de la Figura 4. De tal forma que: $SS (mg\ l^{-1}) = 132xvoltage - 16$.

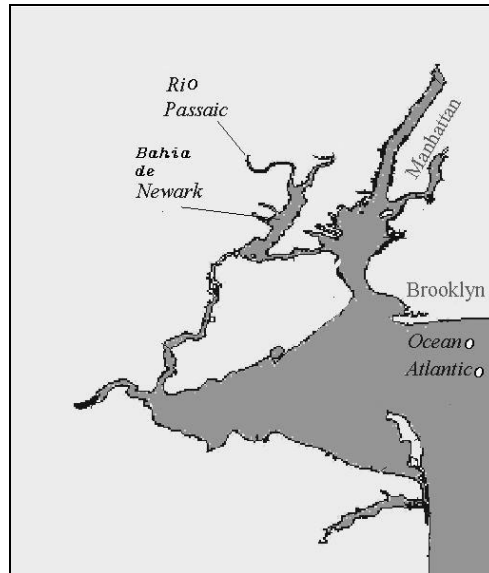


Fig. 1. Mapa esquemático de la localización del Río Passaic, mostrando la Bahía de Newark y las áreas urbanas de Brooklyn y Manhattan en New York (Estados Unidos de Norteamérica).

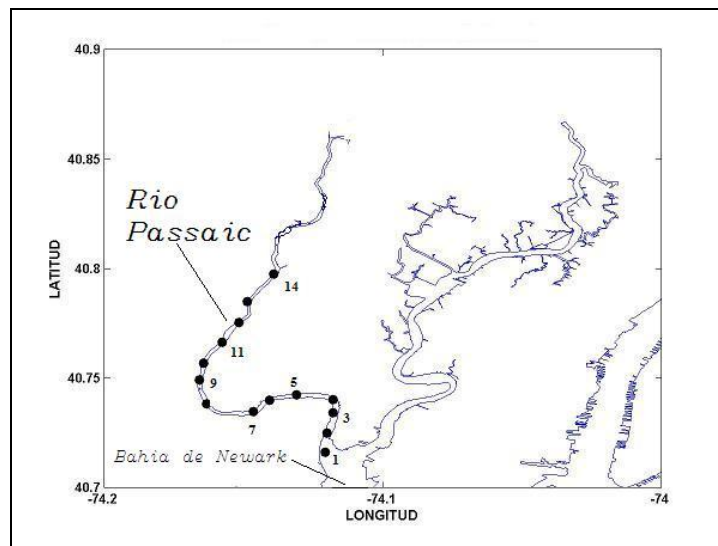


Fig. 2. Ubicación geográfica de las estaciones (1-14) donde se tomaron los perfiles de sedimento suspendido.



Fig. 3. Imagen de un turbidímetro OBS-3 de la empresa D & A Instrument Company. Dimensiones del instrumento: 138 x 25 milímetros.

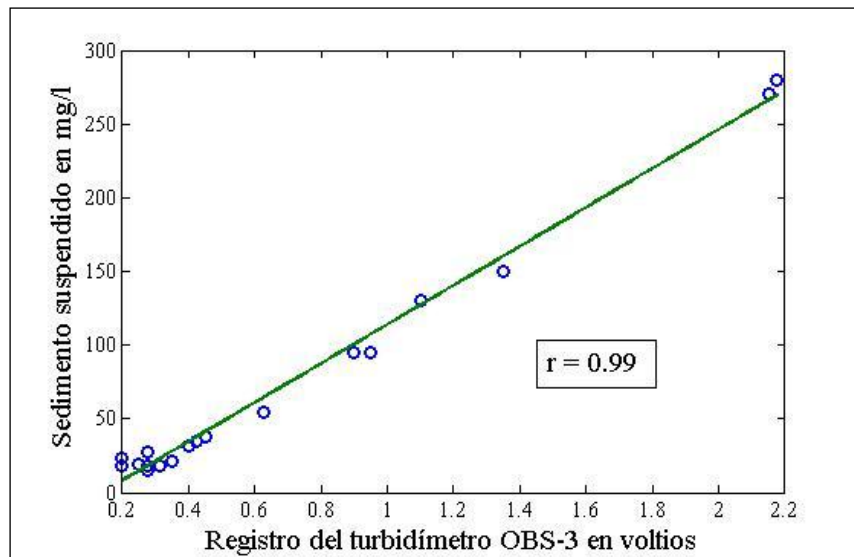


Fig. 4. Resultado de la calibración del equipo OBS-3 utilizado en las mediciones en el río Passaic el día 21 de julio de 2004.

En la Figura 5 puede verse la distribución de la salinidad y la concentración de sedimento suspendido registrada el día 21 de julio de 2004. En dicha Figura 5, la salinidad se muestra por medio de isoclinas (psu), y se observaron valores de 18 psu en la desembocadura del río Passaic a la Bahía de Newark, los cuales disminuyen hasta alcanzar valores correspondientes a agua dulce aproximadamente a 11 kilómetros aguas arriba, definiendo estos valores la cuña salina que caracteriza el estuario.

En la Figura 5 el sedimento suspendido aparece como una nube con diferentes tonalidades de color marrón que significan concentraciones. El área de máximo de turbidez ocurre en la zona donde se encuentran el agua dulce del río Passaic y la intrusión salina que proviene de la Bahía de Newark. Como puede observarse, la concentración de sedimento suspendido varía entre 20 mg/l y 70 mg/l aproximadamente.

