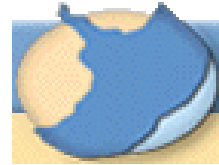




INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA
SUBSECRETARIA DE RECURSOS HÍDRICOS
SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
REPÚBLICA ARGENTINA



ANTECEDENTES SOBRE CALIDAD DEL AGUA DEL RIO DE LA PLATA
Componente B: Modelación de Calidad del Agua

Primer Informe Parcial

Recopilación y Descripción de Antecedentes



**Proyecto PNUD ARG/09/G46: “Reducción y prevención de la contaminación de origen terrestre en el Río de la Plata y su Frente Marítimo mediante la implementación del Programa de Acción Estratégico de FREPLATA”.
Proyecto FREPLATA II**



*Proyecto INA1090
Informe INA 01-1090-12
Ezeiza, Abril de 2012*

Laboratorio de Hidráulica

AUTORIDADES DEL INA

PRESIDENTE

Dr. Raúl A. LOPARDO

GERENTE DE PROGRAMAS Y PROYECTOS

Ing. Jorge A. MAZA

DIRECTOR DEL LABORATORIO DE HIDRÁULICA

Ing. Julio C. DE LÍO

JEFE DEL PROGRAMA DE HIDRÁULICA COMPUTACIONAL

Dr. Ángel N. MENÉNDEZ

DIRECTOR DEL PROYECTO

Dr. Ángel N. MENÉNDEZ

EQUIPO DE TRABAJO

Ing. Mag. María Fernanda LOPOLITO

Ing. Mag. Mariano RE

INFORME PRODUCIDO POR

Ing. Mag. Mariano RE

Ing. Mag. María Fernanda LOPOLITO

Dr. Ángel N. MENÉNDEZ

ANTECEDENTES SOBRE CALIDAD DEL AGUA DEL RIO DE LA PLATA

Componente B: Modelación de Calidad del Agua

Informe

Recopilación y Descripción de Antecedentes

RESUMEN

Se efectuó una recopilación de todos los antecedentes disponibles sobre modelación de calidad del agua para el Río de la Plata, incluyendo tanto los estudios de alcance regional como los de alcance local, y los de fines académicos como los relacionados a problemas de gestión. También fueron incluidos aquellos estudios de modelación hidrodinámica y sedimentológica que han contribuido a una mejor comprensión de la dinámica del río.

La síntesis descriptiva de cada uno de estos estudios fue materializada en fichas, que indican datos bibliográficos, los objetivos propuestos, las metodologías utilizadas y los principales resultados.

Descriptores temáticos: Modelación, Hidrodinámica, Calidad del Agua, Transporte de Sedimentos, Transporte de Contaminantes.

Descriptores geográficos: Río de la Plata, Argentina, Uruguay.

ÍNDICE

| | | |
|------------|--|------------|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 2 |
| 2 | FICHAS BIBLIOGRÁFICAS | 3 |
| 2.1 | Estudios analizados. | 3 |
| 2.2 | Características de las fichas. | 3 |
| 2.3 | Fichas Hidrodinámica. | 5 |
| 2.4 | Fichas Transporte de Contaminantes. | 50 |
| 2.5 | Fichas Transporte de Sedimentos. | 100 |
| 3 | BASE DE DATOS | 123 |

1 INTRODUCCIÓN

El Proyecto PNUD ARG/09/G46: *“Reducción y prevención de la contaminación de origen terrestre en el Río de la Plata y su Frente Marítimo mediante la implementación del Programa de Acción Estratégico de FREPLATA”* ha encomendado al Instituto Nacional del Agua (INA) su participación en el estudio de *“Antecedentes sobre Calidad del Agua del Río de la Plata”*. Este se desarrolla a partir de tres líneas de trabajo, consideradas en tres diferentes componentes: A) Monitoreo de Calidad del Agua, B) Modelación de Calidad del Agua, y C) Monitoreo de Floraciones Algales.

El grupo de trabajo está conformado por personal del Programa Nacional de Calidad de Aguas (PNCA-Gerencia de Programas y Proyectos) para la Componente A, el Programa de Hidráulica Computacional (PHC-Laboratorio de Hidráulica) para la Componente B, y del Programa de Investigación sobre los Ecosistemas Acuáticos (PEA-Gerencia de Programas y Proyectos) para la Componente C.

Aquí se presenta el Primer Informe Parcial de la Componente B, en el que se han recopilado los antecedentes sobre modelación de calidad del agua para el Río de la Plata, cuya síntesis fue materializada en fichas bibliográficas.

2 FICHAS BIBLIOGRÁFICAS

2.1 Estudios analizados.

La búsqueda de antecedentes fue realizada con un criterio amplio. Se incluyeron tanto los estudios de alcance regional como los de alcance local, y los de fines académicos así como los relacionados a problemas de gestión. Además, fueron incluidos aquellos estudios de modelación hidrodinámica que han contribuido a la comprensión de los patrones de transporte dentro del río, y los de modelación sedimentológica que han aportado conocimiento sobre la dinámica de sedimentos en el estuario, que es uno de los vehículos primarios del transporte de contaminantes.

Fueron considerados tres grandes grupos al momento de clasificar las temáticas:

- *Hidrodinámica.*
- *Transporte de contaminantes.*
- *Transporte de sedimentos.*

En el grupo *Hidrodinámica* se incluyeron todos los trabajos relacionados a la circulación en el Río de la Plata, en *Transporte de Contaminantes* aquellos en los que se realizó algún tipo de modelación de los procesos de transporte de contaminantes en el río, y en *Transporte de Sedimentos* los trabajos en que se modeló dinámica de sedimentos, aunque en el mismo trabajo se analice circulación y calidad del agua.

Los trabajos relativos al estudio del Frente Salino del Río de la Plata fueron clasificados dentro del grupo de *Transporte de Contaminantes*, debido a que algunos de ellos responden preguntas que tienen que ver con la calidad del agua analizando la variable salinidad.

Se presenta en este informe una síntesis de cada uno de los estudios antecedentes, materializada en fichas bibliográficas que se agrupan según la clasificación anterior.

2.2 Características de las fichas.

Cada ficha contiene una serie de datos bibliográficos (título, autores y su filiación, año de edición, tipo de publicación, la cantidad de páginas, etc.), un resumen metodológico y un detalle de los principales resultados obtenidos. También se menciona si existen documentos vinculados con el estudio analizado.

Las fichas se distinguen según el grupo en que fueron clasificadas, destacándose cada uno de ellos por un color (Tabla 1). Se utilizó como criterio de numeración el orden cronológico.

Tabla 1. Distinción de grupos de fichas según colores.

| | |
|-----------------------------|--|
| Hidrodinámica | |
| Transporte de contaminantes | |
| Transporte de sedimentos | |

Cada campo de las fichas representa una característica particular de cada documento. El siguiente es el detalle de cada uno de ellos:

- NOMBRE
Título del documento analizado.
- AUTORES
Nombres de los autores involucrados.
- INSTITUCIONES
Nombres de las instituciones involucradas. Aquellas instituciones que no son argentinas fueron explicitadas.
- TIPO
Tipo de publicación: *Informe* (de ser pertinente se menciona a qué proyecto pertenece), *Comunicación a Congreso* (se indica qué congreso), *Tesis* (de grado, maestría o doctorado; indicándose institución), *Capítulo de Libro* (se indica nombre del libro, editor y editorial) o *Publicación en Revista* (se indica qué revista).
- AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS
Se destacan características bibliográficas del documento analizado: año de publicación, referencia de publicación y cantidad de páginas.
- OBJETIVOS DEL ESTUDIO
Se detallan los alcances del trabajo analizado.

- **ZONA DE ESTUDIO**
Descripción geográfica. Se indica la principal zona de interés del estudio.
- **METODOLOGÍA DEL ESTUDIO**
Se resumen los aspectos metodológicos desarrollados durante el trabajo.
- **PRINCIPALES RESULTADOS**
Se detallan los principales resultados obtenidos en el estudio.
- **DOCUMENTOS RELACIONADOS**
Se listan documentos relacionados con el trabajo analizado, incluyéndose subproductos o trabajos antecedentes o preliminares.

2.3 Fichas Hidrodinámica.

A continuación se presentan las fichas de trabajos relacionados exclusivamente con aspectos de la circulación del Río de la Plata y su Frente Marítimo. Se incluye una La cantidad total de 22 fichas.

| HIDRODINÁMICA | | # 01 |
|--|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Aspectos de un modelo hidrodinámico para el estuario del Río de la Plata. | | |
| AUTORES | | |
| Makler, S. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Laboratorio de Análisis Numérico, Instituto de Informática Hídrica, Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas (INCYTH, actual INA - Instituto Nacional del Agua). | | |
| TIPO | | |
| Informe | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 1976 | - | - |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Implementar un modelo hidrodinámico en el Río de la Plata Interior. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata Interior. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| Se resolvieron las ecuaciones para aguas poco profundas en diferencias finitas. Se implemento el modelo en un dominio que incluye al Río de la Plata Interior, salvo un sector cercano al Frente del Delta del Paraná. Las condiciones de contorno fueron impuestas como series de nivel en los bordes aguas arriba (Martín García – San Fernando) y aguas abajo del modelo (El Codillo – Montevideo). | | |
| PRINCIPALES RESULTADOS | | |
| El modelo pudo describir de manera estable, con las condiciones de borde planteadas, la dinámica del río del día 1 de enero de 1976. | | |
| DOCUMENTOS RELACIONADOS | | |
| - | | |

| HIDRODINÁMICA | | # 02 |
|--|-----------------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Simulación numérica de la circulación en el Río de la Plata. | | |
| AUTORES | | |
| Molinari, G.N. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Laboratorio de Hidráulica Aplicada (LHA), Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas (INCYTH, actual INA - Instituto Nacional del Agua). | | |
| TIPO | | |
| Informe | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 1986 | Informe LHA S5-017-86 | 116 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Implementar de manera sistemática una simulación numérica de la circulación en el Río de la Plata. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| Se utilizó el software HIDROBID II para implementar el modelo en un dominio con celdas de 4000 m que involucra a todo el Río de la Plata. Las condiciones de borde de caudal se impusieron de acuerdo a los caudales de los ríos Paraná de las Palmas, Paraná Guazú y Uruguay; y en la boca del río se impuso la condición de nivel de acuerdo a la marea astronómica en San Clemente y a una aproximación en Punta del Este. | | |
| PRINCIPALES RESULTADOS | | |
| Se demostró la factibilidad de simular el flujo del Río de la Plata por medio de un modelo matemático, lo que permite pensar en encarar estudios de detalle y programar campañas de medición. La comprensión alcanzada de la circulación en el Río de la Plata en este trabajo es limitada, ya que no fueron evaluados el accionar del viento, el efecto de Coriolis, y las distintas posibilidades de condiciones de contorno. | | |
| DOCUMENTOS RELACIONADOS | | |

Menéndez, A.N., 1985. Simulación numérica de flujos cuasi-bidimensionales a superficie libre. Informe LHC-INCYTH S5-016-85. Ezeiza, Argentina.

| HIDRODINÁMICA | | # 03 |
|--|------------------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Análisis de la hidrodinámica del Río de la Plata a partir de una simulación numérica. | | |
| AUTORES | | |
| Albarracín, J.I. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Laboratorio de Hidráulica Aplicada (LHA), Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas (INCYTH, actual INA - Instituto Nacional del Agua). | | |
| TIPO | | |
| Informe | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 1987 | Informe LHA 065-001-88 | 147 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Interpretar los movimientos de mayor escala que se dan en el Río de la Plata a partir de los resultados de una simulación numérica. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se realizó un estudio teórico sobre la caracterización y cálculo de las ondas de marea que se propagan en un estuario, aplicado a un canal abierto, un canal cerrado, y un canal abierto con angostamiento.</p> <p>Los resultados de los análisis teóricos se compararon con los de un modelo del Río de la Plata correctamente validado. Los comportamientos del río exterior e interior fueron relacionados con los de los ensayos teóricos.</p> | | |
| PRINCIPALES RESULTADOS | | |
| <p>La propagación de la onda de marea en el Río de la Plata presenta características diferentes en las zonas exterior e interior. En la primera, convive la onda de Kelvin con el primer modo de oscilación de Poincare, excitado, principalmente, por el hecho de que la onda de marea oceánica incide con un ángulo significativo sobre la boca del Río de la Plata. Es esta onda de Poincare la que le otorga las características bidimensionales al movimiento resultante. En cambio, en la zona interior solo sobrevive la onda</p> | | |

de Kelvin, ya que la oscilación de Poincare no puede penetrar y decae bruscamente. Esto explica el carácter unidimensional del movimiento en esta región.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

-

| HIDRODINÁMICA | | # 04 |
|---|------------------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Simulación numérica de corrientes de deriva en el Río de la Plata. | | |
| AUTORES | | |
| Olalde, A.M. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Laboratorio de Hidráulica Aplicada (LHA), Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas (INCYTH, actual INA - Instituto Nacional del Agua). | | |
| TIPO | | |
| Informe | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 1988 | Informe LHA 065-002-88 | 91 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Realizar simulaciones del Río de la Plata incluyendo la acción del viento y evaluar sus efectos. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata (tramo que se extiende desde su cabecera hasta la línea Punta del Este – San Clemente). | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Con un modelo matemático implementado en un dominio que incluye la totalidad del Río de la Plata con el software HIDROBID II, se simularon situaciones con influencia significativa del viento, de modo de evidenciar y describir sus efectos sobre los niveles y las velocidades.</p> <p>Se validó la aplicación de la acción del viento en problemas simples, comparando los resultados de las simulaciones con soluciones analíticas conocidas.</p> <p>Las corrientes de deriva se pusieron de manifiesto tomando la diferencia de las simulaciones con y sin viento.</p> <p>Se identificaron los eventos con mayor frecuencia a partir de datos de viento observados en Aeroparque, evaluándose el apilamiento que producían en tres puntos: dos localizado en el Río de la Plata Exterior y uno en el Río de la Plata Intermedio.</p> | | |
| PRINCIPALES RESULTADOS | | |

Se especula que las diferencias cuantitativas no despreciables entre los resultados analíticos y numéricos se deben a que en los problemas simples utilizados el efecto del viento es el dominante, no ocurriendo lo mismo en el Río de la Plata. Por lo tanto, se dice que el modelo implementado constituye una herramienta eficaz para estudiar situaciones particulares en el río.

En cuanto al apilamiento, se observa que las líneas de isonivel resultan normales a la dirección del viento determinando que las corrientes de deriva siguen la dirección del viento. Por efectos del apilamiento, aparecen corrientes de gradiente, las cuales dependen básicamente de la batimetría. El efecto de Coriolis, que es importante sobre la circulación total, es pequeño sobre las corrientes de deriva.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

-

| HIDRODINÁMICA | | # 05 |
|---|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Modelo hidrodinámico para el Río de la Plata. | | |
| AUTORES | | |
| Mazio, C.A. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Servicio de Hidrografía Naval (SHN). | | |
| TIPO | | |
| Publicación en revista (<i>Revista Frente Marítimo</i>) | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 1990 | 7 (sección A) | 8 (87-94) |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Adaptar un modelo unidimensional utilizado en el Golfo de California al Río de la Plata, como para obtener una primera aproximación al entendimiento de su dinámica, planificar futuras mediciones y ser un esquema preliminar de modelos más completos. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| Se resuelven las ecuaciones para aguas poco profundas unidimensionales, con la técnica de diferencias finitas. La dirección elegida representa la dirección principal de la descarga, constituyéndose en un segmento con origen en el delta del Paraná (cercano a la Isla Martín García) hasta la desembocadura del Río de la Plata en el océano. Se discretizó este segmento en 179 nodos, brindándose información batimétrica para cada uno de ellos. | | |
| PRINCIPALES RESULTADOS | | |
| Se observó que, para las componentes de marea analizadas (M_2 , N_2 , O_1 , S_2 y K_1), las amplitudes aumentaron hasta el comienzo del Río de la Plata Exterior, zona a partir de la cual se presenta un notable cambio en la sección transversal. Se menciona que cabría la posibilidad de no encontrar puntos anfídromicos en el río. También, se destaca el carácter fuertemente semidiurno del régimen de marea de acuerdo a los valores de amplitud obtenidos. | | |

Las amplitudes en las corrientes de marea tienen un aumento progresivo hacia la desembocadura.

Respecto de la comparación de las alturas y corrientes de marea con datos observados, se presenta una buena coincidencia temporal y aceptable respecto a los módulos, tanto en la parte superior como inferior del río aunque en la zona Intermedia no sea precisa en el tiempo.

| |
|--------------------------------|
| DOCUMENTOS RELACIONADOS |
| - |

| HIDRODINÁMICA | | # 06 |
|--|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Modelação matemática da circulação e transporte hidrodinâmicos em regiões costeiras. Aplicação ao Rio de la Plata. | | |
| AUTORES | | |
| Rodrigues Vieira, J. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Portugal. | | |
| TIPO | | |
| Publicación en revista (<i>Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería</i>). | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 1990 | 6 (1) | 16 (119-134) |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Implementar un modelo matemático para caracterizar el régimen hidrodinámico en la zona del canal de acceso al Puerto de Montevideo, generar condiciones de borde detalladas para la implementación de un modelo físico de la Bahía de Montevideo, determinar las zonas para las descargas de los dragados, y analizar las direcciones más convenientes para el canal de acceso al puerto. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata, Zona Costera de Montevideo. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se implementó un modelo matemático del Río de la Plata, resolviéndose las ecuaciones de escurrimiento en aguas poco profundas con el Método de los Elementos Finitos. Se implementaron dos dominios anidados, denominados 'modelo global' (representado al Río de la Plata con una malla de 716 elementos triangulares de seis nodos) y 'modelo local' (representativo de la zona costera de Montevideo, con 540 elementos).</p> <p>Para la calibración se utilizó la información de los niveles en siete estaciones de control, para periodo de 15 días, obteniéndose un error medio del 4% en la amplitud de la marea. Además se validaron corrientes medidas en la zona de interés en diez puntos durante cuatro meses.</p> <p>Con los modelos calibrados y validados se realizó un análisis de sensibilidad a los caudales de los tributarios y al efecto de Coriolis, y se simuló la</p> | | |

propagación de la marea y los efectos meteorológicos para un período de quince días representativo del año medio.

PRINCIPALES RESULTADOS

El modelo global permitió una caracterización general del Río de la Plata teniendo en cuenta la acción de los principales forzantes (caudales, mareas y vientos), y el modelo local permitieron conocer detalles de la circulación en la zona de Montevideo.

La zona del Río de la Plata Exterior tiene una circulación compleja que se ve en las diferencias de amplitud y fase en las principales componentes de marea a lo largo de la línea exterior del río, resultando importante para esto el efecto de Coriolis. En esta zona se generan corrientes transversales entre las dos costas hasta el inicio del Río de la Plata Interior, donde la circulación es más regular verificándose una fuerte influencia fluvial y destacándose un importante flujo entre el talud Sur del Banco Ortiz y la costa argentina.

Un análisis comparativo de corrientes en el río exterior, mostró que el escurrimiento del agua proveniente de los tributarios se da a través de dos lenguas, destacándose el corredor que se da en el norte, entre el Banco Inglés y la costa uruguaya.

En lo que respecta a las acciones meteorológicas, se puede decir que provocan importantes alteraciones en el régimen hidrodinámico de base, notándose principalmente en los niveles del Río de la Plata Interior y las corrientes del Río de la Plata Exterior.

En general los vientos del SE son los que mayores efectos tienen en el régimen hidrodinámico, dado que presentan las mayores intensidades medias y la misma orientación que el eje del estuario. Respectos de las características de circulación en la zona de implantación del canal de acceso al Puerto de Montevideo, para vientos del cuadrante N - W el escurrimiento es siempre paralelo a la costa y aproximadamente uniforme a lo largo de toda la zona de estudio, y para vientos del sector S - E la circulación está mucho más influenciada por la presencia de los bancos Inglés y Arquímedes.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Rodrigues Vieira, J., Lanfredi, N.W., 1996. A Hydrodynamic Model for the Río de La Plata, Argentina. *Journal of Coastal Research*, 12 (2), 430-446.

| HIDRODINÁMICA | | # 07 |
|---|------------------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Estudio de las corrientes en los canales de navegación en el Río de la Plata. | | |
| AUTORES | | |
| Marazzi, M.L., Menéndez, A.N. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Laboratorio de Hidráulica Aplicada (LHA), Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas (INCYTH, actual INA - Instituto Nacional del Agua). | | |
| TIPO | | |
| Informe | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 1991 | Informe LHA 114-003-91 | 102 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Determinar las condiciones hidrodinámicas medias en las adyacencias de los canales de navegación para ser utilizadas en un estudio de sedimentación. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata Interior | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se validó un modelo hidrodinámico del Río de la Plata comparando niveles y velocidades de corriente con los valores provistos por las tablas de predicción de mareas del Servicio de Hidrografía Naval.</p> <p>Se obtuvieron valores medios de nivel y velocidad en creciente y en bajante.</p> <p>Se determinaron trayectorias de partículas en las adyacencias de la ruta de navegación. También fueron estudiadas dos situaciones de tormenta.</p> | | |
| PRINCIPALES RESULTADOS | | |
| <p>La validación de los valores medios de nivel y velocidad de corriente resultó satisfactoria, con el objetivo de ser utilizada como datos de entrada de un modelo sedimentológico.</p> <p>Las columnas de fluido tienden a desplazarse en la dirección del eje del río, pero en la zona externa se observa, superpuesta, una deriva hacia el Este (estos resultados pueden ser de utilidad para definir zonas de refulado).</p> <p>La ocurrencia de tormentas genera un estado transitorio durante el cual se</p> | | |

incentivan las corrientes en la dirección de la acción del viento. De persistir el temporal, el transitorio cesa en alrededor de 10 horas, tras lo cual se establece un nuevo régimen forzado.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Menéndez, A.N., 1990. Sistema HIDROBID II para simular corrientes en cuencos, *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 6(1), 25-36.

| HIDRODINÁMICA | | # 08 |
|--|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Estimación de la deriva en el Río de la Plata aplicada al transporte de contaminantes. | | |
| AUTORES | | |
| Mazio, C.A., Dragani, W.C. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Servicio de Hidrografía Naval (SHN). | | |
| TIPO | | |
| Comunicación a congreso (Jornadas de Investigación Científica en Materia de Contaminación de las Aguas, Montevideo, Uruguay) | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 1991 | - | 9 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Estudiar pormenorizadamente en el Río de la Plata, el accionar de la corriente generada por el viento denominada de deriva. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata Interior. Costa de Berazategui y Rada de La Plata. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| Se valida un modelo predictivo de corriente de deriva a partir de una experiencia de medición de trayectoria de flotadores. Se siguió la trayectoria de los flotadores fijando su posición cada media hora durante un día. Simultáneamente se midió la intensidad y dirección del viento con un anemómetro ubicado a 16 m respecto al nivel del agua. | | |
| PRINCIPALES RESULTADOS | | |
| Se ha presentado un modelo que permite evaluar la corriente de deriva a partir de mediciones de la intensidad y el alcance del viento. La trayectoria real incluye ciclos de flujo y refluo que no están reflejados en la predicción, dando la pauta de la necesidad de incluir la corriente de marea en la predicción, además de la corriente permanente de descarga fluvial. | | |
| DOCUMENTOS RELACIONADOS | | |
| - | | |

| | | |
|---|----------------|----------------|
| HIDRODINÁMICA | | # 09 |
| NOMBRE | | |
| A numerical model of tides and storm surges in the Rio de la Plata Estuary. | | |
| AUTORES | | |
| O'Connor, W.P. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Institute for Naval Oceanography, Stennis Space Center, USA. | | |
| TIPO | | |
| Publicación en revista (<i>Continental Shelf Research</i>). | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 1991 | 11 (12) | 18 (1491-1508) |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Implementar un modelo matemático bidimensional integrado en la vertical para caracterizar el régimen hidrodinámico sometido a la acción del viento en el Río de la Plata y su Frente Marítimo. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata y Frente Marítimo. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se implementó un modelo bidimensional integrado en la vertical (Princeton University), para estudiar las mareas y las ondas de tormenta en el Río de la Plata. Los resultados fueron comparados con observaciones. Se discutieron los resultados de la modelación a partir de varios casos de forzado con vientos (específicamente ondas de tormenta, <i>Sudestadas</i>). Las simulaciones incluyeron vientos constantes desde el Este y desde el Sudeste, con diferentes intensidades).</p> <p>El dominio del modelo incluye al Río de la Plata y al Frente Marítimo (latitudes 33°40'S a 39°20'S, y longitudes de 51°W a 59°W). La batimetría se construyó para celdas de 5'por lado (aproximadamente 7,45 km x 9,27 km), determinando 97 puntos de grilla en la dirección x y 69 en la dirección y.</p> | | |
| PRINCIPALES RESULTADOS | | |
| Para obtener con el modelo una correcta descripción de las amplitudes de marea fue necesario ajustar el coeficiente de fricción en el Río de la Plata Interior. En esta región se observó que la fricción en el fondo tiene una influencia importante en la velocidad promediada en la vertical. Los mejores | | |

resultados se obtuvieron con $k = 0,0010$ el Río de la Plata Interior y $k = 0,0015$ en el resto del dominio. Las amplitudes de marea en el Río de la Plata Exterior y en el Frente Marítimo se mostraron insensibles a los cambios en este coeficiente.

Se propuso una formulación específica para el coeficiente de arrastre por acción del viento (*drag coefficient*, C_D).