En el Cuadro 1 puede observarse que los valores más altos de sedimento en suspensión coinciden con salinidades menores de 0.4 psu. Este máximo de turbidez se origina cuando parte del sedimento aportado por el río se agrega de tal manera que se forman partículas de mayor tamaño debido a la floculación. Está establecido que este fenómeno se produce en el extremo de la cuña salina donde se encuentran salinidades menores de 1 a 3 psu (Fugate & Friedrichs, 2003).

La salinidad máxima en la desembocadura del Passaic, en día del experimento, fue de 18 psu aproximadamente; la estratificación fue de 4 psu desde la superficie hasta el fondo en 5.5 metros de profundidad (Fig. 5).

DISCUSIÓN

La distribución de las isoclinas de salinidad (isohalinas) de la Figura 5 indica que, con descarga de agua dulce pequeña ($30 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$) y un rango en la altura de la marea de 1.3 metros, una cuña salina penetra en el estuario hasta 11 kilómetros río arriba. Como se aprecia en dicha Figura 5, la salinidad en el fondo y en la superficie disminuye desde la estación 1 a la estación 14 (Figuras 2 y 5), pero la salinidad superficial es siempre menor que la salinidad en el fondo, de tal manera que el estuario del río Passaic se puede describir como parcialmente mezclado (Butterworth Heinemann, 2002).

La región del estuario en donde es mayor la concentración de material en suspensión es mayor (máximo de turbidez) está asociado con el punto nulo en el cual el flujo residual es cero.

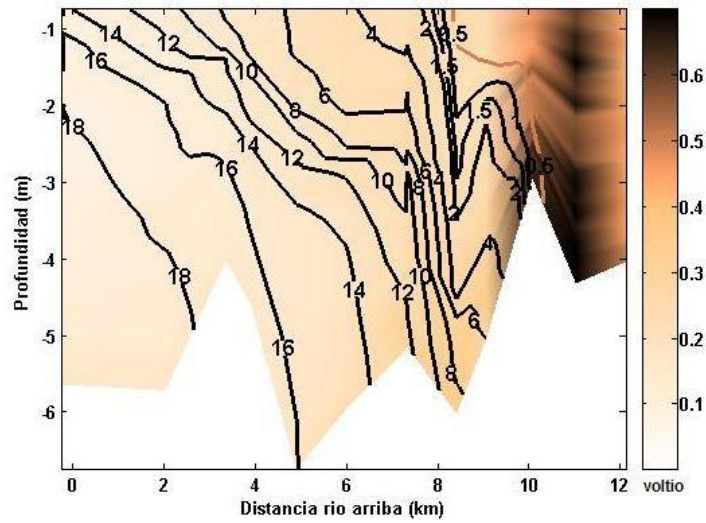


Fig. 5. Río Passaic, julio 21 de 2004. Sección longitudinal que muestra isoclinas de salinidad (psu) así como diferentes tonalidades de color marrón que representan concentración de *sedimento suspendido* [SS (mg l⁻¹) = 132xvoltio -16].

Cuadro 1. Promedios verticales de Sedimento en Suspensión y Salinidad en el estuario del río Passaic.

Distancia desde la desembocadura (Km.)	Sedimento en Suspensión (mg l ⁻¹)	Salinidad (psu)
0	0	18
2	0.1	17
4	5	13
8	34	3
10	71	0.4
11	87	0.1
12	60	0.1

CONCLUSIONES

En la Figura 5 se observa que el turbidímetro utilizado, el OBS-3, es capaz de ubicar con claridad el máximo de sedimento suspendido en la sección longitudinal del río Passaic en la cual se realizaron las observaciones. En la Figura 4 puede verse que las mediciones del OBS-3 pueden ser relacionadas satisfactoriamente con observaciones de la concentración de sedimento en suspensión realizadas por medio de la colecta, filtrado y pesado de muestras de agua colectadas simultáneamente a las mediciones del equipo óptico, siempre que las concentraciones de sedimento suspendido sean mayores de 20 mg/L. El estuario del río Passaic puede clasificarse como parcialmente mezclado para condiciones de poca descarga de agua dulce.

REFERENCIAS

Butterworth Heinemann, UK 2002. Waves, Tides and Shallow-Water Processes. Open University Course Team.

Chant, R. & D. Fugate. 2006. Hydrodynamics and sediment transport processes in the Passaic River Estuary. IMCS Rutgers University. www.marine.rutgers.edu/cool/passaic.

Chant, R., D. Fugate & T. Wilson. 2005. Hydrodynamics studies of the Passaic River: Dispersive Mechanisms in the vicinity of the Harrison Reach. IMCS Rutgers University.

Deason, J. URBAN RIVER RESTORATION INITIATIVE. The George Washington University. 2001.

Fugate, D. & C. Friedrichs. 2003. Controls on suspended aggregate size in partially mixed estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 58 (2003) 389-404.

Morris, G. & F. Jiahua. 1998. Reservoir Sedimentation Handbook. McGraw-Hill.

www.d-a-instruments.com

AGRADECIMIENTOS

El gobierno estadounidense proporcionó una capacitación en el Instituto de Estudios Marinos y Costeros (IMCS) de la Universidad de Rutgers (New Jersey USA) a uno de los autores (L.M. González), por intermedio del programa Fulbright de Intercambio Educativo. La Autoridad del Canal de Panamá brindó apoyo para el logro de dicha capacitación. Los autores agradecen al editor de la Revista Tecnociencia y a varios revisores anónimos por sus comentarios y observaciones que han mejorado sustancialmente la presentación del manuscrito.

Recibido junio de 2005, aceptado diciembre de 2007.