Los resultados mostraron una fuerte dependencia de las condiciones hidrodinámicas del estuario con la dirección del viento. Además, se pudo ver que el forzante atmosférico en el Río de la Plata Exterior y el Frente Marítimo determina los niveles y las corrientes del Río de la Plata Interior. Si el forzante sinóptico se mantiene estable por más de 24 horas, las condiciones hidrodinámicas en el estuario alcanzan una situación de estacionaria.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

-

| HIDRODINÁMICA | | # 10 |
|---|-----------------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Modelo hidrodinámico "RÍO DE LA PLATA 2000". | | |
| AUTORES | | |
| Jaime, P.R., Menéndez, A.N. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Programa Hidráulica Computacional (PHC), Laboratorio de Hidráulica (LH), Instituto Nacional del Agua (INA). | | |
| TIPO | | |
| Informe | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 1999 | Informe LHA 01-183-99 | 172 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| <p>Reformular las versiones anteriores (Molinari, 1986; Albarracín, 1988; Olalde, 1988, y Marazzi y Menéndez, 1991) que dispone el Laboratorio de Hidráulica del INA del modelo matemático hidrodinámico de la totalidad del Río de la Plata basado en el software HIDROBID II, de desarrollo propio (Menéndez, 1985 y Menéndez, 1990), adaptándolo a las nuevas posibilidades computacionales (que permiten mayor resolución), y calibrándolo tanto para condiciones de calma como de tormenta.</p> | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata (tramo que se extiende desde su cabecera hasta la línea Punta del Este – San Clemente). | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se efectuó una validación detallada del modelo tanto para escenarios de calma como de tormenta. El escenario de calma se representó a partir de niveles de marea astronómica predicha. El escenario de tormenta se representó a partir de niveles observados.</p> <p>Utilizando el escenario de calma, el modelo fue calibrado ajustando los valores de la rugosidad del cauce. Luego se efectuó una verificación comparando las predicciones del modelo con los registros de niveles para los escenarios de tormenta. Posteriormente, se efectuaron comparaciones entre las velocidades de corriente predichas por el modelo y las velocidades registradas.</p> <p>Se adoptaron 2 esquemas simples de zonificación de la rugosidad del cauce: i) una distribución uniforme sobre todo el río, ii) una división entre el Río de la</p> | | |

| |
|---|
| Plata Exterior y el Interior. |
| PRINCIPALES RESULTADOS |
| <p>Se logró un nivel importante de acuerdo entre simulación y registros, tanto para niveles como para corrientes, lo que permite utilizar con confianza al modelo para estudios ingenieriles.</p> <p>No resultó necesario discriminar la rugosidad del cauce, fijándose un valor uniforme de calibración (n de Manning 0,015).</p> <p>Ensayos efectuados variando el coeficiente de modulación del caudal ingresante mostraron que su influencia sobre los niveles del río en las estaciones de control es débil. Esto muestra que, en la práctica, las simulaciones pueden efectuarse considerando los caudales ingresantes constantes en el tiempo.</p> <p>Se concluyó que, durante las tormentas, el nivel del Río de la Plata está básicamente controlado por la onda ingresante por su boca. Es decir que la contribución de los vientos locales sobre la superficie del río es secundaria.</p> |
| DOCUMENTOS RELACIONADOS |
| - |

| HIDRODINÁMICA | | # 11 |
|---|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Estudio de antecedentes sobre el uso de modelos en la Costa Uruguaya del Río de la Plata. | | |
| AUTORES | | |
| Piedra-Cueva, I., Pedocchi, F., Fossati, M. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA), Facultad de Ingeniería (FI), Universidad de la República (UDELAR), Uruguay. | | |
| TIPO | | |
| Informe (<i>Proyecto FREPLATA</i>). | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2002 | - | 35 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Realizar una revisión de los diferentes modelos computacionales del Río de la Plata que han sido utilizados para la costa uruguaya del río. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Costa uruguaya del Río de la Plata. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| Revisión bibliográfica. Representación gráfica y análisis de frecuencias direccional de los registros de corriente. | | |
| PRINCIPALES RESULTADOS | | |
| <p>Se presentó una revisión de los diferentes modelos numéricos que han sido implementados para estudiar la costa uruguaya del Río de la Plata. La revisión incluye aquellos modelos desarrollados entre los años 1982 y 1998. Se completó el trabajo con un análisis de una serie de mediciones de corriente efectuadas entre 1982 y 1983 en diferentes estaciones frente a la costa de Montevideo.</p> <p>Algunos de ellos modelan la totalidad de la extensión espacial del Río de la Plata y otros solamente una zona determinada. Se presenta una pequeña descripción de cada uno de los modelos, incluyendo las hipótesis de partida, datos utilizados para su calibración y su aplicación final.</p> <p>Los modelos revisados son el 'SIM3D' (CDM&A, 1982), un modelo de</p> | | |

circulación acoplado a un módulo de calidad de aguas cuyo objetivo era verificar la ubicación, longitud y diseño de un emisario submarino para las aguas residuales de la ciudad de Montevideo; 'DYNTRAN' (CDM&A, 1985) que fue utilizado para modelar la circulación y el transporte de masa en la Bahía de Montevideo; 'MHD2' (INTECSA, 1986) utilizado para definir una solución para la prolongación del canal de acceso al Puerto de Montevideo y determinar tres zonas para el vertido de los dragados; el 'Modelo Matemático de Corrientes de Marea para el Río de La Plata' (Guarga et al., 1991) elaborado para la Comisión Administradora del Río de la Plata (CARP), y su continuación con mayor discretización 'Tidal' (Kaplan, 1998) junto con su versión para cálculo en paralelo PTidal.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

CDM y Asociados, 1982. Informe final sobre los modelos desarrollados por CDM y Asociados para determinar la calidad de las aguas costeras del Río de la Plata entre Punta Lobos y el Arroyo Carrasco.

CDM y Asociados, 1985. Saneamiento Urbano de Montevideo, Estudio de factibilidad para la zona al oeste de Punta Carreta.

INTECSA, 1987. Plan de desarrollo a largo plazo para el Puerto de Montevideo incluyendo un estudio de las condiciones hidráulicas de la Bahía de Montevideo y del canal de acceso. Estudios Hidráulicos y Sedimentológicos.

Guarga R., Vinzón S., Rodríguez H., Piedra-Cueva, I., Kaplan E., 1991. Corrientes y sedimentos en el Río de la Plata. Informe CARP (Comisión Administradora del Río de la Plata), pp. 115.

Kaplan, 1998. A shallow water model distributed using domain decomposition. Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Uruguay.

| | | |
|---|-----------------------|----------------|
| HIDRODINÁMICA | | # 12 |
| NOMBRE | | |
| Modelo HamSOM/CIMA: Propagación de la onda de marea en la Plataforma Continental argentina y el Río de la Plata. Parte I: M ₂ . | | |
| AUTORES | | |
| Simionato, C.G., Dragani, W., Núñez, M. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Centro de Investigación del Mar y la Atmósfera (CIMA), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET) - Universidad de Buenos Aires (UBA). | | |
| TIPO | | |
| Informe (<i>Proyecto FREPLATA</i>) | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2002 | Informe CIMA/Oc-02-05 | 61 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Implementar el modelo tridimensional HamSOM/CIMA (Hamburg Shelf Ocean Model, versión del CIMA) para estudiar la propagación de la onda de marea, como primer paso para disponer de un modelo confiable de pronóstico y gestión para el Río de la Plata. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata y Plataforma Continental argentina. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se desarrolló e implementó un conjunto de modelos 3-D anidados, basados en el código del modelo HamSOM, para el estudio de la propagación de la marea en la plataforma continental sudeste de América del Sur.</p> <p>Se analizó la propagación y amplificación de la componente de marea M₂, la más importante de la región estudiada. Para esto se obtuvieron en distintas estaciones de control las amplitudes y fases de la onda de marea para los tres modelos (A, B y C).</p> <p>Los resultados obtenidos con el modelo han sido validados utilizando todos los datos disponibles de nivel del mar observado en estaciones de marea costeras y varias series de datos de corrientes medidas a lo largo del litoral atlántico y el Río de la Plata. Para validar las corrientes de marea correspondientes a la componente M₂ simuladas se optó por generar las elipses de corrientes y compararlas con las resultantes de observaciones directas.</p> | | |

También se estudió la generación de perturbaciones de mayor frecuencia debidas a la transferencia no lineal de la energía.

Además, con los resultados del modelo se pudieron calcular algunas cantidades adicionales como el flujo de energía y la disipación por fricción de fondo.

PRINCIPALES RESULTADOS

Tanto para los niveles del mar como para la corriente, las constantes armónicas que surgen del modelo comparan muy bien con las correspondientes a observaciones directas.

Las simulaciones numéricas realizadas permitieron la obtención de cartas de cotidales, de isoamplitudes y de corrientes de mayor resolución y más confiables que las anteriores correspondientes a la onda M_2 para la Plataforma Continental Argentina y el Río de la Plata.

Se encontró que la subarmónica M_4 puede ser muy importante, con valores superiores a los 0,10 m, en muchos de los principales golfos y bahías de la costa patagónica. La disipación de energía en la plataforma continental patagónica constituye una importante fracción de la cantidad global total estimada.

Las simulaciones numéricas de alta resolución realizadas para el Río de la Plata y la Plataforma Continental adyacente permitieron obtener las primeras estimaciones del flujo de energía y de la disipación por fricción de fondo dentro del Río de la Plata. El flujo de energía que entra al Río de la Plata proviene desde el este ingresando por el sector sudoeste de la boca. El flujo de energía se concentra principalmente a lo largo de la costa bonaerense, mientras que del lado uruguayo los valores computados son bastante menores. Gran parte de la disipación ocurre en los extremos norte y sur de la Bahía de Samborombón. Además, la disipación se manifiesta tanto en los canales profundos de la parte intermedia del Río de la Plata como así también en el curso superior del Río de la Plata. En la parte exterior del Río de la Plata se observa un máximo secundario coincidente con la presencia del Banco Rouen.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Simionato, C.G., Núñez, M.N., Engel, M., 2000. Investigaciones numéricas tridimensionales de la propagación de la onda de marea en la Plataforma Continental Argentina y el Río de la Plata, Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar, Puerto Madryn, 11-15 Septiembre.

Simionato, C.G., Dragani, W., Núñez, M., Meccia, V., Renaud, T., 2002. Modelo HamSOM-CIMA: Simulaciones de corrientes y alturas en el Río de la Plata. Comparación con observaciones. Informe CIMA/Oc-02-02. Septiembre.

Simionato, C.G., Dragani, W., Núñez, M., Engel, M., 2004. A Set of 3-D Nested Models for Tidal Propagation from the Argentinean Continental Shelf to the Río de la Plata Estuary. Part I: M_2 . *Journal of Coastal Research*, 20 (3), 893-912.

Simionato, C.G., Meccia, V.L., Dragani, W.C., Núñez, M.N., 2006. On the use of the NCEP/NCAR surface winds for modeling barotropic circulation in the Río de la Plata Estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 70, 195-206.

| | | |
|---|----------------|----------------|
| HIDRODINÁMICA | | # 13 |
| NOMBRE | | |
| Corredores fluviales en el Río De La Plata Interior. | | |
| AUTORES | | |
| Piedra-Cueva, I., Fossati, M. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA), Facultad de Ingeniería (FI), Universidad de la República (UDELAR), Uruguay. | | |
| TIPO | | |
| Informe (<i>Proyecto FREPLATA</i>) | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2003 | - | 46 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Estudiar los Corredores fluviales en el Río de la Plata Interior. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata Interior. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se aplicó el modelo hidrodinámico bidimensional integrado en vertical RMA-2 (Universidad de California en Davis) acoplado con el modelo RMA-11 para simular el transporte de sustancias conservativas y de calidad de aguas en elementos finitos. Se aplicó, asimismo, un modelo de seguimiento de partículas basado en el campo de velocidades calculado por el modelo hidrodinámico.</p> <p>Se utilizó dominio de cálculo desde San Clemente al Sur, Punta del Este al Este y la desembocadura de los ríos Paraná y Uruguay al Oeste, compatible con la definición de los corredores de flujo en el tramo medio y superior del Río de la Plata.</p> <p>Para efectuar la calibración del modelo se utilizaron las estaciones costeras Montevideo, Colonia, Buenos Aires y Torre Oyarvide.</p> <p>Los escenarios de modelación (para la componente M_2 de la marea) correspondieron a: caudales máximo y mínimo extraordinarios, caudales típicos de primavera/verano y de otoño/invierno; vientos típicos de primavera/verano y de otoño/invierno. Adicionalmente, se simularon dos escenarios típicos de tormenta correspondientes a SE y SW.</p> | | |

PRINCIPALES RESULTADOS

Se calcularon las curvas de isoconcentración de las sustancias conservativas descargadas en cada uno de los puntos de ingreso del caudal fluvial, que permitieron definir sus respectivas áreas de influencia, para cada uno de los escenarios y período de simulación de 40 días.

Se estimó el comportamiento de elementos individuales transportados fundamentalmente en suspensión a partir de la trayectoria de las partículas lanzadas en los puntos de ingreso del caudal fluvial. En términos generales las trayectorias muestran un andamio similar al de la pluma de concentración. En sus tramos iniciales las trayectorias se ubican sobre el centro de la pluma, pero posteriormente la trayectoria no queda centrada en la pluma.

Se construyeron los corredores de flujo a lo largo del río a partir de las trayectorias de las partículas y la configuración de las plumas correspondientes a descargas en los tributarios principales. Se distinguieron cuatro corredores de flujo; que son desde la costa argentina: 1) Paraná de las Palmas, comprendido entre la costa argentina y la línea media de las trayectorias del Paraná de las Palmas y el Paraná Guazú; 2) Paraná Guazú, comprendido entre la línea media de las trayectorias del Paraná de las Palmas y el Paraná Guazú, y la línea media de las trayectorias del Paraná Guazú y del Paraná Bravo-Sauce; 3) Paraná Bravo-Sauce, comprendido entre la línea media de las trayectorias del Paraná Guazú y del Paraná Bravo-Sauce, y la costa uruguaya; 4) Uruguay, comprendido entre la línea media de las trayectorias del Paraná Bravo-Sauce y del río Uruguay, y la costa uruguaya. De esta manera el corredor del Río Uruguay constituiría un sub-corredor del Paraná Bravo-Sauce.

En un escenario de primavera/verano, los aportes de los Ríos Uruguay y Paraná Bravo-Sauce alcanzan el océano en un lapso entre 60 y 80 días. Por el contrario, las descargas de los ríos Paraná Guazú y Paraná de las Palmas tienen períodos de residencia mayores a los 120 días.

Los corredores de flujo son similares tanto para el escenario típico de otoño/invierno como para el de primavera/verano, lo que cambian son los tiempos de circulación. Para caudales elevados el tiempo de tránsito es menor, mientras que para caudales bajos es mayor.

Los test realizados con 6 componentes de mareas astronómicas muestran que no modifican sensiblemente los resultados obtenidos considerando solamente a la componente fundamental M_2 .

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Piedra-Cueva, I., Fossati, M., 2003. Corredores de circulación en el Río de la Plata. V Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar, *XIII Coloquio Argentino de Oceanografía*, Mar del Plata, Argentina.

Piedra-Cueva, I., Fossati, M., 2007. Residual currents and corridor of flow in the Rio de la Plata. *Applied Mathematical Modelling*, 31, 564-577.

| HIDRODINÁMICA | | # 14 |
|---|-----------------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Modelo HamSOM/CIMA: Circulación estacional y plumas de los tributarios principales en el Río de la Plata. | | |
| AUTORES | | |
| Simionato, C., Meccia, V., Dragani, W., Núñez, M. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Centro de Investigación del Mar y la Atmósfera (CIMA), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET) - Universidad de Buenos Aires (UBA). | | |
| TIPO | | |
| Informe (<i>Proyecto FREPLATA</i>) | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2003 | Informe CIMA/Oc-03-01 | 111 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Determinar mediante modelación matemática del camino de las aguas de los afluentes principales del estuario del Río de la Plata, y la afectación de la variabilidad de los vientos y la descarga continental. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se simularon las plumas correspondientes a los diferentes tributarios principales del estuario con el modelo HamSOM/CIMA, modelando escenarios de caudal medio, alto y bajo, y vientos de invierno y verano, e identificando el área de influencia de la descarga de cada tributario principal.</p> <p>Se analizó el efecto de eventos de vientos intensos en la deformación de las plumas y los tiempos de persistencia de la señal introducida por los mismos. Los campos de corrientes resultantes permitieron determinar las características fundamentales de la circulación media en el estuario. Con los resultados de estas simulaciones se estimaron los tiempos de permanencia y lavado de las aguas de los diversos tributarios en el estuario.</p> <p>Se consideraron trazadores distintos para los ríos Uruguay, Paraná Guazú - Bravo y Paraná de las Palmas. Se realizaron asimismo estudios de sensibilidad a variaciones en los vientos, la descarga continental, a la batimetría de fondo en la parte superior y media del estuario y a la rotación de</p> | | |

la Tierra (efecto de Coriolis), computándose para cada uno de ellos los transportes residuales. Los términos relativos a la difusión horizontal en la ecuación advección-difusión no fueron tenidos en cuenta. Para la discretización del dominio se utilizaron celdas de 1500 m. Las condiciones de borde de los contornos abiertos se hicieron variar según la amplitud y fase de la componente de marea M_2 , la más importante en la región.

El modelo de transporte fue calibrado utilizando un conjunto de observaciones de conductividad colectadas por el Servicio de Hidrografía Naval (SHN), durante dos días de noviembre de 1982 en los que se muestrearon 24 estaciones entre las líneas Colonia – Buenos Aires y Montevideo - Punta Piedras.

PRINCIPALES RESULTADOS

Los tributarios menores altamente contaminados, como el Luján y el Riachuelo, contribuyen de manera significativa al patrón de conductividad observado en el estuario.

La batimetría juega un rol central en la circulación del Río de la Plata. En la parte superior y media del estuario, el flujo tiende a seguir los canales naturales, con relativamente baja influencia de la descarga continental.

La variación de la descarga continental no produce cambios importantes en los patrones de circulación, sino sólo en la intensidad del transporte. Tanto en la parte superior como media del estuario, la influencia de los vientos es baja. En la zona exterior, el flujo se torna más sensible a los vientos con una reversión en el sentido de circulación de invierno a verano, que es consistente con lo que se conoce de la distribución de salinidad. En el norte de la Bahía Samborombón se obtiene una celda de circulación con sentido de giro horario, cuya extensión y forma cambian con la estación pero poco con las descargas, sugiriendo que se encuentra afectada por los vientos.

Se distinguieron dos corredores de flujo para los tributarios principales del Río de la Plata. El modelo indica que las aguas de los ríos Uruguay y Paraná Guazú - Bravo se mezclan rápidamente después de la confluencia entre ambos. La presencia de los dos corredores se mantiene por lo tanto para los diferentes escenarios de caudal, observándose diferentes tiempos de circulación en el estuario.

El efecto de Coriolis, se hace evidente aún en la porción media del estuario en consistencia con el radio de deformación de Rossby (barotrópico) que para una profundidad media de 10 m es del orden de 100 Km.

Ante situaciones típicas de vientos intensos (sudestadas y pamperos), el sistema retorna a las condiciones medias en pocos días, en una escala temporal no superior a la semana.

El tiempo necesario para que las aguas transiten el estuario es menor para descargas altas y mayor para las descargas bajas. No se observan diferencias notables en los tiempos para iguales condiciones de caudal para las diferentes estaciones.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

-

| | | |
|---|----------------|----------------|
| HIDRODINÁMICA | | # 15 |
| NOMBRE | | |
| A numerical study of the barotropic circulation of the Rio de la Plata estuary: sensitivity to bathymetry, the Earth's rotation and low frequency wind variability. | | |
| AUTORES | | |
| Simionato, C.G., Dragani, W., Meccia, V.L., Nuñez, M. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Centro de Investigación del Mar y la Atmósfera (CIMA), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET) - Universidad de Buenos Aires (UBA) Servicio de Hidrografía Naval (SHN). | | |
| TIPO | | |
| Publicación en Revista (<i>Estuarine, Coastal and Shelf Science</i>) | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2004 | 61 | 261-273 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Estudiar mediante una serie de simulaciones de alta resolución barotrópicas los patrones de circulación en el Río de la Plata y su respuesta a los principales forzantes. Analizar la circulación y su relación con la batimetría, la rotación de la Tierra, el escurrimiento del río y las fluctuaciones del viento bajas frecuencias se exploran. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata y Frente Marítimo. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>El modelo HamSOM fue aplicado a un dominio que incluye al Río de la Plata y su Frente Marítimo (36,5 S a 34 S y 59 W a 54,5 W).</p> <p>Para estudiar la influencia de la geometría, la batimetría y la rotación terrestre en la circulación del Río de la Plata, se planteó un set de tres simulaciones. En la primera, con la costa verdadera, la profundidad del estuario se fijó en 10 m, un valor representativo de la profundidad media. En un segundo la batimetría fue la real, pero la rotación terrestre fue suprimida haciéndose cero el parámetro de Coriolis. En la tercera simulación se utilizó la batimetría constante sin rotación terrestre.</p> <p>Se realizaron una serie de simulaciones adicionales con el fin de analizar la sensibilidad del sistema a las fluctuaciones de viento de baja frecuencia. A partir de una solución estable sin viento, el modelo se corrió para 16</p> | | |

direcciones del viento diferentes. La tensión del viento se estableció en $0,02 \text{ N m}^{-2}$, la magnitud de la media de los vientos estacionales. Las simulaciones se repitieron para vientos de intensidad creciente, y se encontró que, aunque la intensidad de las corrientes aumenta, los patrones de circulación se mantienen.

PRINCIPALES RESULTADOS

La circulación en el Río de la Plata está muy influenciada por la batimetría. En el Río de la Plata Interior el flujo se concentra a lo largo de los canales profundos. En el Río de la Plata Intermedio, el efecto Coriolis se empieza a sentir y el transporte se concentra en el norte.

La circulación debida a los vientos puede ser explicada en términos de dos modos: i) El primero asociado a una componente transversal del río, relacionada con el ingreso y egreso de agua al estuario, y que tiene que ver con la señal estacional observada en el campo de la salinidad. ii) El segundo asociado al viento que sopla a lo largo del eje estuario (SE o NO), que aumenta el nivel del río o produce bajantes en el Río de la Plata Superior.

La dinámica del estuario puede ser dividida en tres regiones diferentes, con diversas respuestas a la geometría, la batimetría, la rotación de la Tierra y los vientos: El Río de la Plata Interior, la Bahía de Samborombón y el Río de la Plata Exterior.

El Río de la Plata Interior tiene relativamente poca influencia de la rotación de la Tierra y se caracteriza por un régimen esencialmente fluvial dominado por las descargas y la batimetría. Los patrones de circulación en esta zona muestran poca sensibilidad a los cambios en los vientos, a pesar de que la respuesta en la elevación de la superficie del río es máxima.

En la Bahía de Samborombón cuando los vientos son leves la circulación es débil. Debido a su geometría, su apertura hacia el océano y su poca profundidad, esta zona es muy sensible a la dirección del viento.

El Río de la Plata Exterior tiene características más oceánicas, y su circulación no está tan asociada a las descargas y la batimetría, pero sí a la rotación terrestre. Esta área es naturalmente sensible a los vientos, con una respuesta oceánica tipo Ekman.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

-

| HIDRODINÁMICA | | # 16 |
|---|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Impacto del Cambio Climático Global en las costas del Río de la Plata. | | |
| AUTORES | | |
| Re, M. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Programa Hidráulica Computacional (PHC), Laboratorio de Hidráulica (LH), Instituto Nacional del Agua (INA). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN), Universidad de Buenos Aires (UBA). | | |
| TIPO | | |
| Tesis de Maestría (<i>Maestría en Ciencias Ambientales, FCEyN, UBA</i>) | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2005 | - | 120 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Mediante la modelación numérica de la hidrodinámica del Río de la Plata, determinar los mapas de riesgo de inundaciones para las condiciones actuales, y para posibles escenarios futuros. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata y Frente Marítimo. Costa argentina del Río de la Plata. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se implementó un modelo hidrodinámico, denominado RPP-2D, con el objetivo de simular la generación de ondas de tormenta en el Río de la Plata y su Frente Marítimo. Este modelo se calibró para ajustarse a la marea astronómica predicha, los niveles medios estacionales y la frecuencia de ocurrencia de niveles en Buenos Aires para la década presente, y las grandes ondas de tormenta. La verificación del modelo se realizó comparando los niveles medios estacionales, y la frecuencia de ocurrencia de niveles en Buenos Aires para cada año de la década presente, datos de nivel del mar obtenidos por el satélite TOPEX/Poseidon, y velocidades de corrientes medidas.</p> <p>Se realizó un análisis de sensibilidad del nivel del Río de la Plata a la variación de cada uno de los forzantes, estableciéndose la importancia relativa de los cambios en el nivel medio del mar, los vientos y los caudales de los tributarios.</p> <p>Los escenarios futuros planteados representan condiciones medias y máximas previstas para las décadas de 2030 y 2070. Como resultado de las simulaciones se obtuvieron los niveles medios estacionales en todo el dominio</p> | | |

del modelo y la respuesta del sistema ante eventos de tormentas con distintas recurrencias. A partir de la información de niveles a lo largo de toda la costa argentina del Río de la Plata, se trazaron los mapas de riesgo de inundación.

PRINCIPALES RESULTADOS

Las diferencias estacionales de niveles medios que se manifiestan en el Río de la Plata, de hasta 20 cm entre primavera-verano y otoño-invierno, resultan básicamente de la acción del campo de vientos. En el caso de vientos provenientes desde la dirección oceánica, el área de acción más significativa de los vientos, en relación a los efectos sobre los niveles del Río de la Plata, se limita a la región del Frente Marítimo, sobre la plataforma continental adyacente a su desembocadura.

La influencia del aporte de caudal de los tributarios principales (ríos Paraná y Uruguay) en las variaciones de nivel del Río de la Plata sólo se advierte con la ocurrencia de muy altos caudales. En la práctica, estas situaciones sólo pueden darse para crecidas extraordinarias de muy alta permanencia, de manera que el Delta del río Paraná no atenúe su pico (tal como ocurrió en la gran crecida 1982 - 1983).

La mayor parte de la energía de la onda de marea astronómica que llega al Río de la Plata proviene de la fracción de onda que se desarrolla sobre la plataforma continental y se propaga de Sur a Norte, en contacto con la costa argentina.

Los picos de las ondas de tormenta que provocan inundaciones en la zona costera argentina del Río de la Plata crecen a medida que la onda se desplaza a lo largo de la misma, de Sudeste a Noroeste, alcanzando valores en el río interior de hasta tres veces los que se dan en la boca.

Tanto a escala estacional como anual, la principal componente de cambio de los niveles medios en el Río de la Plata será el aumento del nivel medio del mar, el cual produce un incremento de nivel medio prácticamente constante sobre toda la extensión del río.

El cambio en los patrones de viento no tendrá una influencia significativa sobre los niveles medios estacionales y anuales del Río de la Plata Exterior. En cambio, para el Río de la Plata Interior es esperable una contribución relevante, que puede llegar hasta un 30% del valor correspondiente por aumento del nivel medio del mar.

Las áreas inundadas permanentemente en la costa argentina del Río de la Plata por los efectos del Cambio Climático serán de relativamente pequeña extensión. Esto significa que la amenaza de inundaciones seguirá siendo eventual, y ligada a las ondas de tormenta.

El aumento del nivel máximo de las inundaciones provocadas por las ondas de tormenta será prácticamente igual al aumento del nivel medio del mar.

Las tres zonas costeras más vulnerables a las inundaciones son: el Frente del Delta del Paraná, la franja costera que va desde Berisso – Ensenada hasta Berazategui – Quilmes y una franja al Sur de la Bahía de Samborombón. Para los escenarios futuros, resulta creciente el riesgo de inundación en la cuenca baja de los ríos Matanza – Riachuelo y Reconquista.

Los tiempos de recorrido del pico de la onda de tormenta a lo largo de la costa

del Río de la Plata, no sufrirán cambios apreciables. Las mayores diferencias respecto al presente se manifestarán para las tormentas de menor recurrencia (hasta 10 años), siendo decrementos del orden del 2% para los escenarios del 2030 y del 4% para los escenarios del 2070.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Re, M., Menéndez, A.N., 2003. Modelo Hidrodinámico del Río de la Plata y su Frente Marítimo, Informe INA-LHA 03-216-03.

Re, M., Menéndez, A.N., 2007. Impacto del Cambio Climático en las Costas del Río de la Plata”, *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*, 7 (1).

| | | |
|--|----------------|----------------|
| HIDRODINÁMICA | | # 17 |
| NOMBRE | | |
| Residual currents and corridor of flow in the Rio de la Plata. | | |
| AUTORES | | |
| Piedra-Cueva, I., Fossati, M. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA), Facultad de Ingeniería (FI), Universidad de la República (UDELAR), Uruguay. | | |
| TIPO | | |
| Publicación en revista (<i>Applied Mathematical Modelling</i>) | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2007 | 31 | 564-577 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Examinar los efectos de los forzantes de la dinámica del río en las corrientes residuales y los campos de salinidad en el Río de la Plata, focalizando el estudio en el Río de la Plata Exterior. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata Exterior. Costa de Montevideo. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se implementó un modelo hidrodinámico 2D-H del Río de la Plata utilizando el software RMA-2. El dominio del modelo se extiende hasta la línea San Clemente - Punta del Este.</p> <p>Las corrientes residuales fueron obtenidas removiendo la señal de marea promediando las velocidades resultantes en la escala de tiempo dominante.</p> <p>La calibración y validación del modelo fue realizada comparando las series de marea astronómica en varias estaciones.</p> <p>Para analizar la hidrodinámica del río se realizaron simulaciones transportando un contaminante que se descarga desde cada uno de los tributarios principales. También se realizó un seguimiento de partículas de agua.</p> | | |
| PRINCIPALES RESULTADOS | | |
| La batimetría, la onda de marea y las descargas de los tributarios determinan el flujo residual en el Río de la Plata. Hacia el exterior del río, los forzantes combinados crean un flujo residual en la costa uruguaya mientras que existe | | |

una débil circulación circular en sentido horario en la Bahía de Samborombón. La circulación sobre la costa uruguaya se ve influenciada por la descarga de los tributarios.

Para todo el río se identificaron tiempos de residencia de entre 40 y 80 días. Específicamente en la Bahía de Samborombón, se obtuvieron tiempos de residencia mayores a 120 días.

Se identificaron tres corredores de flujo: Paraná de las Palmas, Paraná Guazú y Paraná Bravo-Sauce - Uruguay (con un subcorredor asociado al río Uruguay).

| |
|--------------------------------|
| DOCUMENTOS RELACIONADOS |
| - |

| HIDRODINÁMICA | | # 18 |
|--|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Estudios de la circulación forzada por el viento en el estuario del Río de la Plata y sus implicancias en la estratificación: resultados del análisis de datos y simulaciones numéricas. | | |
| AUTORES | | |
| Meccia, V.L. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Centro de Investigación del Mar y la Atmósfera (CIMA), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET) - Universidad de Buenos Aires (UBA). | | |
| TIPO | | |
| Tesis de Doctorado (FCEyN-UBA) | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2008 | - | 168 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Comprender los mecanismos de la circulación forzada por el viento en el estuario del Río de la Plata, identificar los patrones característicos y su variabilidad y evaluar sus impactos en la estratificación y los intercambios con el océano abierto. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata Exterior. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se combinó el análisis de los datos históricos de salinidad disponibles con series de tiempo de corriente y simulaciones numéricas de alta resolución, en un esfuerzo por comprender los procesos que ocurren en el sistema estuarino del Río de la Plata.</p> <p>Se utilizó el modelo hidrodinámico ECOM (Estuary Coastal and Ocean Model) junto con datos CTD (Conductivity, Temperature, Depth) de campañas sinópticas históricas para evaluar las implicancias de la circulación forzada por el viento en la estratificación.</p> <p>Se identificaron los principales forzantes de variabilidad en las diferentes escalas de tiempo mediante una simulación de largo período realizada con el modelo HamSOM (Hamburg Shelf Ocean Model). Se efectuó una validación detallada del modelo tanto para escenarios de calma como de tormenta. El</p> | | |

escenario de calma se representó a partir de niveles de marea astronómica predicha. El escenario de tormenta se representó a partir de niveles observados. Utilizando el escenario de calma, el modelo fue calibrado ajustando los valores de la rugosidad del cauce. Luego se efectuó una verificación comparando las predicciones del modelo con los registros de niveles para los escenarios de tormenta. Posteriormente, se efectuaron comparaciones entre las velocidades de corriente predichas por el modelo y las velocidades registradas. Se adoptaron 2 esquemas simples de zonificación de la rugosidad del cauce: i) una distribución uniforme sobre todo el río, ii) una división entre el Río de la Plata Exterior y el Interior.

PRINCIPALES RESULTADOS

Se analizaron las primeras series relativamente largas de corrientes ADCP colectadas en dos puntos del estuario. Se encontró que la marea sólo explica alrededor de un 25% de la varianza. Aproximadamente otro 25% está asociado con actividad de ondas internas en los puntos de adquisición de datos, que corresponden a zonas de fuerte estratificación. Estas ondas son forzadas por la brisa tierra-mar y por la marea y son muy frecuentes durante la primavera y el verano. El 50% restante de energía está forzado por el viento en las escalas de tiempo sinóptica a intra-estacional. El estuario responde en una escala de tiempo de alrededor de 6 horas a la variabilidad del viento, con una estructura esencialmente barotrópica frente a vientos con una componente dominante perpendicular al eje del estuario y con una fuerte estructura baroclínica, con inversión en la dirección de las corrientes entre capas superiores e inferiores, para vientos con una componente paralela al eje del estuario. Aunque este tipo de respuesta es característica de cuencas semi-cerradas, no es típica de estuarios y es observada en el Río de la Plata como consecuencia de su gran ancho.

Se pudo observar que, aunque la estructura de cuña salina es una consecuencia de la intensa descarga continental en la región, los vientos predominantes favorecen su mantenimiento. Solamente bajo vientos intensos o persistentes del sudeste la estratificación puede quebrarse completamente. Sin embargo, la estructura vuelve a establecerse en un período de tiempo relativamente corto después de que los vientos se relajan. Los eventos con estas características son poco frecuentes en la región.

Fue caracterizada la respuesta de los campos de salinidad al forzante del viento y se encontraron indicios de eventos de surgencia a lo largo de la costa uruguaya frente a vientos del noreste, característicos de la estación cálida. Los resultados modifican el esquema conceptual vigente respecto de la señal estacional como principal característica del campo de salinidad en el Río de la Plata. Esta señal es el resultado de la mayor frecuencia de ocurrencia de vientos provenientes de direcciones determinadas a lo largo de las diversas estaciones. Situaciones caracterizadas como típicas de “invierno” o “verano” pueden ocurrir a lo largo de todo el año con gran variabilidad. La pluma de agua de baja salinidad impactaría en la plataforma continental en forma de pulsos alternativos hacia el noreste o el sudoeste en una escala del orden de los tres a cuatro días.

Se encontró que el primer modo de variabilidad en la escala interanual de la elevación de la superficie libre está forzado simultáneamente por la descarga continental y por el viento y ambos están asociados a los ciclos del ENSO. La

variabilidad en la escala estacional explica un muy bajo porcentaje de varianza y está compuesta por una onda anual y una semianual, forzada por viento y descarga, respectivamente. La variabilidad en la escala subanual explica alrededor del 90% de la varianza y está forzada por el viento. Se encontró que los eventos extremos de crecidas en el estuario presentan a lo largo del tiempo una mayor frecuencia de ocurrencia y una mayor intensidad de respuesta.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Simionato, C.G., Berasategui, A., Meccia, V.L., Acha, M., Mianzan, H., 2006. The potential role of wind variability on plankton retention in the Río de la Plata Estuary: a numerical study. *Proceedings of 8 ICSHMO*, Foz do Iguacu, Brazil, April, INPE, 1383-1391.

Simionato, C.G., Meccia, V.L., Guerrero, R., Dragani, W.C., Núñez, M., 2007. Rio de la Plata estuary response to wind variability in synoptic to intraseasonal scales: 2. Currents' vertical structure and its implications for the salt wedge structure. *Journal of Geophysical Research*, 112, C07005.

Simionato, C.G., Berasategui, A., Meccia, V.L., Acha, M., Mianzan, H., 2008. Short time-scale wind forced variability in the Rio de la Plata Estuary and its role on ichthyoplankton retention. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76, 211-226.

Meccia, V.L., Simionato, C.G., Fiore, M.E., D'Onofrio, E.E., Dragani, W.C., 2009. Sea surface height variability in the Rio de la Plata estuary from synoptic to inter-annual scales: Results of numerical simulations. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 85, 327-343.

| HIDRODINÁMICA | | # 19 |
|--|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Análisis de la circulación en la Bahía de Montevideo. | | |
| AUTORES | | |
| Santoro, P., Fossati, M., Piedra-Cueva, I. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA), Facultad de Ingeniería (FI), Universidad de la República (UDELAR), Uruguay. | | |
| TIPO | | |
| Comunicación a Congreso (<i>XXIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Cartagena de Indias, Colombia, 2008</i>) | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2008 | - | 15 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Caracterizar la hidrodinámica en la zona de la Bahía de Montevideo y el recinto portuario, comprender la influencia de los diferentes forzantes e identificar las principales celdas de flujo en la zona. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Bahía de Montevideo. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se implementó el modelo hidrodinámico baroclínico tridimensional RMA-10 en un dominio que incluye al Río de la Plata y su Frente Marítimo, con una malla de elementos triangulares variables (que van desde los 10 km en la frontera oceánica hasta los 50 m en la Bahía de Montevideo).</p> <p>La caracterización general de la circulación se realizó a partir de información cuasi-continua sobre las corrientes integradas en la vertical en la Bahía de Montevideo. Fueron definidos cinco puntos dentro de la bahía donde se determinaron la intensidad media y máxima de las corrientes, la curva de frecuencia de excedencia según la intensidad de corrientes y las direcciones principales de flujo.</p> <p>La identificación de las principales celdas de circulación de flujo se llevo a cabo analizando simultáneamente el flujo en los puntos de control, calculándose el porcentaje de tiempo asociado a las distintas combinaciones entre ellos. El análisis de simultaneidad del flujo se dividió en dos niveles, el primero considera el flujo de las dos estaciones en la frontera de la bahía</p> | | |

condicionando el segundo nivel que involucra a los puntos del interior de la misma.

Con el modelo matemático se estudio la influencia sobre la circulación de la bahía de tres forzantes: el caudal descargado por los tributarios del Río de la Plata (tres escenarios: alto, medio y bajo) y por los arroyos a la bahía, las mareas provenientes del océano y los vientos locales (constantes de cada cuadrante y campo de viento real).

PRINCIPALES RESULTADOS

Se identificaron seis celdas de circulación característica del flujo en la Bahía de Montevideo, con una ocurrencia del 62% del tiempo. Para el primer nivel de simultaneidad, dos celdas de circulación representan al 80% del tiempo (flujo entrante a la bahía por la zona del Canal de Acceso y saliente por la zona del Cerro, y viceversa). Acoplado el análisis con el segundo nivel, se observan tres patrones de circulación asociados a cada una de las anteriores.

El escenario de descarga del Río de la Plata 'bajo' no tiene influencia sobre la circulación, mientras que la descarga 'alta' modifica el patrón de flujos generado por las descargas locales (arroyos). La influencia de la descarga de los arroyos sobre la circulación es importante, y para condiciones de caudal 'medio' a 'alto' esta circulación se modifica y puede llegar a invertirse.

Se identificaron distintas celdas de circulación asociadas al ciclo de marea. En el ciclo de marea completo ocurren cuatro rotaciones del flujo en la zona de ingreso a la bahía. En general cuando la marea crece el flujo ingresa a la bahía por el Canal de Acceso y cuando se da la bajante el flujo ingresa por el Cerro.

El viento es el forzante dominante de la dinámica en la bahía, y tiene una gran influencia sobre las distribuciones de corrientes dependiendo de la intensidad y duración.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

-

| HIDRODINÁMICA | | # 20 |
|---|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Análisis de riesgo de duración de inundaciones en las áreas costeras del Río de la Plata considerando Cambio Climático | | |
| AUTORES | | |
| Lecertúa E.A. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Programa Hidráulica Computacional (PHC), Laboratorio de Hidráulica (LH), Instituto Nacional del Agua (INA). Facultad de Ingeniería (FI), Universidad de Buenos Aires (UBA). | | |
| TIPO | | |
| Tesis de Grado (<i>Ingeniería Civil, UBA</i>) | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2010 | | 125 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Desarrollar una metodología para la construcción de mapas de riesgo de inundación sobre la costa argentina del Río de la Plata debido a ondas de tormenta, para un escenario base y para escenarios futuros de Cambio Climático, incluyendo la duración de la inundación. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Área costera de la Región Metropolitana de Buenos Aires, sobre el Río de la Plata. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Para llevar a cabo los mapas de riesgo de inundación se utilizó un modelo hidrodinámico denominado RPP-2D, previamente calibrado y verificado, que permite representar la dinámica del Río de la Plata.</p> <p>Con el modelo se han obtenido niveles del río en estaciones de control, que permiten generar diferentes indicadores estadísticos. Por un lado, se estudió la frecuencia de ocurrencia de eventos para el caso de recurrencias intranuales, y, por el otro, se efectuó un análisis de extremos bivariado para el caso de recurrencias interanuales.</p> <p>Con la información estadística y el modelo digital del terreno se construyeron los respectivos mapas de riesgo de inundación.</p> | | |
| PRINCIPALES RESULTADOS | | |

Se ha planteó e implementó una metodología original para la construcción de mapas de riesgo de inundación de la Región Metropolitana de Buenos Aires por crecidas del Río de la Plata (condiciones climáticas actuales y posibles escenarios futuros, dentro del contexto del Cambio Climático), que permite considerar simultáneamente la altura máxima y la duración de las mismas.

Los mapas de riesgo de inundación se construyeron en base a resultados obtenidos de simulaciones numéricas hidrodinámicas continuas sobre una ventana de tiempo de una década.

El paso temporal de la serie de datos de vientos regionales utilizada para forzar el modelo hidrodinámico, influye significativamente en la capacidad del modelo de poder representar con precisión adecuada la estadística de duraciones de las crecidas.

Se han determinado las áreas más vulnerables, en cuanto a inundaciones de recurrencia intranual e interanual (considerando un período de retorno de 10 años), las respectivas duraciones medias anuales y áreas afectadas para condición actual y escenarios de Cambio Climático.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Lecertúa, E.A., Menéndez, A.N., Re, M., 2012. Mapas de Riesgo de Duración de Inundaciones en la Región Metropolitana de Buenos Aires. *XXV Congreso Latinoamericano de Hidráulica, San José, Costa Rica, Septiembre 2012.*

| HIDRODINÁMICA | | # 21 |
|--|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Hydrodynamic numerical simulation at the mouths of the Parana and Uruguay rivers and the upper Rio de la Plata estuary: A realistic boundary condition. | | |
| AUTORES | | |
| Prario, B.E., Dragani, W., Mediavilla, D.G., D'Onofrio, E. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Servicio de Hidrografía Naval (SHN) Departamento Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (DCAO), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN), Universidad de Buenos Aires (UBA). Instituto de Geodesia y Geofísica Aplicadas, Facultad de Ingeniería (FI), Universidad de Buenos Aires (UBA). | | |
| TIPO | | |
| Publicación en revista (<i>Applied Mathematical Modelling</i>) | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2011 | 35 | 11 (5265-5275) |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| El objetivo de este trabajo es presentar una condición de contorno realista y muy simple para las descargas del Paraná y el Uruguay, las cuales son implementadas en un modelo numérico para simular la hidrodinámica del sistema formado por las bocas del Paraná y el Uruguay y el Río de la Plata Superior. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata Superior y bocas de los ríos Paraná y Uruguay. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se calcularon las amplitudes (H) y la fase Greenwich (G), para las cuatro componentes principales de marea (M_2, S_2, K_1 y O_1), de cuatro registros históricos de niveles ubicados en La Plata, Colonia, Zárate y Nueva Palmira.</p> <p>Se implementó un modelo bidimensional integrado en la vertical (con el software Water Quality Mapping, WQMAP 5.0) en un dominio que incluye al Río de la Plata Superior. Los bordes abiertos del dominio se encuentran en el río Paraná (Paraná de las Palmas), el río Uruguay (Uruguay, Paraná Bravo-Sauce y Paraná Guazú) y en el Río de la Plata (línea imaginaria La Plata – Colonia, ingreso de la onda de marea). El forzante de los campos de vientos fue considerado utilizando los datos de reanálisis de NCEP/NCAR. Las estaciones de control Palermo, Bernal, Olivos, Martín García y Escobar fueron</p> | | |

utilizadas para validar la modelación.

Se simuló el mismo período temporal imponiendo descargas constantes en el ingreso de los tributarios. Luego se realizó la misma simulación, pero imponiendo niveles en esos ingresos.

PRINCIPALES RESULTADOS

A partir del análisis de datos observados, se puede apreciar un evidente efecto de la marea, al menos, hasta Zárate (en el río Paraná) y Nueva Palmira (en el río Uruguay); por lo tanto, la descarga constante impuesta como condición de borde no resulta una condición realista para obtener buenas soluciones hidrodinámicas en el Río de la Plata Superior.

La condición de borde realista aquí planteada, en términos de la imposición de una pendiente hidráulica y la variación del nivel de acuerdo a la onda de marea, mejora notablemente la simulación de corrientes en el Río de la Plata Superior, respecto de aquellas simulaciones con descargas constantes en esos bordes.

Las corrientes de simuladas, en la zona de la Isla Martín García, muestran una alta sensibilidad respecto de la definición del nivel medio impuesto como condición de borde en el río Uruguay.

Los niveles medios de 0,3 m a 0,5 m resultan valores realistas tanto para Zárate como para Nueva Palmira, y pueden ser mayores durante eventos con descargas significativas.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

-

| | | |
|---|----------------|----------------|
| HIDRODINÁMICA | | # 22 |
| NOMBRE | | |
| Pre-operational forecasting of sea level height for the Río de la Plata. | | |
| AUTORES | | |
| Santoro, P., Fernández, M., Fossati, M., Cazes, G., Terra, R., Piedra-Cueva, I. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA), Facultad de Ingeniería (FI), Universidad de la República (UDELAR), Uruguay. | | |
| TIPO | | |
| Publicación en revista (<i>Applied Mathematical Modelling</i>) | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2011 | 35 | 2462-2478 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Implementar y calibrar un modelo numérico pre-operacional para el Río de la Plata que sea capaz de predecir las variaciones del nivel del agua en el Río de la Plata, y por lo tanto, constituirse en una herramienta numérica de gran valor para la navegación y la gestión ambiental. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se implementó un modelo hidrodinámico de escala regional (Océano Atlántico Sur), para reproducir la generación y propagación de las ondas de marea astronómica y meteorológica. A este modelo se anidó un modelo más discreto en un dominio que incluye al Río de la Plata y su Frente Marítimo.</p> <p>El modelo hidrodinámico se implementó con el sistema MOHID, y utiliza FES2004 como forzante de mareas (13 componentes armónicos) y el modelo de mesoescala WRF para el forzado atmosférico (que toma las condiciones inicial y de borde del modelo global GFS).</p> <p>El sistema primero fue calibrado para marea astronómica y luego se incorporó el accionar de los campos de viento.</p> | | |
| PRINCIPALES RESULTADOS | | |
| El modelo del Atlántico Sur reproduce correctamente las características astronómicas de las variaciones de nivel en la zona de Mar del Plata. La mejor | | |

representación se obtiene para los componentes semidiurnos (M_2 y N_2). El principal corrimiento en fase se observa en la K_2 y la componente de alta frecuencia M_4 . El modelo subestima los niveles de marea astronómica en Mar del Plata (RMSE = 0,14 m), mientras que sobrestima los de La Paloma (RMSE = 0,08 m).

La calidad de la representación de los armónicos en el modelo del Río de la Plata varía a lo largo del dominio. En Mar del Plata, los peores resultados se dan para la M_4 y la K_2 . Mientras que en La Paloma, la M_4 es una de las mejor representada, además de M_2 , N_2 y S_2 . En Montevideo (RMSE = 0,10 m), los mayores errores se dan para los componentes P_1 , K_2 y K_1 , y los menores para la M_2 , N_2 y S_2 . En Colonia (RMSE = 0,11 m) y Buenos Aires (RMSE = 0,12 m), las componentes diurnas y la componente de aguas poco profundas M_4 presenta los mayores errores.

En el modelo del Atlántico Sur, la tensión superficial forzada por el viento y la condición de radiación (Blumberg y Kantha) tiene una importante influencia en los resultados. El modelo del Río de la Plata representa bien las variaciones de nivel; sin embargo, la calidad de estos resultados desmejora hacia el interior del río (indicando la posible acción de efectos locales como la batimetría y las variaciones de la línea costera, variaciones en los caudales de los tributarios y eventos atmosféricos de menor escala). Los errores cuadráticos medios de la simulación son: Mar del Plata (0,29 m), La Paloma (0,26 m), Punta del Este (0,33 m), Montevideo (0,43 m), y Colonia (0,38 m).

El sistema pre-operacional implementado insume para un pronóstico 96 horas, aproximadamente 18 horas (11 horas descargando y almacenando los datos del modelo GFS (aprox. 890 MB), 2,5 horas con las simulaciones del modelo WRF y 4,5 horas corriendo el MOHID.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Fernández, M., Santoro, P., Cazes, G., Fossati, M., Piedra-Cueva, I., 2008. Implementación de un modelo hidrodinámico del Atlántico Sur forzado por un modelo atmosférico de mesoescala. *XXIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica*, Cartagena de Indias, Colombia.

Fernández, M., Santoro, P., Fossati, M., Piedra-Cueva, I., 2009. Componente hidrodinámica de un modelo Pre-Operacional para el Río de la Plata. *Primer Congreso de Oceanografía Física, Meteorología y Clima*, Concepción, Chile.

2.4 Fichas Transporte de Contaminantes.

Se presenta un total de 23 fichas relativas a trabajos en donde la temática de modelación está referida principalmente a evaluar la calidad del agua en algún sector del Río de la Plata.

| TRANSPORTE DE CONTAMINANTES | | # 01 |
|---|-----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Aspectos básicos de un modelo de calidad de aguas para el estuario del Río de la Plata. | | |
| AUTORES | | |
| Makler S., Marshall G., Caponi E., Casañas R. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Laboratorio de Análisis Numérico, Instituto de Informática Hídrica, Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas (INCYTH, actual INA - Instituto Nacional del Agua). | | |
| TIPO | | |
| Informe | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 1976 | Informe N° 2/76 | 21 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| <p>Describir aspectos de un modelo matemático de simulación de calidad de aguas para estuarios bien mezclados.</p> <p>Describir el estado de desarrollo de la aplicación del modelo al estuario del Río de la Plata.</p> | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se desarrolló un modelo teórico que incluyó el transporte y difusión de varios componentes del vector contaminante y un modelo de reacción química que simula las interacciones biológicas y químicas. El sistema de ecuaciones diferenciales que gobierna el proceso se resolvió numéricamente, utilizando el método de diferencias finitas de los pasos fraccionarios.</p> <p>Se han utilizado los valores de altura en las estaciones el Codillo, Montevideo, Martín García y San Fernando, de modo que los puntos intermedios se han obtenido por interpolación.</p> | | |
| PRINCIPALES RESULTADOS | | |
| El desarrollo del modelo conduce a la introducción de una nueva herramienta de trabajo para el estudio de la influencia de la calidad de aguas del derrame | | |

de líquidos residuales en aguas de un estuario.

El informe establece que el estudio descripto puede utilizarse para probar las posibles consecuencias de las soluciones alternativas del tratamiento, almacenamiento y descarga de líquidos residuales en la calidad de aguas del estuario del Río de la Plata.

El sistema puede ser utilizado para investigar la influencia del viento en la circulación hidrodinámica del área de estudio, juntamente con su efecto en las alturas de agua y en la distribución de contaminantes.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Makler S., 1976. Aspectos de un modelo hidrodinámico para el estuario del Río de la Plata. Laboratorio de Análisis Numérico, Instituto de Informática Hídrica (INCyTH).

| TRANSPORTE DE CONTAMINANTES | | # 02 |
|---|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Aspectos computacionales de un modelo de calidad de aguas para el estuario del Río de la Plata utilizando el método de los residuos ponderados con el criterio de Galerkin. | | |
| AUTORES | | |
| Marshall, G., Moledo, L., Makler, S. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET) - Universidad Nacional de La Plata (UNLP) - Comisión Nacional de Estudios GeoHeliográficos (CNEGH) – Universidad Federal Fluminense, Brasil. | | |
| TIPO | | |
| Capítulo de Libro (<i>Métodos Numéricos en la mecánica del continuo</i> , G. Marshall Editor, EUDEBA). | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 1978 | - | 8 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Implementar un modelo de calidad de aguas para un estuario bien mezclado. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata Interior. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| Se implementó un modelo de calidad de aguas en el estuario del Río de la Plata. Se discretizaron las ecuaciones para aguas poco profundas y la de balance de un contaminante con el Método de los Residuos Ponderados con el Criterio de Galerkin en una malla de triángulos de tres nodos. Las condiciones de borde se obtuvieron a partir de las predicciones de mareas (SHN), y las fuentes de contaminación se ubicaron en la margen argentina del río. El modelo fue calibrado utilizando una serie de niveles observados en Buenos Aires. | | |
| PRINCIPALES RESULTADOS | | |
| El método numérico utilizado demostró representar de manera adecuada los procesos físicos que se dan en el estuario. La franja de contaminación simulada se concentró en una delgada franja que bordea la margen argentina del modelo. | | |

| DOCUMENTOS RELACIONADOS |
|--------------------------------|
|--------------------------------|

| |
|---|
| - |
|---|

| TRANSPORTE DE CONTAMINANTES | | # 03 |
|--|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Tratamiento y disposición de efluentes cloacales del Gran Buenos Aires en el Río de la Plata. | | |
| AUTORES | | |
| Carreras P., Menéndez A. N. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Laboratorio de Hidráulica Aplicada (LHA), Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas (INCYTH, actual INA - Instituto Nacional del Agua). | | |
| TIPO | | |
| Informe | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 1988 | LHA 070-004-88 | 65 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Analizar la dispersión del efluente cloacal de la ciudad de Buenos Aires vertido en el Río de la Plata a través del emisario submarino de Berazategui y evaluar su influencia en la toma de agua potable de Bernal. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Franja argentina del Río de la Plata Medio. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se implementó un modelo hidrodinámico bidimensional en base al programa HIDROBYD II sobre un dominio de cálculo rectangular, que se extiende desde Bernal hasta Punta Memoria, con un ancho de 10 km desde la costa.</p> <p>Para simular la dispersión de contaminantes se implementó un modelo lagrangiano bidimensional en base al programa MANCHAS, considerando marea baja, media y alta, para situaciones meteorológicas de calma (sin vientos) y con vientos de distintas intensidades provenientes del SE (dirección que ocasiona el transporte del contaminante hacia la toma de Bernal). Se definió la masa, posición y orientación de la mancha inicial que vierte el emisario. El modelo se calibró en base a mediciones de dispersión realizadas ad-hoc mediante el seguimiento de un trazador radioactivo.</p> | | |
| PRINCIPALES RESULTADOS | | |

Se estudiaron los efectos contaminantes del vertido cloacal de la Ciudad de Buenos Aires en la toma de agua potable de Bernal.

El cuerpo principal de la pluma de contaminación se desplaza paralelamente a la línea de costa. El viento influye sobre el transporte del contaminante a través de la generación de corrientes de deriva superficiales.

Los campos de concentración calculados para distintos estados de marea e intensidades de vientos permitieron inferir que el factor que influye en forma preponderante en el transporte del contaminante es el viento, generador de corrientes de deriva superficiales.

De la comparación de las diluciones para la capa superficial en Bernal para la extensión actual del emisario (2,8 km de la costa) y para una extensión alternativa de 8 km, se concluyó que dicha extensión no mejoraría apreciablemente la calidad del agua en la toma.

El estudio recomienda considerar la incorporación de otras fuentes de contaminación, como el Riachuelo y el Arroyo Sarandí, por considerarlas de igual o mayor envergadura que el emisario Berazategui, para estudiar integralmente el problema de contaminación en el área evaluada.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Carreras, P.E., Menéndez, A.N., 1987. Proyecto de tratamiento y disposición de efluentes domésticos del Gran Buenos Aires. Modelo matemático hidrodinámico. Informe LHA-INCYTH 070-002-88.

Carreras, P.E., Menéndez, A.N., 1988a. Proyecto de tratamiento y disposición de efluentes domésticos del Gran Buenos Aires. Modelos matemáticos de dispersión de contaminantes. Informe LHA-INCYTH 070-003-88.

Carreras, P.E., Menéndez, A.N., 1989a. Proyecto de tratamiento y disposición de efluentes domésticos del Gran Buenos Aires. Modelación de la Contaminación en la Costa. Informe LHA-INCYTH 070-007-89.

Carreras, P.E., Menéndez, A.N., 1989. Modelación matemática de la dispersión de un contaminante, *Cuarta Reunión Técnica sobre Desarrollo Tecnológico y Tecnologías Apropriadas para el Saneamiento*, Buenos Aires, Abril.

Carreras, P.E., Menéndez, A.N., 1990. Mathematical simulation of pollutant dispersion, *Journal of Ecological Modelling*, 52, 29-40.

Menéndez, A.N., Carreras, P.E., 1990. Simulación numérica de dispersión de contaminantes, *XIV Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Montevideo, Uruguay*, Noviembre.

Menéndez, A.N., 1991. Estudio con modelo matemático de la contaminación debida a fuentes urbanas en el Río de la Plata, *Jornadas de Investigación Científica en Materia de Contaminación de las Aguas*, Montevideo, Uruguay, Agosto.

Menéndez, A.N., 1991. Métodos numéricos para problemas de transporte de contaminantes, *XII Congreso Ibero-Latino-Americano sobre Métodos Computacionales para Ingeniería y III Congreso Argentino de Mecánica Computacional, MECOM'91*, Santa Fe-Paraná, Argentina, Setiembre.

| TRANSPORTE DE CONTAMINANTES | | # 04 |
|--|-------------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Disipación térmica de la descarga al Río de la Plata del agua de refrigeración de la Central Térmica Dock Sud. | | |
| AUTORES | | |
| Menéndez A.N. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Ambiental S.A. | | |
| TIPO | | |
| Informe | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 1996 | Informe principal | 35 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| <p>Estimar la zona de afectación por el vuelco de aguas sobrecalentadas, sometida a temperaturas superiores al valor ambiente, a fin de determinar el posible impacto de esta acción sobre otros usos del medio acuático circundante (Informe principal).</p> <p>Completar el análisis de los resultados, precisando las condiciones de operación de la central, y verificar el cumplimiento de las condiciones de seguridad para vuelco de efluentes de centrales energéticas térmicas establecidas en la normativa del Banco Mundial (Informe complementario).</p> | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Zona de descarga de la Central Dock Sud | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Para representar en forma adecuada la hidrodinámica de la región se implementaron dos modelos hidrodinámicos bidimensionales: uno de todo el Río de la Plata Superior ("modelo global") y otro focalizado en la costa bonaerense alrededor del punto de descarga ("modelo local") con condiciones de borde provistas por el modelo global.</p> <p>El modelo global tuvo como frontera de aguas abajo la línea que pasa 19 km aguas abajo de la ciudad de Colonia, sobre la República Oriental del Uruguay, y 7,4 km aguas arriba de la ciudad de La Plata, sobre la Argentina; la frontera de aguas arriba fue el frente del Delta del Paraná.</p> <p>Para evaluar los mecanismos de transporte y difusión de temperaturas se</p> | | |

utilizó un modelo bidimensional lagrangiano de transporte de contaminantes.
Se efectuó la simulación de la evolución temporal de la pluma térmica resultante de la descarga de agua de refrigeración.

PRINCIPALES RESULTADOS

Tomando una sobretemperatura de 8 °C en la descarga, el estudio muestra que, si se considera como despreciable una sobretemperatura de hasta 1 °C, la zona de impacto sobre el Río de la Plata, a consecuencia del vuelco de aguas sobrecalentadas se restringe a una región cuya extensión transversal no alcanza los 300 m, y cuya extensión longitudinal es menor a 100 m y 400 m en las direcciones NO y SE, respectivamente..

En el estudio complementario se determinan las zonas de impacto para diferentes sobretemperaturas iniciales (8, 10 y 12°C), en base al criterio del Banco Mundial de no superar los 3°C. Se muestra que estas siempre caen dentro de un radio de 100 m, salvo para la sobretemperatura inicial de 12 °C, que genera un lóbulo que puede extenderse hasta alrededor de 280 m del punto de descarga.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Menéndez A.N., 1996. Disipación térmica de la descarga al Río de la Plata del agua de refrigeración de la Central Térmica Dock Sud. Informe Complementario, Ambiental S.A, pp. 4.

| TRANSPORTE DE CONTAMINANTES | | # 05 |
|---|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Estudio de la mezcla entre las aguas del Río de la Plata y del Riachuelo en las inmediaciones de la Boca del Dock Sud. | | |
| AUTORES | | |
| Menéndez A. N. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Ambiental S.A. | | |
| TIPO | | |
| Informe | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 1997 | - | 55 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Cuantificar el proceso de dilución física que se da en la boca del Riachuelo, incluyendo el futuro efecto adicional de dilución debido a la operación de la central térmica Dock Sud. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Zona de mezcla Riachuelo – Río de la Plata (Boca del Riachuelo - Dock Sud) | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se implementó un modelo hidrodinámico unidimensional entre la sección de la desembocadura del Riachuelo (que pasa por uno de los extremos de la Dársena de Propaneros) y la sección del Puente Nicolás Avellaneda, que une la Ciudad de Buenos Aires con el Dock Sud, definiéndose un dominio de 2200 m de extensión.</p> <p>Para evaluar la dispersión de contaminantes se utilizó un modelo unidimensional de transporte de contaminantes pasivos. Dado el relativamente corto tiempo de residencia, se consideró que los contaminantes son conservativos. Para calibrarlo se utilizaron datos de mediciones ad-hoc.</p> | | |
| PRINCIPALES RESULTADOS | | |
| El estudio cuantifica la dilución esperable en la sección del Riachuelo ubicada frente a la boca del Canal Dock Sud por la penetración de las aguas del Río de la Plata, para los parámetros sólidos disueltos, oxígeno disuelto, materia | | |

orgánica - expresada como DBO₅ y DQO -, cloruros y sulfatos. Asimismo, determina el aumento de dilución esperable en función de la puesta en operación de la Central Dock Sud y la consiguiente succión de agua de refrigeración desde el Canal Dock Sud.

Se ha establecido que la dilución es efectiva (para condición sin succión) durante una ventana de tiempo de, a lo sumo, 50% del ciclo de mareas, y genera disminuciones en la sobreconcentración de contaminante que pueden oscilar en el rango 0-40%, de un ciclo a otro, para condiciones hidrometeorológicas de relativa calma.

La incorporación de la succión generará una dilución adicional en una proporción variable entre 0 y 100% respecto de las condiciones sin succión.

La acción del viento, con su influencia sobre los niveles de marea, se manifestará en diluciones mayores y más prolongadas en tanto produzca crecientes de gran excursión, pero generará efectos contrarios durante bajantes intensas.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

-

| TRANSPORTE DE CONTAMINANTES | | # 06 |
|---|---|----------------|
| NOMBRE | | |
| Modelo de calidad de agua de la Franja Costera del Río de la Plata. | | |
| AUTORES | | |
| Estudio de Ingeniería Hidráulica S.A. (EIH) | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Aguas Argentinas | | |
| TIPO | | |
| Informe | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 1998 | Memoria Técnica – Doc. D: Anexo 8: “Modelización Matemática de los Ríos”. (Anexo 8.1: Modelo de Calidad de Agua de la Franja Costera del Río de la Plata - Informe de Etapa I – Vol. 1 y 2) del Plan de Saneamiento Integral. | 224 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Analizar los posibles cambios en la calidad de agua del Río de la Plata como consecuencia del impacto de las obras propuestas en el Plan de Saneamiento Integral (PSI), que modifican en forma drástica el vertido de efluentes líquidos contaminantes. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata en toda su extensión, desde el Delta del Paraná hasta la línea que une las localidades de Mar de Ajó (Argentina) y La Paloma (Uruguay). | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se utilizó un modelo hidrodinámico basado en el software Mike 21 del DHI.</p> <p>Se aplicó el modelo EIH-AD32 de advección, dispersión y calidad desarrollado por EIH S.A., que resuelve el transporte de las sustancias volcadas al río, y considera las variaciones de dichas sustancias como consecuencia de procesos físicos, químicos y biológicos.</p> <p>Se han utilizados los datos medidos en las siguientes descargas costeras: Luján, Arca, Orientales, Perú, Borges, Villate, Yrigoyen, Medrano, White, Vega, Maldonado, Ugarteche, Doble conducto, Triple conducto, Ciudad Deportiva de Boca, Puente Avellaneda, C. Sarandí, C. Santo Domingo, C. Jiménez, Desc. Berazategui, A° Las Conchitas, C. Carnaval, Villa Elisa, A° El</p> | | |

Gato, C. Oeste, C. Este, Berisso, Doble conducto Madero, Canal Oeste, Canal Este y Berisso

Los parámetros de calidad de aguas modelados fueron DBO_5 , coliformes fecales, amonio y cromo.

El estudio contemplaba dos etapas adicionales (no consideradas en este informe) que consideraron la simulación de las condiciones que tendrá el río cuando se hayan construido las obras que plantea el plan para los primeros años (Etapa 2) y cuando se hayan contemplado todas las obras del plan (Etapa 3).

PRINCIPALES RESULTADOS

En la Etapa 1 se plantean situaciones de cuasi-equilibrio, que representan la condición media medida de calidad del agua del Río de la Plata, representativa de la condición al inicio del proyecto.

El estudio muestra la influencia que tienen las descargas, en particular aquellas de origen industrial y cuya determinación resulta más azarosa por su carácter clandestino, sobre los niveles de contaminación del Río de la Plata.

El modelo permite a través de la comparación con los datos medidos detectar las zonas que poseen vertidos no registrados (distingue fuentes).

La validación del modelo en la Etapa 1 es satisfactoria y permite asegurar que se obtendrán datos confiables en lo relativo al comportamiento de las futuras obras en las siguientes etapas del estudio.

Recomienda observar la necesidad de aumentar el esfuerzo en cuantificar los vertidos industriales en la zona sur, ya que éstos tienen una gran influencia en el comportamiento de la calidad de agua en el río.

Adicionalmente sugiere realizar nuevas determinaciones de la calidad de agua en otra estación del año, incluyendo el análisis de los sedimentos tanto los que son captados en suspensión como los de fondo, para estudiar su interacción con las sustancias adsorbidas.

También considera de interés realizar algunas determinaciones de las relaciones entre distintos indicadores y las sustancias modeladas, como por ejemplo los procesos de oxidación y reducción del amonio, o el T_{90} de los coliformes fecales.

Recomienda, asimismo, realizar un análisis detallado de las condiciones extremas del río para prevenir posibles situaciones de alerta desde el punto de vista ambiental.

Para futuros avances del estudio, considera interesante la modelación de oxígeno disuelto ya que además de ser un importante indicador del grado de contaminación existente permitirá contar con datos más ajustados para los procesos vinculados al comportamiento de la DBO_5 y el amonio.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Petroni, R.N., 2000. Desarrollo y aplicación de un modelo bidimensional de calidad de agua. Parte 1. *Revista Ingeniería Sanitaria y Ambiental*, 52, 34-44, Set-Oct, Buenos Aires, Argentina.

| TRANSPORTE DE CONTAMINANTES | | # 07 |
|---|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Calidad de las aguas de la zona costera del Río de la Plata adyacente a la urbanización Santa María. | | |
| AUTORES | | |
| Menéndez A.N., Brea J.D., Tarela P.A. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Inversiones y Representaciones S.A. (IRSA) | | |
| TIPO | | |
| Informe | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 1999 | - | 94 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| <p>Analizar estudios preliminares realizados para AASA para calificar y cuantificar la calidad de las aguas en la franja costera en el escenario actual, y en el futuro con inclusión del Emisario Capital, proyectado como parte de la propuesta de Plan de Saneamiento Integral (PSI) de AASA, desde los terrenos de la Reserva Ecológica de la Ciudad de Buenos Aires (lindantes con los de Santa María).</p> <p>Realizar un estudio propio de simulación numérica en la zona de interés y analizar la calidad del agua en la cuenca (escenarios actual y futuro) considerando la ejecución de las obras de saneamiento propuestas para la Cuenca Matanza-Riachuelo en el marco del PSI.</p> | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata Superior | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se implementó un modelo hidrodinámico bidimensional sobre el siguiente dominio: i) La frontera de aguas abajo es una línea que pasa por un punto situado 19 km aguas abajo de la ciudad de Colonia, sobre la República Oriental del Uruguay, y 7,4 km aguas arriba de la ciudad de La Plata, sobre la Argentina. ii) La frontera de aguas arriba se apoya sobre el frente del Delta del Paraná.</p> <p>Para modelar el transporte y dispersión de los contaminantes se implementó un modelo lagrangiano de tipo bidimensional.</p> | | |

PRINCIPALES RESULTADOS

De la realización del estudio propio de modelación surgen las siguientes conclusiones: i) No existirá ningún efecto contaminante apreciable de la descarga del Emisario Capital en una franja de 3000 m de ancho, desde la costa, para ninguna condición hidrometeorológica estadísticamente significativa; ii) En contraposición a lo que surge de estudios antecedentes para AASA, el presente estudio muestra que la descarga desde la boca del Riachuelo (combinada con la descarga desde la Central Costanera) ejerce una influencia apreciable sobre la calidad del agua en la franja costera adyacente a la urbanización Santa María. En particular, genera picos de DBO_5 que superan los niveles guía. Esto significa que, tanto en la actualidad como en el escenario más probable para el año 2003, la calidad del agua en esa franja será deficiente.

Como conclusión general se establece que el PSI de AASA no empeorará la calidad del agua de la franja costera adyacente a Santa María, por la construcción del Emisario Capital, pero tampoco introducirá ninguna mejora significativa sobre una calidad actualmente deficiente.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

-

| TRANSPORTE DE CONTAMINANTES | | # 08 |
|---|--------------------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Balance y dinámica de nutrientes principales en el Río de la Plata. | | |
| AUTORES | | |
| Jaime, P.R., Menéndez, A.N, Natale, O. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Programa Hidráulica Computacional (PHC), Laboratorio de Hidráulica (LH) – Programa Nacional de Calidad de Aguas (PNCA), Instituto Nacional del Agua (INA). | | |
| TIPO | | |
| Informe | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2001 | Proy. INA 10.4. Inf. 01. | 158 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Establecer el origen y la magnitud de las cargas de los principales nutrientes transportados por el Río de la Plata | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata Interior (tramo que se extiende desde su cabecera hasta la línea Punta Piedras - Montevideo). | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se llevó a cabo una segmentación del Río de la Plata Interior y se efectuó el balance de los principales nutrientes en cada segmento, teniendo en cuenta los flujos entrante y saliente por advección, por difusión-dispersión y por aporte directo desde la margen.</p> <p>Se aplicó el modelo hidrodinámico bidimensional RIO DE LA PLATA 2000, implementado en el INA en base al software HIDROBID II (desarrollado en el INA), para caracterizar la circulación de agua (utilizada como base para establecer la segmentación del río) y para cuantificar los parámetros de transporte, a saber, velocidades de corriente y coeficientes de mezcla.</p> <p>Para efectuar el balance de nutrientes se aplicó el software WASP5, alimentado con los valores de los parámetros hidrodinámicos provistos por RIO DE LA PLATA 2000. Se trabajó con 12 segmentos.</p> | | |
| PRINCIPALES RESULTADOS | | |

En el Río de la Plata Interior pueden identificarse tres corredores de flujo, con escasa mezcla entre ellos, cada uno de los cuales conduce las aguas descargadas por los tres principales afluentes que, desde la costa argentina, son los ríos Paraná de las Palmas, Paraná Guazú y Uruguay.

El transporte de contaminantes a lo largo de cada corredor es predominantemente advectivo (con la corriente de deriva), aunque en la boca del Río de la Plata Interior aparece un intenso proceso de mezcla, resultado de las oscilaciones transversales de la corriente debido a la marea, que puede difundir contaminantes río arriba desde el Río de la Plata Exterior.

La calidad de las aguas del corredor Guazú, intermedio entre los otros dos corredores, está determinada esencialmente por la del río Paraná Guazú, con alguna influencia eventual en su extremo final del Río de la Plata Exterior. En cambio, la calidad de las aguas de los dos corredores costeros se ve afectada no sólo por sus tributarios directos y, eventualmente, el río exterior sino también por las descargas costeras, particularmente significativas sobre el lado argentino.

Se detecta un relativamente lento proceso de nitrificación, con una constante de reacción de alrededor de $0,012 \text{ d}^{-1}$. Tanto el fósforo de fosfato como el fósforo total muestran un comportamiento conservativo sobre la escala de análisis utilizada, al menos dentro del margen de error determinado por la calidad de los datos utilizados. El Nitrógeno Orgánico Total (NOT) también se manifiesta como conservativo sobre la escala de análisis utilizada. La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) sufre un lento proceso de decaimiento a lo largo del corredor Palmas (único con información disponible), con una constante de reacción de alrededor de $0,030 \text{ d}^{-1}$.

Por nitrificación, se oxidan diariamente 82 toneladas de nitrógeno amoniacal (N-NH_4^+) en nitrógeno de nitrato (N-NO_3^-) en el Río de la Plata Interior; mientras que el flujo de nitrógeno orgánico no evidencia mineralización en esta zona del Río de la Plata. Los porcentajes de aporte fluvial de nitrógeno total y fósforo total son superiores al 80%.

En la Franja Costera Sur, el aporte de cargas carbonáceas biodegradables provenientes de la margen argentina resulta el principal contribuyente a la carga de DBO_5 saliente del estuario (70%).

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Menéndez, A. N., Jaime, P., Natale, O. E., 2002. Nutrients balance in the Rio de la Plata River using mathematical modelling, *5th International Conference HydroInformatics*, 2002, Cardiff, UK, July.

Menéndez, A. N., Jaime, P., Natale, O. E., 2002. Balance de nutrientes en el Río de la Plata usando modelación matemática. *XX Congreso Latinoamericano de Hidráulica*, La Habana, Cuba, Octubre.

| TRANSPORTE DE CONTAMINANTES | | # 09 |
|--|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Modelación de la cuña salina del Río de la Plata | | |
| AUTORES | | |
| Destuynder V., Tarela P.A. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Programa Hidráulica Computacional (PHC), Laboratorio de Hidráulica (LH), Instituto Nacional del Agua (INA) Ecole Centrale de Lyon, Francia. | | |
| TIPO | | |
| Comunicación a Congreso (<i>XX Congreso Latinoamericano de Hidráulica, La Habana, Cuba, 2002</i>) | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2002 | - | 10 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| <p>Aplicar un modelo hidrodinámico tridimensional para estudiar la distribución del frente salino en el Río de la Plata y sus tiempos característicos de reacción.</p> <p>Estudiar los fenómenos principales que influyen en su dinámica.</p> | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se presenta la implementación, validación y aplicación de <i>COHERENS</i>, un modelo hidrodinámico tridimensional para plataformas continentales y áreas costeras para estudiar la cuña salina en el Río de la Plata.</p> <p><i>COHERENS</i> está acoplado con modelos biológicos y de transporte de sedimentos y contaminantes, y resuelve procesos de mesoescala y variaciones estacionales. El modelo contempla la interacción entre los ríos tributarios, la marea oceánica y los vientos locales</p> <p>Se validó el modelo con datos de altura de marea y se estudió la forma general de la cuña salina y sus tiempos característicos de reacción.</p> <p>Las simulaciones se realizaron bajo condiciones de marea normal y tormenta.</p> <p>Se describen los dos fenómenos principales que influyen en su dinámica: la mezcla vertical y la traslación horizontal hacia el interior del río.</p> | | |

PRINCIPALES RESULTADOS

La comparación de performance relativa entre un modelo bidimensional y uno completamente tridimensional en el Río de la Plata indica que los resultados referidos a los niveles son semejantes. Los perfiles de velocidad obtenidos son similares, y su distribución vertical confirma la hipótesis según la cual la parte interior del estuario está bien mezclada.

El análisis de sensibilidad determinó que las condiciones de borde en la frontera al mar abierto son las que tienen mayor influencia sobre los resultados en todo el recinto. El mismo análisis indicó que modificando la rugosidad se puede cambiar la amplitud de las ondas de marea, pero no su forma.

Se determinó que el frente de salinidad se extiende en el fondo unos 20 km, estando representado por un gradiente horizontal relativamente lineal, excepto por encima de los bancos donde la batimetría interfiere con las isolíneas.

En superficie, se estableció que el frente que sale de la costa uruguaya se separa en dos subfrentes, cercanando la Bahía de Samborombón con salinidad relativamente homogénea. El agua dulce de los ríos pasa a lo largo de la costa uruguaya, y una lengua de agua dulce se estanca en la costa argentina.

Se determinó que las condiciones de borde aplicadas al campo de salinidad son cruciales para una correcta representación del fenómeno bajo estudio.

En el caso de la simulación de la onda de tormenta, se pudieron observar los principales rasgos de la evolución del frente salino.

La traslación del frente está sincronizada con la evolución de la onda de tormenta.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Destuynder, V., 2002. Modelación hidrodinámica tridimensional del Río de la Plata, Informe INA LHA-214-01-02.

| TRANSPORTE DE CONTAMINANTES | | # 10 |
|--|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Modelación numérica del futuro emisario Punta Lobos (Montevideo). | | |
| AUTORES | | |
| Piedra-Cueva, I., Lorenzo, E., Fossati, M. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA), Facultad de Ingeniería (FI), Universidad de la República (UDELAR), Uruguay. | | |
| TIPO | | |
| Comunicación a Congreso (<i>XX Congreso Latinoamericano de Hidráulica, La Habana, Cuba, 2002</i>). | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2002 | - | 10 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| <p>La Intendencia Municipal de Montevideo encomendó a la Facultad de Ingeniería el “Estudio técnico de la alternativa de descarga en Punta Lobos de las Unidades Funcionales Pantanoso, Miguelete y Cerro – Casabó”. El alcance de la primera parte del estudio debía contribuir a la determinación del punto de vertido de un futuro emisario en Punta Lobos, considerando los impactos ambientales sobre la zona costera. Para esto se debía implementar un modelo numérico de calidad de agua, para comprender el efecto de las actuales descargas directas de líquidos cloacales al Río de la Plata sobre la calidad del agua de las playas de Montevideo, definir el punto de vertido, y evaluar el cambio que significaría la construcción del emisario.</p> | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata, costa de Montevideo. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>La modelación se dividió en dos partes: un modelo hidrodinámico, que genera el campo de velocidades y niveles necesarios para un segundo modelo, de transporte de contaminantes (coliformes fecales). Estas simulaciones fueron realizadas con el sistema RMA-2, que resuelve las ecuaciones hidrodinámicas para aguas poco profundas y la ecuación de transporte de un contaminante considerando advección, difusión-dispersión y términos fuente y sumidero, en una grilla de elementos finitos.</p> <p>Se simuló la hidrodinámica considerando simultáneamente los efectos del viento, marea, y caudales fluviales, durante un periodo representativo de las</p> | | |

condiciones medias hidrodinámicas (27Ene1983 - 13Feb1983). Con el campo de velocidades obtenido se estudió el transporte de coliformes fecales.

El modelo de transporte fue ajustado utilizando información secundaria relevada en algunas playas de Montevideo. Para esto, se realizaron simulaciones del vertido actual del emisario de Punta Carretas y de las descargas de los arroyos Miguelete y Pantanoso. La tasa de decaimiento bacteriano (T_{90}) resulto ser la variable de calibración: fijándose un T_{90} nocturno de 72 horas, y dejando como variable de ajuste el valor de T_{90} mínimo diurno (adoptando finalmente 20 horas).

Las simulaciones permitieron determinar en forma continua la evolución temporal de la concentración de coliformes en las playas, caracterizando la evolución espacial y temporal de las colimetrías del cuerpo receptor mediante un análisis estadístico. Los puntos de monitoreo resultaron: Punta Yeguas, Playa Cerro, Playa Ramírez, Playa Pocitos y Playa Punta Gorda.

PRINCIPALES RESULTADOS

Se concluyó que la mejor ubicación del emisario se encuentra a 2500 m al sur de la costa en Punta Lobos. Para este lugar de emisión, el conjunto de playas presenta el 50% del tiempo colimetrías que no superan las 1000 UFC/100ml, y que en no más del 12% del tiempo se supera el valor de 2000 UFC/100ml.

De la aplicación de una metodología basada en curvas de distribución de probabilidades, surgió que todas las playas ubicadas al oeste de Punta Carretas (Punta Yeguas, Cerro y Ramírez), y además la playa Verde (caracterizada por Punta Gorda), presentan condiciones de balneabilidad.

En la playa Pocitos, se presentaron valores basales no tan bajos como las anteriores, verificándose las condiciones de frecuencia de ocurrencia de colimetrías menores que 2000 y 5000 UFC/100 ml que plantea la metodología sobre caracterización de la balneabilidad, sin embargo su porcentaje de tiempo por debajo del umbral 1000 UFC/100 ml es inferior al solicitado.

La situación de Pocitos alertó sobre la situación que podría generarse a futuro con la actual configuración del emisario Punta Carretas cuando este opere con valores de carga mayores.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

-

| TRANSPORTE DE CONTAMINANTES | | # 11 |
|---|-----------------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Procesos que determinan la variabilidad invierno-verano en el frente superficial de salinidad del Río de la Plata: un estudio numérico de casos. | | |
| AUTORES | | |
| Simionato, C.G., Núñez, M. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Centro de Investigación del Mar y la Atmósfera (CIMA), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET) - Universidad de Buenos Aires (UBA). | | |
| TIPO | | |
| Informe | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2002 | Informe CIMA/Oc-02-03 | 27 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Se busca determinar las causas de la variabilidad estacional del frente superficial de salinidad del Río de la Plata. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>La posición del frente se estudió mediante simulaciones numéricas en las cuales se consideró el efecto de los forzantes principales: mareas, descarga continental y vientos.</p> <p>Para las simulaciones se utilizó el modelo HamSOM en un dominio único que involucra al Río de la Plata y su Frente Marítimo, cuya batimetría se basó en datos ETOPO5 para la Plataforma Continental y de cartas náuticas para el Río de la Plata. El modelo 3D contó con trece niveles verticales.</p> <p>Para evaluar la influencia de los caudales, se llevaron a cabo dos experimentos inicializados en todo el dominio con una salinidad de 33 psu y una temperatura de 10°C, y diferentes descargas continentales: 20000 m³ s⁻¹ para el “caso de verano” y 30000 m³ s⁻¹ para el “caso de invierno”.</p> <p>El efecto de las mareas se evaluó imponiendo una condición adicional para la elevación de la superficie libre en los contornos: la misma varía según la amplitud y fase la componente de marea M₂, que explica la mayor parte de la variabilidad asociada a mareas en la región, proporcionada por un modelo de</p> | | |

mayor escala de la plataforma continental.

Al incluirse el forzante viento, para la caracterización de los vientos de invierno y verano se utilizaron los reanálisis de NCEP/NCAR del periodo 1991-1995.

También fue evaluada la condición de salinidad en los contornos abiertos.

PRINCIPALES RESULTADOS

La mayor parte de la estacionalidad del frente de salinidad se debe fundamentalmente a la variación estacional de los vientos, mientras que el cambio en la descarga continental tiene una influencia mucho menor. Las mareas juegan un rol importante produciendo mezcla y extendiendo la influencia de la pluma de agua dulce hacia el norte.

La situación que muestran los datos en invierno se explica principalmente como una combinación entre el volumen de la descarga y el efecto Coriolis, que defleca la pluma de agua dulce hacia el norte a lo largo de la costa. La intensidad media del viento es pequeña en esta estación pero su dirección es costa afuera, por lo tanto el viento tiene un efecto pequeño pero positivo en la extensión de la pluma hacia el océano consistente con los datos.

Durante el verano, aunque el volumen de la descarga es lo suficientemente grande como para producir un efecto similar al observado en invierno, los vientos predominantes del este inhiben la extensión de la pluma y fuerzan el agua dulce hacia el oeste a lo largo de la costa uruguaya y hacia el sudoeste a lo largo de la costa argentina.

La variabilidad analizada del sistema es independiente de la condición de salinidad de los contornos exteriores.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Simionato, C.G., Núñez, M., Engel, M., 2001. The Salinity Front of the Rio de la Plata: a numerical case study for winter and summer conditions. *Geophysical Research Letters*, 28 (13), 2641-2644.

| TRANSPORTE DE CONTAMINANTES | | # 12 |
|--|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Emisario Berazategui. Análisis de la dispersión – Campo lejano. | | |
| AUTORES | | |
| Bottelli D., Montes S., Baione B. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Aguas Argentinas S.A. | | |
| TIPO | | |
| Informe | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2004 | - | 56 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| <p>Estudiar la sensibilidad de la longitud de difusión sobre el grado de dilución.</p> <p>Determinar la ubicación de la zona de difusión teniendo en cuenta los condicionantes del proyecto, especialmente el criterio de no afectación de la costa y las tomas de Bernal y Punta Lara.</p> | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Franja Costera Sur del Río de la Plata. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se implementó el modelo SMS (Surface Water Modelling System) desarrollado por US Army Corps of Engineers con módulos RMA2 (hidrodinámico) y RMA4 (calidad) en el emisario Berazategui para condiciones de río normales y extraordinarias de bajante y creciente (a partir de simulaciones del RP2000 del INA).</p> <p>Se utilizó como base el Modelo General RP2000 para construir un modelo del área costera y luego un modelo de detalle de la Planta San Martín que abarca desde el Río Luján hasta el Riachuelo.</p> <p>El dominio de cálculo abarca desde la desembocadura de los ríos Paraná y Uruguay hasta la línea que une Punta del Este con San Clemente del Tuyú.</p> <p>Los forzantes son los caudales de los ríos Paraná y Uruguay, condiciones de marea astronómica y meteorológica en el extremo aguas abajo, caudales y cargas contaminantes de los afluentes laterales y condiciones de viento.</p> <p>Se realizó un análisis de sensibilidad con respecto a la longitud del área de difusión mediante la aplicación de los modelos. Se estudió la posición y</p> | | |

longitud de la zona de difusión teniendo en cuenta especialmente la costa y las tomas de Bernal y Punta Lara.

PRINCIPALES RESULTADOS

Se determinaron los forzantes, el régimen hidrodinámico (campo de velocidad y alturas) y de calidad (concentraciones). Se analizó la posición, orientación y longitud del área de difusión.

Para la toma de Bernal se estableció en 4500 m la distancia mínima de la costa del comienzo de la zona de difusión (este valor surge de considerar que la línea de corriente con flujo en retroceso cruza la traza del emisario a aproximadamente 3000 m de la costa, más una distancia de 500 m desde la toma hacia río adentro para alejamiento del punto de captación y adicionales 1000 m). La longitud máxima del área de difusión es de 300 m considerando que la longitud del emisario es 7500 m.

Respecto de la orientación del área de difusión, se determinó que la traza óptima es la que presenta mayor perpendicularidad con la dirección de las corrientes dominantes, esto es, paralela al emisario actual, con un desvío máximo de 5°, valor considerado adecuado dentro de la tolerancia del análisis.

Con un emisario de 2500 m de longitud de difusión, se obtiene 1000 m aguas abajo del eje del emisario (límite del área de mezcla) un factor de dilución (FD) de 19,1 superado el 90% del tiempo y un valor semi-permanente de 23,1, superado 50% del tiempo (bajo condiciones hidrometeorológicas medias del Río de la Plata).

Con un emisario de 3000 m de longitud de difusión, se obtiene 1000 m aguas abajo del eje del emisario (límite del área de mezcla) un factor de dilución (FD) de 23,3 superado el 90% del tiempo y un valor semi-permanente de 28,1, superado 50% del tiempo (bajo condiciones hidrometeorológicas medias del Río de la Plata).

Los factores de dilución 1000 m o 500 m aguas arriba son siempre mayores a los correspondientes a la misma distancia aguas abajo.

A 500 m del eje del emisario en la zona de difusión, los valores de dilución son similares a los correspondientes a 1000 m del mismo.

Si se calculan los valores de dilución considerando los valores medios diarios, se obtiene para el 90% de los días un valor de dilución de 31 para 3000 m de longitud de difusión y 25 para 2500 m.

El acercamiento máximo a la costa observado para la pluma del emisario considerando una longitud de difusión de 3000 m es de aproximadamente 4000 m. No se registra influencia del emisario en las tomas de Bernal y Punta Lara.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Montes, S., Charette, J., Bottelli, D., 2005. Modelo del Río de la Plata. Validación de resultados en la zona de descarga del Emisario Berazategui actual. Modelización. Aguas Argentinas, Abril.

| TRANSPORTE DE CONTAMINANTES | | # 13 |
|---|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Desplazamiento del frente de salinidad del Río de la Plata debido al aumento del nivel medio del mar. | | |
| AUTORES | | |
| Kind, V.M. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Facultad de Ingeniería (FI), Universidad de Buenos Aires (UBA). | | |
| TIPO | | |
| Tesis de grado (<i>Ingeniería Civil - UBA</i>) | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2004 | - | 172 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| <p>Determinar cómo habrá de variar la cuña salina (interfase de transición entre el agua dulce de origen fluvial y el agua salada de origen marítimo) en el Río de la Plata, en respuesta al aumento que se registra en el nivel medio del mar. En particular, interesa conocer si puede producirse una penetración del frente salino hacia el interior del Río de la Plata capaz de poner en riesgo la capacidad de proveer de agua dulce a la Región Metropolitana de Buenos Aires, la cual perdería entonces sustentabilidad.</p> | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se implementó un modelo hidrodinámico tridimensional, denominado RPP-3D, basado en el código computacional POM (Princeton Ocean Model), el cual se validó efectuando comparaciones entre las distribuciones de salinidad obtenidas de registros y las simuladas para escenarios medios de verano y de invierno.</p> <p>Se definieron dos escenarios de aumento del nivel medio del mar, en correspondencia con proyecciones de Cambio Climático efectuadas por el IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change): uno representativo de condiciones posibles hacia fines del presente siglo XXI, y otro vinculado con condiciones de altas concentraciones de gases de efecto invernadero, proyectado para fines del presente milenio.</p> <p>Se definieron indicadores del desplazamiento y de variación de concentración</p> | | |

salina en el Río de la Plata, calculados para los escenarios futuros en base a las predicciones obtenidas con el modelo RPP-3D.

PRINCIPALES RESULTADOS

El estudio concluye que el desplazamiento del frente de salinidad hacia el interior del Río de la Plata para el escenario de fin de siglo será de alrededor de 10 km, lo cual no producirá efectos significativos que alerten sobre la necesidad de prever medidas de mitigación prácticamente en ninguna región. Además, muestra que no se produciría una afectación de la calidad del agua para la provisión de la Región Metropolitana de Buenos Aires, ni siquiera para la situación del escenario extremo de fin de milenio..

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Re., M., Kind, V.M., Menéndez, A. N., 2004. La elección del dominio de cálculo, el modelo matemático y la escala de resolución en la modelación numérica. *XIV Congreso sobre Métodos Numéricos y sus Aplicaciones*, ENIEF'2004, Bariloche, Noviembre.

| TRANSPORTE DE CONTAMINANTES | | # 14 |
|---|-------------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Estudio de los corredores de flujo del Río de la Plata Interior a partir del modelo de circulación RPP-2D. | | |
| AUTORES | | |
| Re, M., Menéndez, A.N. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Programa Hidráulica Computacional (PHC), Laboratorio de Hidráulica (LH), Instituto Nacional del Agua (INA). | | |
| TIPO | | |
| Informe | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2004 | INA-LHA 04-216-04 | 58 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Estudiar en detalle el desarrollo de los corredores de flujo del Río de la Plata Interior para el discernimiento de los caminos recorridos por las aguas, constituyendo una información de gran utilidad para establecer el origen y destino de la contaminación. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata Interior. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se revisaron antecedentes asociados a estudios sedimentológicos, consideraciones de tipo químicas y referencias respecto de la calidad del agua en la costa montevideana.</p> <p>Se simularon las circulaciones asociadas a tres escenarios: condiciones medias de verano, condiciones medias de invierno y evento de sudestada, utilizando el modelo numérico de circulación RPP-2D, que es un modelo hidrodinámico bidimensional horizontal que comprende todo el Río de la Plata y gran parte del frente marítimo.</p> <p>Resuelta la hidrodinámica, se simuló el desarrollo de las capas de mezcla que se generan a partir de las desembocaduras de los principales tributarios en el Río de la Plata, en la interfase de encuentro entre los ríos Paraná de las Palmas y Paraná Guazú, por un lado, y Paraná Guazú y Uruguay, por el otro. Para ello se utilizó el software MANCHAS, basado en una técnica lagrangiana que evita los efectos de difusión numérica típicos de las técnicas eulerianas,</p> | | |

que llegan a enmascarar los efectos físicos.

PRINCIPALES RESULTADOS

En condiciones hidrometeorológicas normales, las dos capas de mezcla que se desarrollan en la interfase de encuentro entre las descargas de los tres tributarios principales del Río de la Plata (Paraná de las Palmas, Guazú y Uruguay) permanecen relativamente acotadas en espesor a lo largo del Río de la Plata Interior, dejando a cada lado extensas zonas de corrientes de agua asociadas esencialmente al tributario de origen, que constituyen, entonces, sendos corredores de flujo, de acuerdo a lo afirmado por Jaime et al. (2000).

Tanto en condiciones medias de invierno como de verano, el espesor de la zona donde se desarrolla algún nivel de mezcla significativa es del orden, como máximo, de unos pocos kilómetros en el Río de la Plata Superior, duplicándose recién al llegar al final del Río de la Plata Interior.

Las capas de mezcla sufren desplazamientos laterales de entre aproximadamente 500 y 2500 m, bajo la acción del régimen de mareas.

El ingreso de una onda de tormenta (por sudestada) produce, por un lado, el frenado e, incluso, el retroceso del flujo descargado por los tributarios, y, por el otro lado, una mezcla de gran escala de las masas de agua. Estos efectos cesan junto con la tormenta, observándose una tendencia a la reconstrucción de los corredores de flujo, en particular rápida en el Río de la Plata Superior.

A escala turbulenta las capas de mezcla siguen manteniendo su identidad durante la tormenta, de modo que el Río de la Plata Interior queda constituido esencialmente por un conjunto de masas de agua que reconocen su origen en alguno de los tributarios. El espesor de las capas de mezcla varía temporariamente, aumentando en la zona superior y disminuyendo en la zona media del río, pero esa variación desaparece rápidamente al cesar la tormenta.

El estudio confirma que, esencialmente, la calidad del agua en cada una de las dos costas del Río de la Plata Interior (argentina y uruguaya) es responsabilidad directa del manejo de las descargas antrópicas efectuadas por cada país.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Re, M., Menéndez, A. N., 2005. Estudio de los corredores de flujo del Río de la Plata Interior con el modelo RPP-2D. *XX Congreso Nacional del Agua, CONAGUA'2005*, Mendoza, Mayo.

Re, M., Menéndez, A. N., 2006. Desarrollo de capas de mezcla entre los corredores de flujo del Río de la Plata Interior. *XXII Congreso Latinoamericano de Hidráulica*, Ciudad Guayana, Venezuela, Octubre.

| TRANSPORTE DE CONTAMINANTES | | # 15 |
|---|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Modelación bidimensional del campo salino en el Río de la Plata. | | |
| AUTORES | | |
| Fossati, M. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA), Facultad de Ingeniería (FI), Universidad de la República (UDELAR), Uruguay. | | |
| TIPO | | |
| Tesis de Maestría (<i>Maestría en Mecánica de los Fluidos Aplicada, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Uruguay</i>). | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2005 | - | 267 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Modelar el campo salino del Río de la Plata y comprender su variabilidad para un mejor entendimiento de los patrones de circulación del sistema. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata Exterior. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se estudió la variación horizontal de la salinidad a través de la modelación bidimensional integrada en vertical, entendiéndola a esta aproximación como una simplificación del comportamiento del sistema.</p> <p>Se calibró y validó el modelo RMA-10 bidimensional integrado en vertical, obteniendo una buena representación de la dinámica del campo salino en el Río de la Plata.</p> <p>Se estudió la estacionalidad del campo salino, comparando los resultados con distribuciones estacionales de la literatura. También, se analizó la influencia sobre el campo salino y de corrientes de cada uno de los forzantes que actúan en el sistema, estudiando la importancia de la fuerza baroclínica en relación a otras fuerzas que afectan la dinámica del Río de la Plata.</p> | | |
| PRINCIPALES RESULTADOS | | |
| Considerando el efecto del viento, del caudal fluvial y de la marea, se ha logrado una buena aproximación de los registros de salinidad medidos en la | | |

costa uruguaya (donde se cuenta con una serie de mediciones de salinidad durante un largo período de tiempo en posiciones relativamente fijas).

El comportamiento estacional que presentan los forzantes genera diferencias en la distribución horizontal de salinidad de ambas estaciones. En el período frío la salinidad a lo largo de la costa uruguaya es menor que la salinidad durante el período cálido, y sobre la costa argentina la salinidad es mayor durante el período frío que durante el período cálido. Las corrientes residuales muestran un flujo de descarga por las zonas poco profundas del río: por el Sur sobre la costa argentina, por una zona central del río formada por los Bancos de Arquímedes, Inglés y de Rouen, y por la costa Norte sobre la costa uruguaya. Por otro lado se observa un flujo entrante por las zonas más profundas del Canal Oriental sobre la costa Norte y en el Canal Marítimo en la zona Sur del río. En el período cálido las corrientes residuales muestran en cambio una mayor descarga por la costa argentina y una menor descarga por la costa uruguaya respecto al período frío.

Se observó a partir de las modelaciones que la salinidad en cada punto costero disminuye a medida que aumenta el caudal fluvial y que aumenta a medida que disminuye el caudal fluvial.

La descarga fluvial genera un flujo residual entrante al Río de la Plata en las áreas profundas, y saliente sobre las áreas poco profundas. En la zona cercana a la costa uruguaya, sobre los bancos de Arquímedes, Inglés y Rouen, y sobre la zona costera argentina se observa una descarga, mientras que en el Canal Oriental y en el Canal Marítimo se observa un ingreso de flujo. Por otro lado, la marea astronómica genera un incremento de las intensidades del flujo saliente sobre la costa uruguaya y una disminución de la intensidad del flujo saliente por la costa argentina. Con relación a la distribución de salinidades en estos casos, la aplicación del modelo ha mostrado que el campo salino es afectado por las variaciones en la topografía del Río de la Plata. Las curvas de isoconcentración de salinidad muestran una advección hacia aguas arriba del río en las áreas profundas y una advección hacia aguas abajo en las áreas poco profundas.

La influencia de los vientos sobre la distribución de salinidad horizontal y sobre la distribución de corrientes en el Río de la Plata se divide en función de la dirección de los mismos. Los vientos provenientes del Norte, Noreste y Este generan un flujo de agua salada entrante al río a lo largo de la costa uruguaya, lo que aumenta los valores de salinidad sobre la misma, y un flujo saliente por la costa argentina, lo que genera una disminución de la salinidad en dicha costa. En cambio los vientos del Sur, Suroeste y Oeste aumentan el flujo de descarga por la costa uruguaya, disminuyendo la salinidad, y generan un flujo entrante por la costa argentina aumentando la salinidad. Por último los vientos del Sureste y Noroeste no generan un efecto claro sobre las distribuciones de salinidad y de corrientes, aunque se puede observar un efecto de los vientos del Sureste similar al generado por los vientos del sector Sur, Suroeste y Oeste.

Se han obtenido resultados satisfactorios aunque en algunos casos el modelo no es capaz de reproducir las variaciones de salinidad registradas, constituyéndose este trabajo en una primera aproximación para comprender aspectos de la dinámica del área de estudio. Mayores esfuerzos son necesarios para mejorar las simulaciones del campo salino.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Piedra-Cueva, I., Fossati, M., 2003. Modelación numérica hidrodinámica del frente salino en el Río de la Plata. Informe Proyecto FREPLATA, Julio.

Piedra-Cueva, I., Fossati, M., 2003. Simulación numérica de la distribución estacional del frente salino. Informe Proyecto FREPLATA, Noviembre.

Piedra-Cueva, I., Rodríguez Borelli, H., 2003. Finite element modeling of the Rio de la Plata. International Conference on Estuaries and Coasts, November 9-11, Hangzhou, China.

Fossati, M., Piedra-Cueva, I., 2003. Salinity simulations of the Rio de la Plata. International Conference on Estuaries and Coasts, November 9-11, Hangzhou, China.

| TRANSPORTE DE CONTAMINANTES | | # 16 |
|---|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Coupling physical and biogeochemical processes in the Río de la Plata plume. | | |
| AUTORES | | |
| Huret M., Dadou I., Dumas F., Lazure P., Garçon V. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales - Centre National de la Recherche Scientifique (LEGOS/CNRS). Institut Français de Recherche pour l'exploitation de la Mer (IFREMER). | | |
| TIPO | | |
| Publicación en revista (<i>Continental Shelf Research</i>) | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2005 | 25 | 629–653 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Simular el funcionamiento ecológico y la pluma del Río de la Plata. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata y Frente Marítimo. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se implementó un modelo 3D, con el software MARS-3D, que acopla un modelo biogeoquímico con un modelo hidrodinámico del Río de la Plata y su Frente Marítimo para simular su funcionamiento ecológico y la pluma de salinidad. El modelo biogeoquímico reproduce el ciclo del nitrógeno en cinco compartimentos: nitrógeno inorgánico disuelto (DIN), fitoplancton, zooplancton, detritus y nitrógeno orgánico disuelto (DON y PON).</p> <p>Los forzantes del sistema corresponden a las descargas de los ríos Paraná y Uruguay, vientos (NCEP) y mareas. Se consideró una temperatura en el Río de la Plata verticalmente homogénea durante las temporadas de invierno y verano (15 °C).</p> <p>La concentración de material particulado en suspensión (MPS) (fracción inorgánica) se calculó como la función exponencial inversa de la salinidad, puesto que no se contaba con datos de mediciones en campo para el período de simulación. Esta formulación simple da una aproximación a condiciones de turbidez media comúnmente observadas, sin embargo, no reproduce fenómenos físicos locales o no lineales que conducen a fenómenos de erosión o deposición de sedimentos. Se consideró que los detritus son hidrolizados y</p> | | |

luego mineralizados, sin liberación de materia orgánica (no se modela deposición ni resuspensión de sedimentos).

Además de los escenarios típicos estacionales se simuló un evento de inundación ($40.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) asociado al efecto ENSO. También, se llevó a cabo un experimento en el que se integró el modelo durante un período de 1 año (1999) para evaluar la variabilidad estacional de la actividad biológica en el Río de la Plata.

Por otra parte, se contó con una gran cantidad de imágenes, que permitieron validar las concentraciones superficiales de clorofila-a. La concentración de clorofila-a se elige como un indicador de la actividad biológica estacional, y surge a partir de la concentración de fitoplancton. Se utiliza como variable climatológica las radiaciones de onda corta que influyen en las cinéticas de crecimiento.

PRINCIPALES RESULTADOS

El nitrógeno aportado al Río de la Plata permanece disponible en todo el estuario, y por lo tanto no es un factor limitante para la producción primaria, por lo cual se desprende que el único factor limitante es la disponibilidad de luz. Esto explica la gran diferencia que se observa entre la distribución de concentración de clorofila-a en invierno y en verano.

En invierno, los valores máximos de clorofila-a se encuentran en la superficie en el Canal Marítimo, donde la estratificación es muy superficial y con mezcla despreciable en la vertical, en comparación con el Canal Oriental. En régimen de marea, no hay producción debido a la excesiva turbidez que limita el pasaje de luz. En verano, la concentración de clorofila-a puede alcanzar valores de 30 mg m^{-3} en la lengua de baja salinidad y en la Bahía de Samborombón; la producción también puede ocurrir en el Canal del Norte en régimen de marea. Es posible observar ocurrencia de floración en condiciones de viento calmo y luz limitada, lo cual es confirmado por algunas imágenes SeaWiFS tomadas en invierno.

El modelo indica que la producción primaria integrada en la columna de agua se da para los mismos meses que la clorofila-a. Las zonas de mayor producción coinciden con las áreas con alta concentración de clorofila-a.

Los altos valores de productividad observados a lo largo del talud de la plataforma son el resultado de una mezcla excesiva dentro del modelo, puesto que se trata de una zona abrupta.

Los resultados obtenidos por el modelo indican que el nitrógeno nunca limita los procesos biológicos de las aguas del Río de la Plata. El único factor limitante para el crecimiento del fitoplancton sería entonces la luz. En el río exterior, esta limitación se produce durante todo el año, a pesar de una producción débil que ocurre en el verano.

Se concluye que es muy difícil de validar los resultados del modelo con datos obtenidos por satélite.

El modelo de MPS utilizado no tuvo en cuenta la elevada variabilidad en la concentración de MPS propia del Río de la Plata. El modelo no tiene en cuenta fenómenos locales, tales como la dinámica de la zona de máxima turbidez o la deposición y resuspensión en aguas poco profundas de zonas costeras.

El modelo obtiene valores de DIN superiores a los informados en otros estudios similares en el Río de la Plata; esta discrepancia puede deberse a dos razones principales. En primer lugar, es probable que ocurra desnitrificación en el río exterior, dando lugar a un sumidero de DIN en esa área y reduciendo el suministro DIN a la zona frontal. Este proceso biogeoquímico no se considera en el modelo. En segundo lugar, la cinética de remineralización de DON podría ocurrir con demasiada rapidez en el modelo. Incluso se ha considerado un sólo tipo de DON, sin haber considerado otras fracciones menos lábiles e incluso refractarias. El modelo tampoco considera la pérdida de PON al sedimento que reduciría su fracción probable de hidrolizarse.

La exportación de nitrógeno al estuario y a la plataforma depende de la estación del año. Se observa que la exportación es esencialmente bajo la forma orgánica (DON y PON) durante los meses de verano, mientras que es principalmente inorgánica durante el invierno. La pérdida de la fracción inorgánica DIN se produce principalmente bajo la forma de fitoplancton y detritus. La exportación de nitrógeno a la plataforma es principalmente bajo la forma orgánica. La producción y por lo tanto la asimilación de DIN no es la más alta a lo largo del eje del estuario, sino más bien en el Canal Oriental y en el sur del Canal Marítimo. En este contexto y durante los meses más productivos en el estuario, la producción primaria en la plataforma es altamente dependiente del proceso de remineralización. El estuario tiene la función de sumidero de nitrógeno inorgánico, lo cual sugiere que el nitrógeno orgánico es la principal forma exportada a la plataforma.

Se obtuvo un buen ajuste en la ubicación del frente de salinidad y en consecuencia de la turbidez, considerando la relación simple que se utilizó entre salinidad y materia en suspensión.

No pudo simularse siempre la ubicación exacta de la pluma en el estuario y en la plataforma, sobre todo en los casos en que la pluma fue detectada por el sensor SeaWiFS orientado a lo largo de la costa argentina, hacia el sur.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Huret, M., 2005. Apports des données 'couleur de l'eau' a la modélisation couplée physique-biogéochimie en milieu dynamique côtier: Application au Rio de la Plata et au Golfe de Gascogne. Tesis de Doctorado, Universidad de Toulouse III, Francia.

| TRANSPORTE DE CONTAMINANTES | | # 17 |
|---|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Evaluación de alternativas de descarga utilizando un modelo de transporte lagrangiano. | | |
| AUTORES | | |
| Fossati, M., Fernández, M., Piedra-Cueva, I. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA), Facultad de Ingeniería (FI), Universidad de la República (UDELAR), Uruguay. | | |
| TIPO | | |
| Comunicación a Congreso (<i>XXIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Cartagena de Indias, Colombia, 2008</i>). | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2008 | - | 15 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Presentar la metodología de análisis de alternativas de descarga aplicando una herramienta de simulación que permita evaluar el impacto sobre la calidad bacteriológica de las aguas. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata, costa de Montevideo y de Punta del Este. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se definieron las alternativas de descarga a evaluar, estableciendo la longitud y alineación del emisario, el diseño preliminar del difusor y las características del efluente.</p> <p>Se implementó y calibró el modelo numérico tridimensional MOHID en el Río de la Plata y su Frente Marítimo con subdominios en la zona de interés: la costa de Montevideo y la costa de Punta del Este. La hidrodinámica fue simulada para un período de tiempo representativo de las condiciones medias del flujo.</p> <p>Se simularon las alternativas de descarga con el modelo de transporte (campo cercano y campo lejano) y se calcularon las curvas de frecuencia de la concentración del contaminante en las zonas monitoreadas, comparándose la afectación de cada una de ellas y seleccionado una de las alternativas.</p> <p>Se evaluó la descarga de coliformes fecales, utilizándose la formulación de Chapra para el cálculo del T_{90}. Esta formulación se ajustó a partir de</p> | | |

observaciones, que en Montevideo mostraban (en superficie y durante la temporada estival) un T_{90} medio diario de aproximadamente 20 hs y en Punta del Este un valor mínimo diario de entre 2 y 4 horas.

Luego se diseñó el difusor, determinándose su longitud, el número de puertos, diámetro y orientación.

Finalmente se realizó un análisis de sensibilidad. Los resultados que se presentan en el trabajo corresponden a las alternativas de Punta del Este.

PRINCIPALES RESULTADOS

La dilución inicial promedio calculada a partir de los resultados del modelo utilizando el difusor estándar estuvo en el rango de 50-90% de dependiendo de la alternativa.

Se observa que la afectación en la costa no ocurre de forma continua, sino que se da a través de diferentes eventos en los cuales la pluma se dirige hacia la costa.

Los resultados presentados muestran que los emisarios más cortos generan un impacto significativo sobre las playas cercanas, con concentraciones menores a 2000 UFC/100ml durante porcentajes de tiempo menores a un 95%. En general, el aumento de longitud mejora la calidad de las playas cercanas a la descarga. Se considera que una alternativa aceptable desde el punto de vista de la balneabilidad es un emisario de 800 m de longitud.

La alineación de los puertos influye considerablemente en los valores de dilución inicial y en las colimetrías registradas en la zona costera cerca de la descarga. Las diluciones iniciales obtenidas con los distintos tipos de difusores muestran que una descarga vertical o a 45° del plano horizontal no favorece la mezcla (se favorece la flotación del líquido por la diferencia de densidades). Las descargas en el plano horizontal favorecen la mezcla inicial; y dentro de las distintas alineaciones horizontales analizadas la que logra una mayor mezcla inicial es una descarga perpendicular a la costa (paralela a la alineación del emisario, optimizando la influencia de las corrientes en la mezcla inicial).

Los parámetros asociados a la componente turbulenta del movimiento de las partículas tienen gran influencia en las colimetrías en la zona costera, mientras que el parámetro relacionado con la difusión turbulenta del contaminante tiene una menor influencia (a pesar de que variaciones de este parámetro generan mayores colimetrías máximas en la costa).

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Fossati, M., Fernández, M., Piedra-Cueva, I., 2009. Implementation of a 3D lagrangian model for evaluating submarine outfalls in the Rio de la Plata coastal area. *33rd IAHR Congress: Water Engineering for a Sustainable Environment*, August.

| TRANSPORTE DE CONTAMINANTES | | # 18 |
|---|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Modelación de la temperatura del agua en la Bahía de Montevideo: Toma y descarga de agua de una central térmica. | | |
| AUTORES | | |
| Fossati, M., Urrestarazu, S., Santoro, P., Piedra-Cueva, I. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA), Facultad de Ingeniería (FI), Universidad de la República (UDELAR), Uruguay. | | |
| TIPO | | |
| Comunicación a Congreso (<i>XXIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Cartagena de Indias, Colombia, 2008</i>) | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2008 | - | 15 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| <p>Representar el campo de temperaturas de la Bahía de Montevideo y el funcionamiento de la Central Térmica “José Batlle y Ordóñez”.</p> <p>Identificar si la temperatura del agua de la toma se ve afectada en alguna condición hidrodinámica por la descarga de agua de mayor temperatura que se efectúa en el recinto portuario.</p> | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Bahía de Montevideo. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se implementó el modelo hidrodinámico tridimensional RMA-10 en un dominio que incluye al Río de la Plata y su Frente Marítimo (con mayor detalle en la zona de la Bahía de Montevideo), en su modo bidimensional integrado en vertical. Además, se acopló un modelo de intercambio de calor entre el agua y la atmósfera.</p> <p>Con la hidrodinámica calibrada y validada, se calibró el modelo que representa del régimen térmico en la bahía para un período de tiempo en el que la central no estuviera funcionando. Para esta calibración se ajustaron dos parámetros, uno es un factor de atenuación atmosférica que representa la ‘suciedad’ presente en la atmósfera capaz de interceptar parte de la radiación que por ella pasa, y el segundo parámetro es un coeficiente de extinción solar que representa la tasa de disminución de la radiación que recibe el agua a medida</p> | | |

que aumenta la profundidad. Durante esta determinación se compararon las temperaturas medidas y simuladas en dos ubicaciones (Estación Meteorológica de Punta Brava y en el Canal de Toma de la Central Térmica “José Batlle y Ordóñez”).

La central térmica posee distintas unidades y esquemas de funcionamiento. Para la representación con el modelo de la toma y la descarga, se ajustó una relación de tipo exponencial que relaciona las temperaturas de entrada y salida. Para analizar la influencia de la descarga de agua de la central en la zona de la toma se comparó la temperatura simulada en el punto de control representativo para un mismo período bajo dos condiciones: sin central funcionando y con la central funcionando. También, fue analizada la influencia de la descarga de la central sobre la temperatura del recinto portuario y de la Bahía de Montevideo.

PRINCIPALES RESULTADOS

Los resultados de la calibración muestran que el modelo reproduce las temperaturas registradas durante el período analizado, reproduciendo también el ciclo diario de la temperatura del agua medido. En algunos días se observan diferencias de lo observado con lo simulado que no superan los 4°C.

La validación del modelo térmico muestra que sin modificar las características de la modelación (malla de cálculo, paso de tiempo, forzantes utilizados, condiciones de borde, etc.), la calidad de la modelación de temperatura del agua obtenida durante la etapa de calibración se mantuvo.

Se pudo demostrar que en determinadas circunstancias las corrientes se dirigen desde la zona de descarga hacia la toma de agua, lo que puede estar indicando una alteración de la temperatura en la zona de toma por la propia descarga de la Central, afectando negativamente su rendimiento. Se observó que solo el 26,5% del tiempo no hay afectación de la descarga sobre la toma y que durante el 28,5% del tiempo la descarga incrementa por lo menos 1°C la temperatura en la toma, lo que según los requerimientos de la central podría ser significativo.

En cuanto al incremento de temperatura generado por la central en la zona de la bahía y del recinto portuario, se pudo ver un mayor impacto en la zona de dársenas del puerto.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Fossati, M., Santoro, P., Urrestarazu, S., Piedra-Cueva, I., 2011. Numerical study of the effect of a power plant cooling water discharge in the Montevideo Bay. *Journal of Applied Mathematics*, Volume 2011, 23 pp.

| TRANSPORTE DE CONTAMINANTES | | # 19 |
|--|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Numerical modelling of residual flow and salinity in the Rio de la Plata. | | |
| AUTORES | | |
| Fossati, M., Piedra-Cueva, I. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA), Facultad de Ingeniería (FI), Universidad de la República (UDELAR), Uruguay. | | |
| TIPO | | |
| Publicación en revista (<i>Applied Mathematical Modelling</i>) | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2008 | 32 | 1066-1086 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Examinar los efectos de los forzantes de la dinámica del río en las corrientes residuales y los campos de salinidad en el Río de la Plata, focalizando el estudio en el Río de la Plata Exterior. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata Exterior. Costa de Montevideo. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se analiza el efecto de la descarga de los tributarios, las mareas y los vientos en las corrientes residuales y la salinidad utilizando un modelo baroclínico 3D (RMA-10). El dominio del modelo va de Mar del Plata (ARG) a La Paloma (URU) en el borde exterior. El modelo fue calibrado con series de salinidad en la costa de Montevideo de marzo de 2000 y fue validado con series de junio 1997 y enero 1999.</p> <p>El modelo fue explotado para evaluar los campos de salinidad basándose en variaciones de los forzantes: descarga de los tributarios (media, baja y alta), ondas de marea y campos de vientos (direcciones dominantes: N, NE, E, SE, S, SW, W, NW).</p> | | |
| PRINCIPALES RESULTADOS | | |
| Del análisis de datos históricos en la zona de estudio surge lo siguiente: i) Salinidad: los perfiles verticales de salinidad muestran algunos periodos de estratificación en el río, así como periodos de mezcla vertical debido al accionar de vientos moderadas y fuertes; ii) Corrientes: El 75% de las | | |

corrientes observadas en superficie y fondo son en la misma dirección, mientras que el restante 25% es en la dirección opuesta, por lo tanto la mayoría del tiempo se presenta un sistema bien mezclado.

El análisis de las corrientes residuales en el río, cuando el forzado del sistema depende de las descargas de los tributarios y la marea astronómica, muestra que el flujo de las descargas se ubica principalmente sobre las zonas menos profundas del río (Bahía de Samborombón, la zona costera de Montevideo, y las bajas profundidades del Banco Inglés y el Banco Arquímedes) y que el agua salina es advectada río arriba a través de los canales más profundos (el Canal Oriental y el Canal Marítimo). La forma de la distribución de salinidad es consistente con la de los patrones de corrientes residuales.

Estos resultados no son consistentes con los de trabajos previos, en donde se concluye que el flujo se recuesta hacia la costa uruguaya como consecuencia de la fuerza de Coriolis. La razón de este desacuerdo se basa en las corrientes inducidas por gradientes de densidad ya que al considerarlas cambian los patrones de circulación, a pesar de que las simulaciones sin tener en cuenta este efecto confirman lo anterior. Las corrientes de densidad bloquean la salida del Canal Oriental, incrementando velocidades en Bahía de Samborombón y en los bancos Inglés y Arquímedes.

Mayores descargas desplazan las isohalinas hacia el océano, principalmente hacia las áreas poco profundas y los bancos Inglés y Arquímedes. Menores descargas desplazan el frente salino hacia el límite entre el Río de la Plata Interior y Exterior.

Las simulaciones numéricas muestran que los vientos del SO y NE tienen gran influencia sobre los campos de salinidad y velocidad. Los vientos del SO incrementan la salida del flujo sobre la costa uruguaya (disminuyendo salinidad) y fuerza un flujo hacia aguas arriba sobre la costa argentina (incrementando salinidad). Los vientos del NE fuerzan un flujo hacia aguas arriba de agua salina sobre la costa uruguaya (incrementando salinidad) y hacia aguas abajo en la costa argentina (disminuyendo salinidad). Los vientos del SE y NO no muestran mayor influencia en los valores de salinidad, aun considerando que pueden generar ondas de tormenta.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

-

| TRANSPORTE DE CONTAMINANTES | | # 20 |
|--|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Simulation of the transport of suspended particulate matter in the Río de la Plata. | | |
| AUTORES | | |
| Hausstein H. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Institut of Coastal Research, Department Geowissenschaften, Universität Hamburg, Alemania. | | |
| TIPO | | |
| Informe | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2008 | - | 115 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Describir un procedimiento para simular el transporte de material particulado suspendido (MPS) en el estuario del Río de la Plata en Argentina y Uruguay, considerando que la distribución espacial de MPS es esencial para la descripción de procesos biológicos en aguas costeras. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata y Frente Marítimo. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se aplicó un modelo 3D de transporte de MPS, para aguas costeras desarrollado por GKSS Research Center. El modelo aplica los módulos de transporte del modelo de dispersión euleriano de la BSH (German Hydrographic Service), los módulos para calcular los procesos de intercambio vertical en la columna de agua que incluyen procesos sedimentológicos: erosión, sedimentación, resuspensión; floculación y procesos en la capa de sedimentos: consolidación y procesos biológicos llevados a cabo por organismos bénticos (<i>bioturbation</i>).</p> <p>El modelo HamSOM/CIMA sirvió para definir la hidrodinámica de entrada al modelo 3D de transporte de MPS. Se han utilizado también dos modelos diferentes para olas; el WAM Cycle 4.5 (para profundidades mayores a 15 m) y el K-Model un modelo de olas para áreas costeras. Los modelos de olas fueron corridos bajo los tres dominios anidados del modelo HamSOM/CIMA.</p> | | |

Para la validación de los modelos se utilizaron datos de nivel y velocidades obtenidos de las estaciones San Clemente, Torre Oyarbide y de una boya en el Río de la Plata Exterior. Los datos de nivel que se usaron como condiciones de borde para las simulaciones se obtuvieron del satélite TOPEX/Poseidon.

Se determinó que los datos satelitales SeaWiFS (Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor) fueron la única fuente de datos adecuados para la validación del modelo de transporte de MPS, mientras que el software SeaDAS permitió analizar y convertir los datos al formato requerido para este estudio.

PRINCIPALES RESULTADOS

Los datos de entrada de la descarga y de las partículas en suspensión fueron limitados y poco accesibles debido a que la adquisición de datos para el área de interés resultó dificultosa.

La interpretación de los datos satelitales SeaWiFS en agua con concentración de MPS superior a $80-100 \text{ mg l}^{-1}$ es muy difícil, porque la reflexión de la luz de los sedimentos fue tan brillante que fueron interpretados como nubes. No obstante ello, la forma y extensión de la pluma de MPS en las imágenes de referencia permitieron realizar un buen reconocimiento y sirvieron para una comparación con los resultados del modelo. En cuanto a la forma y la extensión de la pluma, el modelo genera resultados confiables.

Se establece que las olas juegan un papel importante para el comportamiento de MPS en la columna de agua; se demostró que la inclusión de olas es esencial para reproducir la forma de la pluma.

El modelo es capaz de reproducir la forma y la posición del frente así como de la zona de máxima turbidez. También se identifican las zonas de erosión y deposición, lo cual es de gran importancia debido al tráfico denso a lo largo del buque de los canales de navegación hacia Buenos Aires y las ciudades localizadas aguas arriba.

Las imágenes satelitales SeaWiFS son de gran utilidad para la validación de los resultados del modelo.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

-

| TRANSPORTE DE CONTAMINANTES | | # 21 |
|---|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Modeling the proposed Buenos Aires outfalls | | |
| AUTORES | | |
| Roberts P., Villegas B. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Agua y Saneamientos Argentinos S.A. (AySA) | | |
| TIPO | | |
| Informe | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2010 | Informe Final | 127 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Contribuir a la definición y optimización de los parámetros de diseño para los dos emisarios propuestos para la descarga de las aguas residuales de la Ciudad de Buenos Aires. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata Interior. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se construyó un modelo bidimensional de la región interior del Río de la Plata usando la aplicación Delf3D, que permite predecir el transporte de contaminantes y el decaimiento en campo lejano con enfoques euleriano (módulos Delf3D-FLOW y Delf3D-WAQ) y lagrangiano (módulos Delf3D-FLOW y Delf3D-PART).</p> <p>Se utilizaron datos disponibles de velocidad de corriente, nivel de agua y calidad de aguas existentes (materia orgánica, tóxicos, sedimentos, nutrientes, oxígeno disuelto y <i>E.Coli</i>) generados en campañas de monitoreo llevadas a cabo por AySA entre marzo y abril de 2004. Se consideraron también datos provenientes de estudios previos y condiciones generales del río.</p> | | |
| PRINCIPALES RESULTADOS | | |
| <p>Desarrollo de un modelo de calidad de aguas de campo cercano para las descargas de los emisarios y acoplamiento al modelo hidrodinámico.</p> <p>Definición de la longitud de los dos emisarios propuestos y características de los difusores, según criterios establecidos en el marco del Proyecto Integral de</p> | | |

Saneamiento del Matanza-Riachuelo (PISA), y elaboración de recomendaciones sobre el diseño estructural de los emisarios.

Aplicación del modelo de de campo lejano FRFIELD, que utiliza corrientes medidas por ADCPs para predecir el transporte advectivo del efluente descargado por los difusores, determinando el impacto de las descargas sobre las tomas de agua para potabilización.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Roberts P., Villegas B., 2009. Modeling the Proposed Buenos Aires Outfalls. Informe Preliminar AYSA, pp. 45.

Roberts, P.J.W., Villegas, B.E., 2011. The proposed Buenos Aires outfalls: outfall design. International Symposium on Outfall Systems, Mar del Plata, Argentina.

Villegas, B.E., Roberts, P.J.W., 2011. The proposed Buenos Aires outfalls: hydrodynamic modelling. International Symposium on Outfall Systems, Mar del Plata, Argentina.

| TRANSPORTE DE CONTAMINANTES | | # 22 |
|---|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| 3D lagrangian modeling of Montevideo's submarine outfall plume. | | |
| AUTORES | | |
| Fernández, M., Fossati, M., Piedra-Cueva, I. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA), Facultad de Ingeniería (FI), Universidad de la República (UDELAR), Uruguay. | | |
| TIPO | | |
| Comunicación a Congreso (<i>International Symposium on Outfall Systems</i> , Mar del Plata, Argentina). | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2011 | - | 7 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| <p>Evaluar diferentes alternativas de descargas de líquidos cloacales en la costa de Montevideo a través de emisarios submarinos, buscando las soluciones más eficientes analizando la localización, la longitud y la geometría de los mismos.</p> | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata, costa de Montevideo. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Un modelo hidrodinámico 3D baroclínico y un modelo lagrangiano de transporte de partículas fueron utilizados para evaluar diferentes ubicaciones, longitudes y geometrías de los emisarios.</p> <p>Se utilizó el Sistema MOHID (MARETEC-IST, Universidad Técnica de Lisboa) aplicado a la zona costera de Montevideo obteniéndose la variación temporal de corrientes, niveles, salinidad y concentración de las sustancias descargadas en cada punto del dominio. Los resultados de las simulaciones fueron procesados estadísticamente y comparados con los valores estándares de la regulación local.</p> <p>El modelo hidrodinámico fue implementado utilizando la estrategia de modelos anidados. Se definieron cuatro grillas 3D anidadas, incrementando la resolución horizontal y utilizando una descripción vertical con diez capas en la distribución n-sigma. El primer nivel representa al Río de la Plata y su Frente Marítimo, el segundo el área estuarina del Río de la Plata, y el tercero y el</p> | | |

cuarto se focalizan en la costa de Montevideo. La resolución máxima corresponde a celdas de 100m x 100m en el cuarto nivel.

El modelo de transporte lagrangiano del Sistema MOHID fue utilizado para simular el movimiento de la pluma generada por la descarga utilizando los campos de velocidad del modulo hidrodinámico. Se utilizó el modelo de campo cercano MOHIDJET para simular la pluma en cercanías de la descarga, que luego se acopla al modelo de campo lejano. La implementación y calibración de este modelo se realizo en el cuarto nivel, el de más detalle. La sustancia transportada consiste en coliformes fecales, considerando el T_{90} con una formulación en función de la salinidad, temperatura y radiación solar dentro de un rango de 20 y 72 horas.

El proceso de modelación se dividió en dos etapas, la primera consistió en calibrar el modelo para una situación media de verano, y la segunda permitió simular dos alternativas para la nueva descarga (ambas en Punta Yeguas, de 2000 m pero de distinta alineación). La descarga existente, Punta Carretas, también fue simulada.

PRINCIPALES RESULTADOS

Las dos alternativas planteadas para el nuevo emisario cumplen con los criterios de calidad de las distintas playas de la costa montevideana. Sin embargo, la alternativa con la inclinación hacia el oeste tiene menor interacción con la descarga existente, además de presentar una mayor difusión debido a las mayores corrientes que existen en el punto de descarga.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

-

| TRANSPORTE DE CONTAMINANTES | | # 23 |
|--|------------------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Evaluación de la calidad del agua en la Franja Costera Sur del Río de la Plata mediante modelación numérica. | | |
| AUTORES | | |
| Menéndez, A.N., Lopolito, M.F, Badano, N., Re, M. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Programa Hidráulica Computacional (PHC), Laboratorio de Hidráulica (LH), Instituto Nacional del Agua (INA). | | |
| TIPO | | |
| Informe | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2011 | Informe LHA 02-1207-11 | 186 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| <p>Efectuar un diagnóstico de situación en cuanto a posibilidades de uso de las aguas (consumo humano, recreación, preservación de vida acuática).</p> <p>Analizar las implicancias de la implementación de las obras contempladas en el Plan Director de AySA y los Programas de Reconversión Industrial del Plan Integral de Saneamiento de la Cuenca Matanza-Riachuelo sobre esas zonas de uso limitado.</p> | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata Interior. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se implementó un modelo que comprende un módulo hidrodinámico y uno de transporte de contaminantes.</p> <p>Se utilizó el software Mike 21-ECOLAB (DHI, Dinamarca) y se modelaron parámetros representativos de contenido de materia orgánica, bacterias, nutrientes, oxígeno disuelto, sustancias fenólicas, detergentes y metales.</p> <p>Se especificaron las cargas contaminantes vertidas desde la zona metropolitana, forzantes del sistema, incluyendo el emisario de Berazategui, a partir de datos de mediciones. El modelo se validó en base a comparaciones con mediciones de concentraciones en el cuerpo de agua.</p> <p>Se fijaron criterios para definir aptitud del recurso para diversos usos en función de valores límites para concentraciones admisibles de los parámetros</p> | | |

considerados en base a bibliografía de referencia local e internacional. Por aplicación de dichos criterios a los resultados del modelo, se efectuó el diagnóstico de la situación de calidad actual, y los cambios que se producirán en la distribución de las zonas de uso limitado en el escenario futuro de saneamiento.

PRINCIPALES RESULTADOS

Se dispone de un modelo hidrodinámico calibrado, capaz de representar las corrientes producidas por la combinación de los efectos de la marea oceánica, los aportes fluviales de los ríos Paraná y Uruguay, y los vientos. Asimismo, se dispone de un modelo de calidad del agua, motorizado por el modelo hidrodinámico, calibrado para representar las distribuciones de 9 parámetros de calidad (DBO₅, OD, *E. Coli*, Amonio, Nitrato, Fósforo, Sustancias Fenólicas, Cromo y Plomo) sobre la Franja Costera Sur del Río de la Plata Interior.

Se establecieron criterios para definir 8 usos del agua, en base a la imposición de concentraciones límites a 21 parámetros de calidad, a saber: i) Uso I – Apta para consumo humano con tratamiento convencional; ii) Uso II – Apta para actividades recreativas con contacto directo (ó contacto primario); iii) Uso III – Apta para actividades recreativas sin contacto directo (ó contacto secundario); iv) Uso IV – Apta para actividades recreativas pasivas; v) Uso V – Apta para preservación de vida acuática con exposición prolongada; vi) Uso VI – Apta para preservación de vida acuática sin exposición prolongada; vii) Uso VII – Apta para preservación de especies de peces sin efectos subletales; viii) Uso VIII – Apta para preservación de especies de peces sin efecto letal.

Aplicando los criterios a los resultados del modelo se obtuvieron mapas de las zonas de uso limitado sobre la Franja Costera Sur para la situación actual. La aplicación de estos criterios a los resultados de la modelación de calidad de agua para el Escenario de Proyecto (Plan Director de AySA (PDA) y el Plan Integral de Saneamiento de la Cuenca Matanza-Riachuelo (PISA), permite lograr una gran ampliación del margen de seguridad para las tomas de agua de AySA (Uso I) y genera una redistribución de las zonas no aptas para recreación con contacto directo (Uso II). Por otra parte, se logra recuperación de una parte significativa de la zona costera para recreación sin contacto directo (Uso III), pero con el costo de la aparición de zonas de uso limitado costa afuera. La extensión de la zona para recreación pasiva (Uso IV) disminuye levemente. No hay cambio en la situación en la zona no apta en cuanto al uso de preservación de vida acuática con exposición prolongada (Uso V).

La metodología de determinación de zonas de uso limitado, basada en modelos numéricos calibrados con datos de monitoreo, ha provisto resultados de gran relevancia para la gestión de la calidad de las aguas del Río de la Plata, y plantea una metodología precisa para zonificar cuerpos de agua en función de sus aptitudes de uso.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Menéndez, A. N., Badano, N. D., Re, M., García, P. E., Lecertúa, E. A., Lopolito, M. F., Sarubbi, A., 2009. Numerical simulation to study the wastewater disposal project in the coastal zone of Buenos Aires. *33rd. Congress of IAHR*, Vancouver, Canada, August.

Menéndez, A.N., Lopolito, M.F., Badano, N.D., Re, M., 2011. Influence of projected outfalls in the Plata River on limited water use zones. *International Symposium on Outfall Systems*, Mar del Plata, Argentina, Mayo.

2.5 Fichas Transporte de Sedimentos.

Las fichas del grupo de trabajos relacionados con la modelación del transporte de sedimentos son 10 en total. No obstante el grupo de clasificación, en estos trabajos pueden encontrarse aspectos de la modelación de calidad del agua en el Río de la Plata.

| TRANSPORTE DE SEDIMENTOS | | # 01 |
|--|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Corrientes y sedimentos en el Rio de la Plata. | | |
| AUTORES | | |
| Guarga R., Vinzón S., Rodríguez H., Piedra-Cueva, I., Kaplan E. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA), Facultad de Ingeniería (FI), Universidad de la República (UDELAR), Uruguay. | | |
| TIPO | | |
| Informe | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 1991 | - | 115 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Simular el sistema de corrientes en el Río de la Plata generadas por la acción de las mareas. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se aplicó un modelo numérico bidimensional integrado en vertical, basado en el método de diferencias finitas.</p> <p>El dominio de cálculo adoptado está limitado por las costas de ambas márgenes y en el extremo de la descarga fluvial la sección definida entre Carmelo y la zona del Delta del Río Paraná. La extensión de la frontera oceánica (forma y posición) se determinó de modo que la onda de marea astronómica predominante (componente semidiurna M_2) proveniente del Sur ingrese al dominio de cálculo en forma normal a la sección Sur de la frontera. El ángulo que dicha sección debe formar con la línea recta que une La Paloma con Pinamar (aproximadamente $\alpha = 45^\circ$), se estableció de forma que se reproduzca el desfase entre ambos puntos cuando se impone un frente de onda monocromático con la frecuencia de la componente M_2 en la sección.</p> <p>Los caudales medios de ingreso se calcularon con datos de estaciones hidrométricas ubicadas en Rosario (Río Paraná), Mercedes (Río Negro) y caudales erogados de Salto Grande (Río Uruguay).</p> <p>Para efectuar la calibración del modelo se utilizaron las estaciones mareográficas de La Paloma, Pinamar, Montevideo, Torre Oyarvide, Colonia y</p> | | |

Buenos Aires.

Para la simulación de la marea meteorológica se seleccionaron dos tormentas provenientes del sector Sur.

Se realizaron consideraciones preliminares sobre los sedimentos del área de estudio que incluyó: caracterización del ambiente, información de la historia geológica, caracterización de los sedimentos modernos, descripción de los modelos sedimentarios actuales para las zonas superior (áreas de arenas, limos, barro y material en suspensión), intermedia y exterior (áreas de barros arcillosos y arenas).

PRINCIPALES RESULTADOS

Se obtiene un buen ajuste del modelo con marea astronómica, aunque se señala que el error obtenido en Montevideo para la componente M_2 (50% en amplitud) podría deberse a la ubicación del mareógrafo y a la discretización de la batimetría.

La simulación de la marea meteorológica brinda resultados aceptables, diferenciando las ondas largas (de origen meteorológico y de baja frecuencia) de las ondas cortas (de origen astronómico y mayor frecuencia).

Se establece que la incertidumbre en los datos o la ausencia de los mismos en períodos significativos (velocidades y direcciones de viento y algunos registros de mareógrafos), ha afectado significativamente los resultados de la calibración, por lo cual se recomienda como tarea prioritaria el mejoramiento de la calidad y la generación de datos en puntos apropiados.

La sensibilidad del Río de la Plata frente a los caudales fluviales es pequeña, siendo la relación de caudales entre el aporte fluvial y el de la marea astronómica en un ciclo de 1:200 (entrantes).

Se presenta una revisión de la dinámica sedimentaria del Río de la Plata y una interpretación de los mecanismos de transporte-erosión-deposición de sedimentos en base a los resultados obtenidos en el modelo de corrientes que posibilita dar una explicación cualitativa global del mismo.

Se concluye que uno de los problemas más importantes para resolver proviene de la elección de la frontera abierta, que debería ser elegida de forma tal que no produzca efectos no físicos en la modelación.

Se estima que podrían mejorarse los resultados obtenidos adoptando otras disposiciones en la frontera extendida al océano, que conserven la física del problema, y que eviten el manejo un poco engorroso de la frontera considerada en el estudio.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Guarga, R., Kaplan, E., Vinzón, S., Rodríguez, H., 1991. Aplicación de un modelo de circulación al Río de la Plata. Jornadas de Investigación Científica en Materia de Contaminación de las Aguas, Montevideo, Uruguay. Agosto.

| TRANSPORTE DE SEDIMENTOS | | # 02 |
|--|------------------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Hydraulic studies for the water intake of Central Costanera. | | |
| AUTORES | | |
| Menéndez, A.N. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Programa Hidráulica Computacional (PHC), Laboratorio de Hidráulica (LH), Instituto Nacional del Agua (INA). | | |
| TIPO | | |
| Informe | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 1997 | Informe LHA 01-155a-97 | 122 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| <p>Evaluar la influencia de la descarga de agua sobrecalentada de la central térmica sobre la temperatura del agua en la toma.</p> <p>Cuantificar la tasa de sedimentación en la región dragada alrededor de la toma de agua.</p> | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Costa argentina del Río de la Plata, Costanera Sur. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se estudiaron dos problemas hidráulicos asociados a la construcción de una central térmica (Central Costanera, Mitsubishi Company).</p> <p>Se implementaron dos modelos hidrodinámicos bidimensionales anidados, que alimentan un modelo de transferencia de calor y un modelo de transporte de sedimentos. Un modelo regional que incluyo la boca del Riachuelo y un sector de la costa del Río de la Plata.</p> | | |
| PRINCIPALES RESULTADOS | | |
| <p>La sobretemperatura en las tomas de agua se manifiesta en forma de pulsos más o menos definidos, con una duración de unas pocas horas y con valores máximos en el rango de 2 a 5°C y que los efectos de retroalimentación son pequeños, del orden de la mitad del ciclo de las mareas haciendo imposible su llegada a los lugares de toma.</p> <p>El dragado de mantenimiento estimado, para una zona de 45 metros de</p> | | |

longitud a -4 m IGM en torno a las tomas de agua futuras, oscila entre 10 y 30 $\text{m}^3 \text{mes}^{-1}$, con valores nulos de la sedimentación cerca de la propia toma, hasta una distancia de unos 15 m. El incremento de volumen sedimentación, por cada metro de longitud adicional de dragado zona, es entre 0,5 y 1,5 $\text{m}^3 \text{mes}^{-1}$.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Tarela, P.A., Menendez, A.N., Bombardelli, F.A., Vilela, C.P.X., 1997. Modelación hidrosedimentologica en tomas de agua afectadas por un régimen de marea. *ENIEF 97, X Congress on Numerical Methods and their Applications*, San Carlos de Bariloche, Argentina, Noviembre.

| TRANSPORTE DE SEDIMENTOS | | # 03 |
|--|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Simulación numérica de problemas con escalas temporales disímiles: crecimiento de una barra de sedimentación. | | |
| AUTORES | | |
| Menéndez, A.N., Castellano, R. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Programa Hidráulica Computacional (PHC) – Programa de Hidráulica Marina (PHM), Laboratorio de Hidráulica (LH), Instituto Nacional del Agua (INA). | | |
| TIPO | | |
| Comunicación a congreso (<i>ENIEF 2000 - XI Congreso sobre Métodos Numéricos y sus Aplicaciones</i>). | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2000 | - | 6 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Simular numéricamente el crecimiento de una barra de sedimentación en un estuario, generada por la construcción de una isla artificial, sin resolver las escalas hidrodinámicas de manera continua. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata Interior. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se efectuó una descripción bidimensional horizontal del flujo para predecir tanto la hidrodinámica como el proceso sedimentológico que lleva a la formación de la barra alrededor de una isla de protección de pilas del puente Buenos Aires – Colonia.</p> <p>Se definieron dos escenarios de simulación: i) ‘Escenario Medio de Deposición’, con una excursión tal que la sedimentación anual asociada es equivalente a la producida por la distribución estadística completa en Buenos Aires; ii) ‘Escenario Medio de Erosión’, con una excursión tal que la erosión/resuspensión anual asociada es equivalente a la producida por la parte de la distribución por sobre un valor umbral asociado a la velocidad crítica de erosión.</p> <p>El esquema de modelación consistió en la utilización de un modelo hidrodinámico bidimensional (HIDROBID II), campos de olas representados en base a una solución cerrada para un cilindro vertical circular (un escenario de</p> | | |

representativo de condiciones medias y otro de condiciones de tormenta), y un modelo sedimentológico construido combinando formulas de deposición y de resuspensión de sedimentos finos aplicadas localmente.

Las simulaciones se realizaron para un dominio acotado donde se podía representar los alrededores de la isla de protección sin ser afectados por las condiciones de borde.

PRINCIPALES RESULTADOS

La isla produce una disminución de la velocidad de la corriente en sus dos frentes y un incremento compensatorio en la zona lateral, sedimentando en ambas zonas frontales y erosionando en las laterales. Se detectó un patrón morfológico compuesto por dos barras longitudinales que arrancan desde cada uno de los dos frentes de la isla y fosos de erosión a ambos lados de la isla (la barra que se extiende hacia el océano será más larga y alta debido a la corriente de deriva). Las olas limitan la altura de las crestas de las barras adyacentes a los frentes de la isla. El proceso evoluciona hasta que las formas se estabilizan.

Se concluyó que la longitud de las barras serán de entre 1 y 3 km y la altura máxima estará comprendida entre 3 y 6 m.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Menéndez, A. N., Castellano, R., Simulation of sedimentation in an estuary due to an artificial island. *4th International Conference Hydro Informatics 2000*, Cedar Rapids, Iowa, USA, July.

| TRANSPORTE DE SEDIMENTOS | | # 04 |
|--|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Modelación del transporte de sedimentos puestos en suspensión por actividades de dragado en el Río de la Plata, para la generación en tiempo real de pronósticos de afectación de áreas costeras. | | |
| AUTORES | | |
| Cardini, J.C., Garea, M., Campos, M.R. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Serman & Asociados S.A. | | |
| TIPO | | |
| Comunicación a Congreso (<i>MECOM 2002 – First South-American Congress on Computational Mechanics</i>). | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2002 | - | 18 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Determinar a qué distancia de la costa debía disponerse el material dragado como producto del tendido de un gasoducto troncal debajo del lecho del Río de la Plata (desde Punta Lara, en Argentina, hasta Colonia en Uruguay), así como que condiciones meteorológicas críticas que pudieran provocar el acercamiento de la pluma de sedimentos a las tomas de agua tomas de agua de la ciudad de La Plata (Argentina). | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata, con énfasis en el Río de la Plata Superior. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| Se implementó el modelo hidrodinámico bidimensional RMA-2, mediante el cual se representó la dinámica de todo el Río de la Plata, con una discretización especial en la zona de interés, para condiciones típicas de marea astronómica y marea meteorológica (crecientes y bajantes pronunciadas). Los estudios de dispersión y transporte de los materiales puestos en suspensión se realizaron con el modelo sedimentológico bidimensional SED2D-WES2, que fu acoplado al modelo hidrodinámico. | | |
| PRINCIPALES RESULTADOS | | |
| Se desarrolló un sistema de pronóstico a 60 horas de la posición de la pluma | | |

generada en el punto de descarga del material: i) simulación hidrodinámica diaria, ii) se especifican las condiciones de producción de la draga para el mismo período de 24 hs, y se obtienen las concentraciones de sedimento en suspensión del día precedente, iii) se compara la pluma simulada con los valores de turbidez registrados el día anterior, ajustándose los datos de tamaño de grano o los coeficientes de dispersión, iv) aceptado el resultado sedimentológico del día anterior, se simula la hidrodinámica a 60 horas utilizando pronósticos de viento, v) se especifican las producciones probables de dragado para el período de pronóstico, y vi) se determina la posición probable de la pluma en el período de pronóstico.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

-

| TRANSPORTE DE SEDIMENTOS | | # 05 |
|---|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Propiedades de transporte del Río de la Plata: estudio mediante modelación hidrodinámica tridimensional e imágenes satelitales. | | |
| AUTORES | | |
| Van Avermaete, F.J. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Facultad de Ingeniería (FI), Universidad de Buenos Aires (UBA). | | |
| TIPO | | |
| Tesis de Grado (<i>Ingeniería Civil – UBA</i>) | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2004 | - | 111 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Realizar un estudio de las características hidrodinámicas y del fenómeno de transporte de sedimentos en el Río de la Plata, mediante el uso conjunto de técnicas de simulación numérica e información satelital. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Como primer paso, se estudiaron las capacidades y limitaciones del software a utilizar (COHERENS), realizándose una serie de ensayos para evaluar el comportamiento de los diferentes esquemas de advección y turbulencia disponibles.</p> <p>Se implementó un modelo para el Río de la Plata, y se procedió a calibrar y validar la hidrodinámica del mismo. Se estudiaron los patrones del transporte de sedimentos en el estuario a partir de una simulación con una carga de sedimentos <i>conservativa</i>. La calibración del módulo de transporte de sedimentos, fue realizada ajustando parámetros que afectan los fenómenos de deposición y resuspensión, y comparando con datos de campo e imágenes sensoriales AVHRR (la banda 1, que es la que mejor se adapta al estudio de sedimentos en agua).</p> <p>Finalmente, fueron correlacionados los resultados del modelo, la información de campo y la información proveniente de los sensores remotos.</p> | | |
| PRINCIPALES RESULTADOS | | |

Se implementó un modelo del Río de la Plata debidamente calibrado y validado, con una discretización horizontal de 1000m x 1000m y una discretización vertical de 2 capas en la coordenada n-sigma.

El modelo representó bien el fenómeno de transporte de sedimentos a nivel cualitativo, mostrando claramente los corredores de flujo, las corrientes litorales y los campos superficiales de sedimentos compatibles con las imágenes satelitales.

Se pudo observar que si bien los corredores se mantienen en el tiempo, su área de influencia depende de la relación de caudales de los tributarios.

Las correlaciones obtenidas entre los resultados de la simulación y los datos medidos mostraron buenas performance cuando se consideró solo el Río de la Plata Interior (zona de mayor estabilidad temporal). Para el caso de correlaciones entre imágenes y simulaciones, solo se obtuvieron resultados aceptables en la misma zona.

Pudo también observarse un alto grado de coincidencia, a nivel cualitativo, en la comparación del campo de concentración superficial de sedimentos simulado y el obtenido a partir de una imagen satelital.

La adopción del esquema UPWIND resultó suficiente para representar el fenómeno de transporte, teniendo en cuenta el alto costo de CPU que implica un cambio hacia un esquema TVD (que resulta menos difusivo y el doble de costoso).

DOCUMENTOS RELACIONADOS

-

| TRANSPORTE DE SEDIMENTOS | | # 06 |
|--|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Modelación hidrosedimentológica del Río de la Plata. | | |
| AUTORES | | |
| Piedra-Cueva, I., Lorenzo, E., Fossati, M., Bellón, D., Ezzatti, P. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA), Facultad de Ingeniería (FI), Universidad de la República (UDELAR), Uruguay. | | |
| TIPO | | |
| Informe (<i>Proyecto de investigación PDT S/C/OP/19/04 UDELAR</i>) | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2006 | - | 233 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| <p>Implementar y desarrollar una herramienta numérica capaz de predecir el funcionamiento hidrodinámico y el transporte de sedimentos en el Río de la Plata.</p> <p>Este objetivo general se detalla en los siguientes objetivos específicos: i) Implementación y calibración de un modelo numérico hidrodinámico baroclínico tridimensional en el Río de la Plata, que permita la modelación del frente salino; ii) Modificación del código de cálculo del modelo hidrodinámico tridimensional RMA-10, destinado a incrementar la velocidad de cálculo; iii) Implementación de un modelo numérico tridimensional de transporte de sedimentos finos acoplado al módulo hidrodinámico; iv) Generación y análisis de registros de corrientes efectuados en las proximidades de Montevideo.</p> | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata y su Frente Marítimo. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>La modelación ha sido encarada a través de la implementación de un modelo tridimensional capaz de simular el campo de velocidades, los niveles, salinidad y concentración de sedimento en suspensión en el Río de la Plata y su Frente Marítimo. A partir estos resultados, se implementó el modelo de transporte de sedimentos finos para estudiar dinámicamente el movimiento del frente de turbidez y su respuesta frente a diferentes patrones de corriente y salinidad, y además poder determinar la tasa de sedimentación en las vías navegables.</p> <p>En particular, se implementaron y calibraron los modelos tridimensionales</p> | | |

RMA-10 y MOHID en el Río de la Plata y su Frente Marítimo. Se modificó el código de cálculo del modelo RMA-10, destinado a incrementar la velocidad de cálculo.

Se implementó el módulo de transporte de sedimentos finos en el Sistema MOHID, que luego fue aplicado para obtener curvas de distribución espacial de concentración de sedimento en suspensión para diferentes escenarios de interés.

Se realizó una aplicación al Puerto de Montevideo (en una malla de detalle) del modelo sedimentológico, que muestra el valor y utilidad de la herramienta en desarrollo, y en la cual se busca calcular la tasa de sedimentación en el canal de acceso portuario.

Además, se generaron (con dos ADCP) y analizaron registros de corrientes efectuados en las proximidades de Montevideo y se determinaron concentraciones de sedimento en suspensión a través del análisis de la señal acústica del ADCP.

PRINCIPALES RESULTADOS

El modelo RMA-10 en su versión tridimensional se aplicó con éxito, pero por disponibilidad de tiempo computacional, solo fue posible discretizarlo con dos capas en la vertical. Considerando las limitaciones del RMA-10 en la representación de los procesos turbulentos, y el alto costo computacional, se optó para el estudio sedimentológico tridimensional el modelo numérico MOHID.

La aplicación del MOHID al Río de la Plata muestra que el modelo representa correctamente las variaciones espaciales y temporales de las velocidades y de la elevación de la superficie, y resulta factible utilizarlo para otras aplicaciones, como transporte de sustancias, transporte de sedimentos, etc.

Se detectó que, en el RMA-10, la resolución de los sistemas lineales presentes en la resolución de sistemas no lineales, es la principal fuente de consumo de tiempo de máquina. Se presentó una versión secuencial de esta rutina con mejoras de tiempo notables.

El modelo sedimentológico que se intentó implementar resuelve las ecuaciones de advección-difusión de una sustancia (sedimentos finos), considerando un término fuente (resuspensión) y uno sumidero (deposición). El sedimento de fondo, en la interfase sedimento-agua, se representó con una capa de 0,5 m (15 capas de discretización vertical). Como condición inicial se impuso una concentración igual a cero para el sedimento en suspensión y un valor uniforme (alto) para el sedimento de fondo en todo el dominio. Los parámetros del modelo se ajustaron considerando situaciones medias, comparando posiciones del frente de turbiedad, y obteniendo un buen acuerdo general.

Se pudo observar que, considerando como único forzante exterior la marea astronómica, en la zona de Montevideo no se genera una estratificación importante en la concentración de sedimento en suspensión, la zona de Colonia se presenta con erosión predominante, y la zona de Buenos Aires muestra predominancia de la deposición.

Para el caso del análisis de la sedimentación en el Puerto de Montevideo, se implementó en modelo 'MOHID' un submodelo de detalle, que fue

consistentemente calibrado y validado. Por problemas del código, en este submodelo no se pudo implementar el modelo sedimentológico.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Fossati, M., Fernández, M., Piedra-Cueva, I., 2008. Modelación hidrodinámica tridimensional del Río de la Plata utilizando modelos encajados. *XXIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica*, Cartagena de Indias, Colombia. Septiembre.

Ezzatti, P., Fossati, M., 2009. Mejora del desempeño computacional del modelo RMA-11. Reporte Técnico RT 09-02. PEDECIBA Informática, Instituto de Computación (FI), UDELAR

Ezzatti, P., Fossati, M., Piedra-Cueva, I., 2011. An efficient version of the RMA-11 model. *CLEI Electronic Journal*, 14(2):4, August.

| TRANSPORTE DE SEDIMENTOS | | # 07 |
|--|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Análisis del avance del Frente del Delta del Río Paraná. | | |
| AUTORES | | |
| Sarubbi A. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Programa Hidráulica Computacional (PHC), Laboratorio de Hidráulica (LH), Instituto Nacional del Agua (INA). Facultad de Ingeniería (FI), Universidad de Buenos Aires (UBA). | | |
| TIPO | | |
| Tesis de grado (<i>Ingeniería Civil – UBA</i>) | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2007 | - | 145 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Analizar el avance del Frente del Delta del Río Paraná y comprender su dinámica en función del transporte de sedimentos del Río Paraná y el condicionamiento de la hidrodinámica del Río de la Plata Superior. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata Superior | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se presenta la implementación y calibración de un modelo hidrodinámico - sedimentológico - morfológico sobre una escala de tiempo, que simula el avance del Frente del Delta del río Paraná a gran escala durante el siglo XX.</p> <p>Para la implementación del módulo hidrodinámico (<i>modelo mecánico</i>) se utilizó el software HIDROBID II. Los forzantes de la hidrodinámica del sistema, a la escala de análisis, son los caudales líquidos de los tributarios que desembocan sobre el Frente del Delta y la onda de marea.</p> <p>El modelo sedimentológico (<i>modelo conceptual</i>) se basa en la determinación de tasas de sedimentación conociendo la hidrodinámica del sistema. Se consideró que las arenas finas son las que efectivamente generan el afloramiento del nuevo Frente. Para el cálculo morfológico se consideró el caudal sólido de los tributarios para obtener el volumen de arenas finas disponible para la sedimentación, que se distribuye entre las celdas adyacentes al Frente. El criterio de distribución consiste en asignar volumen de sedimentos sucesivamente a celdas de acuerdo al ranking de tasa de</p> | | |

sedimentación promedio (sobre el ciclo de marea), hasta completar el total del volumen disponible.

La calibración de los módulos sedimentológico y morfológico se realizó comparando los frentes simulados con aquellos obtenidos de cartografía.

Se plantearon tres escenarios futuros para proyectar el avance del Frente del Delta, en función de la carga de arenas finas del sistema, que corresponden a situaciones de mínimo, medio y máximo caudal sólido.

PRINCIPALES RESULTADOS

Se cuantificó y caracterizó la carga de lavado y de sedimentos en suspensión y de fondo transportados por el Río Paraná. En el Delta se deposita prácticamente la totalidad de la arena transportada y sólo una parte menor de los limos y arcillas. Las arenas tienen preponderancia en el crecimiento en longitud (bancos), mientras que los limos tienen mayor peso en el crecimiento en cota por sobre el nivel del agua. Las arenas finas transportadas por el Paraná se depositan en el Frente del Delta, provocando su avance. Se observó una marcada caída de la carga sólida por el impacto de las grandes presas construidas en el Alto Paraná a partir de 1975.

Se identificaron dos frentes principales de avance: uno en torno al Paraná Guazú y otro asociado al Paraná de las Palmas. En cada uno de ellos se distinguieron dos subfrentes, uno al Norte y otro al Sur. Las tasas de avance son variables: 0-25 m año⁻¹ en el subfrente del Paraná Guazú, y 50-75 m año⁻¹ en el del Paraná de las Palmas.

Las simulaciones de los escenarios futuros muestran un crecimiento del Delta del río Paraná hacia el año 2120. Las mayores deposiciones se concentrarían en dos zonas: una al Norte en torno a la zona de islas, y otra en correspondencia con el subfrente Sur del Paraná de las Palmas.

Hacia fines de siglo el Frente del Delta podría llegar hasta Vicente López. Una parte del Canal Mitre quedará encajonada, lo cual afectará la estrategia de dragado. Se verán afectadas las tasas de sedimentación en los puertos de los partidos de San Isidro y Vicente López. La toma de agua de Palermo podría presentar inconvenientes para los escenarios de media y máxima.

Las descargas de efluentes domésticos desde el emisario Berazategui y del futuro emisario "Dock Sud" no se verían afectadas.

Se generó una Base de Datos Cartográficos del Delta del Río Paraná y se construyó un Sistema de Información Geográfica (SIG) para visualización de los resultados del modelo.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Sarubbi, A., Menéndez, A. N., 2007. Un modelo numérico para representar el avance del Frente del Delta del Río de la Plata a escala secular. *XVI Congreso sobre Métodos Numéricos y sus Aplicaciones, ENIEF'2007*, Córdoba, Octubre.

Menéndez, A. N., Sarubbi, A., 2007. A model to predict the Paraná Delta Front advancement. *Workshop on Morphodynamic Processes in Large Lowland Rivers*, Santa Fe, Argentina, November.

| TRANSPORTE DE SEDIMENTOS | | # 08 |
|---|-----------------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Modelación del impacto de un relleno costero sobre la dinámica del Río de la Plata. Informe de Avance 3. | | |
| AUTORES | | |
| Re, M., Menéndez, A.N. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Programa Hidráulica Computacional (PHC), Laboratorio de Hidráulica (LH), Instituto Nacional del Agua (INA). | | |
| TIPO | | |
| Informe | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2009 | Informe LHA 04-300-09 | 49 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| <p>Producir una evaluación del impacto hidráulico que generarán en su entorno algunas variantes de un relleno costero en la ciudad de Buenos Aires, mediante modelación numérica.</p> <p>En particular, interesa establecer la afectación sobre dos de los usos más significativos del Río de la Plata en su zona de influencia: las descargas del agua de refrigeración (pluma térmica) de la Central Costanera – que podría impactar sobre sus obras de toma – y la sedimentación en el Canal de Acceso Sur.</p> | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata Interior. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>El modelo (basado en el sistema de modelación MOHID) se implementó en tres dominios anidados: #1: Río de la Plata Interior, llegando hasta la línea imaginaria Punta Piedras (Argentina) – Punta del Tigre (Desembocadura del río Santa Lucia, Uruguay). #2: costa del Río de la Plata Superior, aproximadamente desde San Isidro hasta Ensenada. #3: desde cercanías del puerto de Buenos Aires hasta Quilmes.</p> <p>Se definieron tres escenarios hidrodinámicos de validación: i) Escenario Medio: un período con una situación de vientos suaves (representativa de un escenario hidrodinámico medio), ii) Escenario de Campaña: el período de una campaña de mediciones efectuada ad-hoc en la zona de estudio y, iii)</p> | | |

Escenario de Extremos, una Bajante y una Sudestada.

Se establecieron las zonas de impacto en función de cuatro indicadores que cuantifican los efectos del relleno sobre la velocidad de la corriente, la distribución de sobretemperaturas y la tasa de sedimentación: #1, Módulo de la diferencia de velocidades para los instantes de máxima velocidad en creciente y máxima velocidad en bajante (que son los instantes de máximo impacto de la presencia del relleno), que es un indicador del cambio tanto de la intensidad como de la dirección de la velocidad. Este indicador es significativo para analizar impactos sobre la navegación; #2, Diferencia del módulo de las velocidades para los instantes de máxima velocidad en creciente y máxima velocidad en bajante, que es un indicador del cambio de intensidad de la velocidad. Este indicador también es relevante para analizar afectación a la navegación. #3, Diferencia de temperatura para los instantes de máxima velocidad en creciente y máxima velocidad en bajante, que es un indicador del impacto de la pluma térmica generada por la descarga de la Central Costanera; #4, Diferencia entre el valor medio del factor de Krone

PRINCIPALES RESULTADOS

El estudio muestra que la metodología desarrollada, incluyendo la definición de los indicadores, es apta para cuantificar el impacto hidráulico de obras que implican cambios morfológicos costeros.

En particular, la aplicación de esta metodología al problema de un relleno costero en la Ciudad de Buenos Aires demuestra lo siguiente: (i) una zona de aproximadamente 2 km de longitud y 700 m de ancho sufrirá un cambio significativo en la velocidad del flujo; lo que podría afectar negativamente a la navegación deportiva; por el contrario, la navegación comercial es impactada positivamente debido al decrecimiento en los valores de las velocidades perpendiculares al eje del canal de navegación; (ii) la pluma de temperatura de la Central Costanera afectará solamente las zonas cercanas a las costas de los rellenos, pero no la costa existente; (iii) una relativamente fina 'aureola' (de 100 a 200 m de ancho) de mayor deposición se producirá alrededor de los rellenos, pero no impactará en la sedimentación en los canales de navegación.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Re, M., Menéndez, A.N., 2008. Modelación del impacto de un relleno costero sobre la dinámica del Río de la Plata. Informe de Avance 1. Informe LHA 02-300-08.

Re, M., Menéndez, A.N., 2009. Modelación del impacto de un relleno costero sobre la dinámica del Río de la Plata. Informe de Avance 5. Informe LHA 06-300-09.

Re, M., Lecertúa, E. A., García, P. E., Menéndez, A. N., 2009. Zoning for hydraulic impact studies on the coastal zone of the Plata River. *6th. Symposium on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics, RCEM*, Santa Fe, Argentina, September.

Re, M., García, P. E., Lecertúa, E. A., Menéndez, A. N., 2010. Modelación del impacto hidráulico de un relleno costero en zona compleja, *XXIV Congreso Latinoamericano de Hidráulica*, Punta del Este, Uruguay, Noviembre.

| TRANSPORTE DE SEDIMENTOS | | # 09 |
|--|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| Dinámica de los sedimentos finos en el Río de la Plata. | | |
| AUTORES | | |
| Simionato, C.G., Moreira, D., Nuñez, M.N., Cayocca, F., Piedra-Cueva, I., Fossati, M., Guerrero, R., Menéndez, A.N., Re, M. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Centro de Investigación del Mar y la Atmósfera (CIMA), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET) - Universidad de Buenos Aires (UBA). Instituto Francés para la Explotación del Mar (IFREMER), Francia Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA), Facultad de Ingeniería (FI), Universidad de la República (UDELAR), Uruguay. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP) Programa Hidráulica Computacional (PHC), Laboratorio de Hidráulica (LH), Instituto Nacional del Agua (INA). | | |
| TIPO | | |
| Informe (<i>Proyecto FREPLATA-FFEM</i>) | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2011 | Informe Final | 525 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Comenzar a comprender la dinámica de sedimentos en el Río de la Plata de manera integral a escala regional. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata y Frente Marítimo. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Se realizaron tareas de adquisición de datos iniciadas en 2009 y que se prolongaron hasta fines 2010, involucrando la instalación de estaciones fijas y de una boya oceanográfica, la realización de siete campañas oceanográficas específicas, la adquisición y calibración de imágenes satelitales diarias de material en suspensión y clorofila-a de alta resolución, y experimentos de laboratorio, con la colaboración científico-técnica de Instituciones de los países a ambos lados del río.</p> <p>Específicamente en cuanto a la modelación matemática de los procesos, se llevaron a cabo tareas de simulación numérica con el software MARS-3D (Model for Applications at Regional Scale) de IFREMER, que fue</p> | | |

implementado en dominios anidados de alta resolución. El modelo hidrodinámico fue calibrado y validado con velocidades de corriente y niveles en distintas estaciones de control. El modelo sedimentológico se calibró a partir de una serie de mediciones de sedimentos en suspensión en la ruta de navegación, y luego validado con datos de las campañas realizadas durante el proyecto.

PRINCIPALES RESULTADOS

La colección de datos remotos e in situ, conjuntamente con la aplicación de modelos numéricos al estudio de la dinámica hidrosedimentológica, ha contribuido significativamente a mejorar el conocimiento de los procesos que ocurren en el Río de la Plata.

Los datos in situ permitieron, por primera vez, estudiar la variabilidad temporal de numerosos parámetros oceanográficos en la región y su covariabilidad. Los resultados muestran que estos parámetros y la turbidez exhiben gran variabilidad en todas las escalas de tiempo observadas, desde la estacional a la subanual. La asociación de esta gran variabilidad con la de la atmósfera sugiere que este sistema responde rápida e intensamente a cambios en sus forzantes.

Los resultados del análisis de las imágenes satelitales de sedimentos inorgánicos en suspensión en superficie indican que su concentración es máxima a lo largo de la costa argentina del Río de la Plata Interior, lo que está vinculado con la mayor carga de sedimentos del río Paraná respecto del Uruguay y con las corrientes de marea más intensas.

Los resultados del análisis de las imágenes de clorofila-a sugieren que esta variable está condicionada por los sedimentos y estrechamente ligada con la hidrodinámica.

La interpretación de los datos disponibles muestra que las texturas de sedimentos de fondo predominantes son consistentes con la hidrodinámica de los corredores de flujo y la concentración de sedimentos en suspensión.

Se efectuaron simulaciones numéricas de la dinámica sedimentológica forzada por la descarga continental (fue desarrollada una metodología para la obtención de series temporales diarias de descarga sólida en los ríos Paraná de las Palmas y Guazú basada en datos continuamente accesibles), el viento local y la marea astronómica.

La comparación de las soluciones numéricas obtenidas con los datos adquiridos durante las campañas oceanográficas muestra que el modelo reproduce adecuadamente el orden de magnitud y el rango de variabilidad exhibido por las observaciones. La comparación con observaciones satelitales MODIS indica que, con el grado actual de desarrollo, el modelo reproduce razonablemente las zonas de máxima concentración de sedimentos suspendidos en varias zonas del Río de la Plata Interior.

El análisis de las simulaciones permitió hacer inferencias acerca de los procesos físicos que determinan la dinámica sedimentológica en el Río de la Plata. En este sentido, se concluye que éste puede dividirse en cuatro regiones fundamentales en términos de dichos procesos: i) En el Río de la Plata Superior la dinámica está dominada por la deposición de sedimentos provenientes de los tributarios y, en menor medida, por la marea. En esta

región el viento impacta como tercer forzante en orden de magnitud, advectando el sedimento junto con el agua; ii) En el Río de la Plata Medio la concentración de los sedimentos en suspensión se reduce significativamente, como consecuencia de que los sedimentos decantan mayoritariamente en la región precedente; iii) En proximidades y al norte de Punta Piedras, en condiciones hidrometeorológicas moderadas, los sedimentos son resuspendidos por efectos de la marea, que incrementa su magnitud significativamente hacia la Punta. En cambio, durante las grandes tormentas esta región probablemente se rellene, de modo de conducir al relativo equilibrio morfológico observado en la naturaleza. En esta zona se observa una fuerte vinculación entre la concentración de los sedimentos suspendidos y los ciclos de sicigias y cuadraturas de la marea; iv) En la región comprendida entre Punta Piedras y Montevideo y la Barra del Indio, en condiciones hidrometeorológicas moderadas se produce la deposición del sedimento resuspendido en la zona anterior. Aquí el efecto del viento es máximo y el de la marea mínimo. Durante las grandes tormentas, se resuspende el material depositado, generando erosión del fondo.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Informes de Avance del Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA/CONICET-UBA), 2008-2011, producidos por: M.N. Nuñez, C.G. Simionato, A. Fernández, M. González, D. Moreira y A. Rolla.

Informes de Avance del Instituto Nacional del Agua (INA), 2008-2011, producidos por: A.N. Menéndez, M. Re, A. Sarubbi y M. Sabarots Gerbec.

Informes de Avance del Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental (IMFIA/UR), 2008-2011, M. Fossati y I. Piedra-Cueva.

Moreira, D., Simionato, C.G., Tessier, C., Núñez, M.N., Cayocca, F., Fossati, M., Sarubbi, A., Re, M., 2009. Primeros resultados de la implementación de un modelo hidrodinámico de alta resolución para estudiar la dinámica de los sedimentos en el Río de la Plata, *VII Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar*, Bahía Blanca, Diciembre.

Simionato, C.G., Moreira, D., Piedra-Cueva, I., Fossati, M., Re, M., Sabarots Gerbec, M., Menéndez, A.N., Cayocca, F., 2011. Proyecto FREPLATA-FFEM Modelado numérico y mediciones in-situ y remotas de las transferencias de sedimentos finos a través del Río de la Plata. Parte B: Simulaciones numéricas, *Revista Frente Marítimo*, 22, 265-304.

Simionato, C.G., Moreira, D., Re, M., Fossati, M. 2011 Estudio de la dinámica Hido-sedimentologica del Río de la Plata: observación y modelación numérica de los sedimentos finos. Proyecto FREPLATA. ISBN 978-92-990052-9-3

| TRANSPORTE DE SEDIMENTOS | | # 10 |
|---|----------------|----------------|
| NOMBRE | | |
| A coupled hydro-sedimentologic model to assess the advance of the Parana River Delta Front. | | |
| AUTORES | | |
| Badano, N.D., Sabarots Gerbec, M., Re, M., Menéndez, A.N. | | |
| INSTITUCIONES | | |
| Programa Hidráulica Computacional (PHC), Laboratorio de Hidráulica (LH), Instituto Nacional del Agua (INA). | | |
| TIPO | | |
| Comunicación a Congreso (<i>River Flow 2012</i>) | | |
| AÑO | VOLUMEN | PÁGINAS |
| 2012 | - | 8 |
| OBJETIVOS DEL ESTUDIO | | |
| Determinar cómo llegan y cómo se distribuyen las concentraciones de sedimentos en suspensión en la zona del Frente del Delta del río Paraná, modelando los procesos de advección y difusión de las mismas, e incluyendo los procesos de deposición y resuspensión. | | |
| ZONA DE ESTUDIO | | |
| Río de la Plata Superior. | | |
| METODOLOGÍA DEL ESTUDIO | | |
| <p>Al <i>solver</i> para resolver las <i>Shallow Water Equations</i> para flujo invíscido (llamado <i>shallow Water Foam</i> y distribuido con OpenFOAM), se le agregaron los términos faltantes para resolver la hidrodinámica de este problema: tensión de corte de fondo y tensión de corte turbulenta. El código resultante fue validado con los resultados del software HIDROBID II que resuelve las mismas ecuaciones.</p> <p>Al modelo hidrodinámico resultante se le acopló un modelo sedimentológico, resolviendo la ecuación de conservación de la masa de sedimentos en suspensión incorporando los procesos de advección y difusión de los sedimentos, así como su deposición y resuspensión.</p> <p>El modelo hidro-sedimentológico desarrollado se aplicó al estudio del avance del Frente del Delta en un dominio enmarcado en el Río de la Plata Superior. Los forzantes determinantes la dinámica del sistema, a la escala de análisis, son los caudales líquidos y sólidos de los tributarios que desembocan y la</p> | | |

onda de marea astronómica que se propaga desde el océano (anulando el efecto de los campos de vientos debido a la representación de condiciones medias anuales).

Para la validación del modelo hidrodinámico se utilizó una serie de velocidades de corriente para un período de vientos suaves. Para validar el avance del Delta (modelo sedimentológico), se realizó una simulación del período 1994-2007, contándose con las cartas náuticas e imágenes satelitales de 1994 y 2007 para determinar el avance en ese período.

Con el modelo calibrado y validado se realizaron simulaciones de tiempos largos estableciendo proyecciones futuras de avance del Frente del Delta.

Se realizó una simulación base para el período 2007-2040 manteniendo los mismos parámetros y descargas que durante el período de calibración, estableciendo una línea de base para evaluar el comportamiento del sistema en marco del Cambio Climático.

También se simularon escenarios de cambio climático para el mismo período. En uno de ellos se tomó una tasa de aumento del nivel medio del mar de $1,7 \text{ mm año}^{-1}$. En un segundo escenario, se incrementó la carga de sedimentos a una tasa de $69000 \text{ ton año}^{-1}$ y en otro se disminuyó la carga a $48000 \text{ ton año}^{-1}$.

PRINCIPALES RESULTADOS

Se desarrolló e implementó un modelo hidro-sedimentológico-morfológico integrado en el Frente del Delta del río Paraná. Los resultados de la simulación del período 1994-2007 indican que las hipótesis de modelación son adecuadas y que llevan a la modelación a un buen acuerdo con las observaciones.

La simulación base indicó que las mayores tasas de crecimiento del Delta deben ser esperadas en dos zonas: entre el Paraná Mini y el Paraná de las Palmas, y entre el Canal del Este y el río Urión; con un área media de crecimiento de $1,6 \text{ km}^2 \text{ año}^{-1}$.

Las simulaciones futuras indican que el aumento del nivel medio del mar es un factor clave, mostrando una reducción de la tasa de crecimiento. El efecto de la variación en las cargas de sedimentos es poco significativo.

El kit de herramientas OpenFOAM ha permitido el desarrollo de un modelo personalizado con relativa facilidad.

DOCUMENTOS RELACIONADOS

Badano, N.D., Sabarots Gerbec, M., Re, M., Menéndez, A.N., 2011. Desarrollo y aplicación de un modelo acoplado hidrodinámico-sedimentológico basado en OpenFOAM. *XIX Congreso sobre Métodos Numéricos y sus Aplicaciones, ENIEF 2011*, Rosario, Argentina.

3 BASE DE DATOS

Junto con este informe se presenta la primera versión de una base de datos donde se encuentran las fichas de los trabajos analizados, como aquellos documentos que se encuentran en formato digital (tanto los documentos en que se basaron las fichas como aquellos documentos relacionados). Esta base de datos, denominada **DBrdp v1.0**, se presenta en un CD interactivo (Figura 1) desde donde se puede acceder de manera sencilla a la información requerida.



Figura 1. CD adjuntado al informe donde se presenta la Base de Datos DBrdp v1.0.

Al ser leído el CD, se despliega automáticamente un documento hipertextual que contiene a la base de datos (en caso de no ocurrir esto, puede ser accedido mediante cualquier navegador de páginas web). En este documento (Figura 2) se encuentra el listado de documentos fichados con sus documentos relacionados, y con sus respectivos enlaces(links) hacia las versiones digitales de las fichas y los documentos. Los links disponibles se resaltan en negrita.

DBrdp v1.0

Antecedentes sobre calidad del agua del Río de la Plata
Componente B: Modelación de calidad de agua
 RECOPIACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE ANTECEDENTES - BASE DE DATOS



Mariano Re, María Fernanda Lopolito y Angel N. Menéndez

Proyecto PNUD ARG/09/G46: "Reducción y prevención de la contaminación de origen terrestre en el río de la plata y su frente marítimo mediante la implementación del programa de acción estratégico de FREPLATA". Proyecto FREPLATA II.








Hidrodinámica

1976 - Aspectos de un modelo hidrodinámico para el estuario del Río de la Plata.
 Makler, S.
 DOC | [FICHA #01](#)

1986 - Simulación numérica de la circulación en el Río de la Plata.
 Molinari, G.N.
 DOC | [FICHA#02](#)

1985 - *Simulación numérica de flujos cuasi-bidimensionales a superficie libre* - Menéndez, A.N. | DOC

1987 - Análisis de la hidrodinámica del Río de la Plata a partir de una simulación numérica.
 Albarracín, J.I.
 DOC | [FICHA #03](#)

Figura 2. Base de Datos DBrdp v1.0. Estructura.

Esta primera versión de la base de datos **DBrdp v1.0** es factible de ser ampliada en el futuro a partir de la incorporación de nuevos documentos digitalizados.

REFERENCIAS

- Albarracín, J.I., 1987. Análisis de la hidrodinámica del Río de la Plata a partir de una simulación numérica. Informe LHA 065-001-88, pp. 147.
- Badano, N.D., Sabarots Gerbec, M., Re, M., Menéndez, A.N., 2011. Desarrollo y aplicación de un modelo acoplado hidrodinámico-sedimentológico basado en OpenFOAM. XIX Congreso sobre Métodos Numéricos y sus Aplicaciones, ENIEF 2011, Rosario, Argentina.
- Badano, N.D., Sabarots Gerbec, M., Re, M., Menéndez, A.N., 2012. A coupled hydro-sedimentologic model to assess the advance of the Parana River Delta Front. River Flow 2012, San Jose, Costa Rica, September.
- Bottelli D., Montes S., Baione B., 2004. Emisario Berazategui. Análisis de la dispersión – Campo lejano. Aguas Argentinas, pp. 56.
- Cardini, J.C., Garea, M., Campos, M.R., 2002. Modelación del transporte de sedimentos puestos en suspensión por actividades de dragado en el Río de la Plata, para la generación en tiempo real de pronósticos de afectación de áreas costeras. MECOM 2002, First South-American Congress on Computational Mechanics, Santa Fe-Paraná, Argentina, Octubre.
- Carreras, P.E., Menéndez, A.N., 1987. Proyecto de tratamiento y disposición de efluentes domésticos del Gran Buenos Aires. Modelo matemático hidrodinámico. Informe LHA-INCYTH 070-002-88.
- Carreras, P.E., Menéndez, A.N., 1988. Proyecto de tratamiento y disposición de efluentes domésticos del Gran Buenos Aires. Modelos matemáticos de dispersión de contaminantes. Informe LHA-INCYTH 070-003-88.
- Carreras P., Menéndez A. N., 1988. Tratamiento y disposición de efluentes cloacales del Gran Buenos Aires en el Río de la Plata. Informe LHA- INCYTH 070-004-88, pp. 65.
- Carreras, P.E., Menéndez, A.N., 1989. Modelación matemática de la dispersión de un contaminante, Cuarta Reunión Técnica sobre Desarrollo Tecnológico y Tecnologías Apropriadadas para el Saneamiento, Buenos Aires, Abril.
- Carreras, P.E., Menéndez, A.N., 1989. Proyecto de tratamiento y disposición de efluentes domésticos del Gran Buenos Aires. Modelación de la Contaminación en la Costa. Informe LHA-INCYTH 070-007-89.
- Carreras, P.E., Menéndez, A.N., 1990. Mathematical simulation of pollutant dispersion, Journal of Ecological Modelling, 52, Noviembre.
- CDM y Asociados, 1982. Informe final sobre los modelos desarrollados por CDM y Asociados para determinar la calidad de las aguas costeras del Río de la Plata entre Punta Lobos y el Arroyo Carrasco.
- CDM y Asociados, 1985. Saneamiento Urbano de Montevideo, Estudio de factibilidad para la zona al oeste de Punta Carreta.

- Destuynder V., Tarela P., 2002. Modelación de la Cuña Salina del Río de la Plata. XX Congreso Latinoamericano de Hidráulica, La Habana, Cuba, Octubre.
- Destuynder, V., 2002. Modelación hidrodinámica tridimensional del Río de la Plata, Informe INA LHA-214-01-02.
- EIH (Estudio de Ingeniería Hidráulica S.A.), 1998. Modelo de Calidad de Agua de la Franja Costera del Río de la Plata. Memoria Técnica – Doc. D: Anexo 8: “Modelización Matemática de los Ríos”. (Anexo 8.1: Modelo de Calidad de Agua de la Franja Costera del Río de la Plata - Informe de Etapa I – Vol. 1 y 2) del Plan de Saneamiento Integral.
- Ezzatti, P., Fossati, M., 2009. Mejora del desempeño computacional del modelo RMA-11. Reporte Técnico RT 09-02. PEDECIBA Informática, Instituto de Computación (FI), UDELAR.
- Ezzatti, P., Fossati, M., Piedra-Cueva, I., 2011. An efficient version of the RMA-11 model. CLEI Electronic Journal, 14(2):4. August.
- Fernández, M., Fossati, M., Piedra-Cueva, I., 2011. 3D Lagrangian Modeling of Montevideo’s Submarine Outfall Plume. International Symposium on Outfall Systems, Mar del Plata, Argentina.
- Fossati, M., Piedra-Cueva, I., 2003. Salinity simulations of the Río de la Plata, International Conference on Estuaries and Coasts, November 9-11, 2003, Hangzhou, China.
- Fossati, M., 2005. Modelación bidimensional del campo salino en el Río de la Plata. Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Uruguay, pp. 267.
- Fossati, M., Fernández, M., Piedra-Cueva, I., 2008. Evaluación de alternativas de descarga utilizando un modelo de transporte lagrangiano. XXIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Cartagena de Indias, Colombia.
- Fossati, M., Fernández, M., Piedra-Cueva, I., 2008. Modelación hidrodinámica tridimensional del Río de la Plata utilizando modelos encajados. XXIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Cartagena de Indias, Colombia. Septiembre.
- Fossati, M., Piedra-Cueva, I., 2008. Numerical modelling of residual flow and salinity in the Río de la Plata. Applied Mathematical Modelling, 32, pp. 1066-1086.
- Fossati, M., Urrestarazu, S., Santoro, P., Piedra-Cueva, I., 2008. Modelación de la temperatura del agua en la Bahía de Montevideo: Toma y descarga de agua de una central térmica. XXIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Cartagena de Indias, Colombia.
- Fossati, M., Fernández, M., Piedra-Cueva, I., 2009. Implementation of a 3D Lagrangian Model for evaluating submarine outfalls in the Río de la Plata coastal area. 33rd IAHR Congress: Water Engineering for a Sustainable Environment.
- Fossati, M., Santoro, P., Urrestarazu, S., Piedra-Cueva, I., 2011. Numerical study of the effect of a power plant cooling water discharge in the Montevideo Bay. Journal of Applied Mathematics, Volume 2011, 23 pp.
- Guarga R., Vinzón S., Rodríguez H., Piedra-Cueva, I., Kaplan E., 1991. Corrientes y sedimentos en el Río de la Plata. Informe CARP (Comisión Administradora del Río de la Plata), pp. 115.
- Guarga, R., Kaplan, E., Vinzón, S., Rodríguez, H., 1991. Aplicación de un modelo de circulación al Río de la Plata. Jornadas de Investigación Científica en Materia de Contaminación de las Aguas, Montevideo, Uruguay. Agosto.
- Hausstein H., 2008. Simulation of the Transport of Suspended Particulate Matter in the Río

- de la Plata. Informe Institut of Coastal Research (Department Geowissenschaften), Universität Hamburg, Alemania, pp. 115.
- Huret M., Dadou I., Dumas F., Lazure P., Garçon V., 2005. Coupling physical and biogeochemical processes in the Río de la Plata plume. *Continental Shelf Research*, 25, pp. 629–653.
- Huret, M., 2005. Apports des données 'couleur de l'eau' a la modélisation couplée physique-biogéochimie en milierdynamique côtière: Application au Rio de la Plata et au Golfe de Gascogne. Tesis de Doctorado, Universidad de Toulouse III, Francia.
- INTECSA, 1987. Plan de desarrollo a largo plazo para el Puerto de Montevideo incluyendo un estudio de las condiciones hidráulicas de la Bahía de Montevideo y del canal de acceso. *Estudios Hidráulicos y Sedimentológicos*.
- Jaime, P.R., Menéndez, A.N., 1999. Modelo Hidrodinámico "RÍO DE LA PLATA 2000". Informe LHA 01-183-99, pp. 172.
- Jaime, P.R., Menéndez, A.N., Natale, O., 2001. Balance y Dinámica de Nutrientes Principales en el Río de la Plata. Informe Proyecto INA 10.4, 01, pp. 158.
- Kaplan, 1998. A shallow water model distributed using domain decomposition. Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Uruguay.
- Kind, V.M., 2004. Desplazamiento del frente de salinidad del Río de la Plata debido al aumento del nivel medio del mar. Tesis de grado, Facultad de Ingeniería (FI), Universidad de Buenos Aires (UBA), pp. 172
- Lecertúa, E.A., 2010. Análisis de riesgo de duración de inundaciones en las áreas costeras del Río de la Plata considerando Cambio Climático. Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería (FI), Universidad de Buenos Aires (UBA), pp. 125.
- Lecertúa, E.A., Menéndez, A.N., Re, M., 2012. Mapas de Riesgo de Duración de Inundaciones en la Región Metropolitana de Buenos Aires. XXV Congreso Latinoamericano de Hidráulica, San José, Costa Rica, Septiembre.
- Makler S., 1976. Aspectos de un modelo hidrodinámico para el estuario del Río de la Plata. Laboratorio de Análisis Numérico, Instituto de Informática Hídrica (INCYTH).
- Makler S., Marshall G., Caponi E., Casañas R., 1976. Aspectos básicos de un modelo de calidad de aguas para el estuario del Río de la Plata. Informe INCYTH N° 2/76, pp. 21.
- Marazzi, M.L., Menéndez, A.N., 1991. Estudio de las corrientes en los canales de navegación en el Río de la Plata. Informe LHA 114-003-91, pp.
- Marshall, G., Moledo, L., Makler, S., 1978. Aspectos computacionales de un modelo de calidad de aguas para el estuario del Río de la Plata utilizando el método de los residuos ponderados con el criterio de Galerkin. En 'Métodos Numéricos en la mecánica del Continuo', Marshall Ed., EUDEBA, pp. 8.
- Mazio, C.A., 1990. Modelo hidrodinámico para el Río de la Plata. *Revista Frente Marítimo*, 7 (sección A), pp. 87-94.
- Mazio, C.A., Dragani, W.C., 1991. Estimación de la deriva en el Río de la Plata aplicada al transporte de contaminantes. *Jornadas de Investigación Científica en Materia de Contaminación de las Aguas*, Montevideo, Uruguay.
- Meccia, V.L., 2008. Estudios de la circulación forzada por el viento en el estuario del Río de la Plata y sus implicancias en la estratificación: resultados del análisis de datos y simulaciones numéricas. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN), Universidad de Buenos Aires (UBA), pp. 168.

- Meccia, V.L., Simionato, C.G., Fiore, M.E., D'Onofrio, E.E., Dragani, W.C., 2009. Sea surface height variability in the Rio de la Plata estuary from synoptic to inter-annual scales: Results of numerical simulations. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 85, 327–343.
- Menéndez, A.N., 1985. Simulación numérica de flujos cuasi-bidimensionales a superficie libre. Informe LHC-INCYTH S5-016-85. Ezeiza, Argentina.
- Menéndez, A.N., 1990. Sistema HIDROBID II para simular corrientes en cuencos. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 6(1), pp. 25-36.
- Menéndez, A.N., Carreras, P.E., 1990. Simulación numérica de dispersión de contaminantes, XIV Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Montevideo, Uruguay, Noviembre.
- Menéndez, A.N., 1991. Estudio con modelo matemático de la contaminación debida a fuentes urbanas en el Río de la Plata, Jornadas de Investigación Científica en Materia de Contaminación de las Aguas, Montevideo, Uruguay, Agosto.
- Menéndez, A.N., 1991. Métodos numéricos para problemas de transporte de contaminantes, XII Congreso Ibero-Latino-Americano sobre Métodos Computacionales para Ingeniería y III Congreso Argentino de Mecánica Computacional, MECOM'91, Santa Fe-Paraná, Argentina, Setiembre.
- Menéndez A.N., 1996. Disipación térmica de la descarga al Río de la Plata del agua de refrigeración de la Central Térmica Dock Sud. Informe Complementario, Ambiental S.A, pp. 4.
- Menéndez A.N., 1996. Disipación térmica de la descarga al Río de la Plata del agua de refrigeración de la Central Térmica Dock Sud. Informe Final, Ambiental S.A, pp. 35.
- Menéndez A.N., 1997. Estudio de la mezcla entre las aguas del Río de la Plata y del Riachuelo en las inmediaciones de la Boca del Dock Sud. Informe Final, Ambiental S.A, pp. 55.
- Menéndez, A.N., 1997. Hydraulic studies for the water intake of Central Costanera. Informe LHA 01-155a-97, pp. 122.
- Menéndez, A.N., Brea, J.D., Tarela, P.A., 1999. Calidad de las aguas de la zona costera del Río de la Plata adyacente a la urbanización Santa María. Informe IRSA, pp. 94
- Menéndez, A.N., Castellano, R., 2000. Simulation of sedimentation in an estuary due to an artificial island. 4th International Conference HydroInformatics, Cedar Rapids, Iowa, USA, July.
- Menéndez, A.N., Castellano, R., 2000. Simulación numérica de problemas con escalas temporales disímiles: crecimiento de una barra de sedimentación. ENIEF 2000 - XI Congreso sobre Métodos. Numéricos y sus Aplicaciones, San Carlos de Bariloche, Argentina, noviembre.
- Menéndez, A. N., Jaime, P., Natale, O. E., 2002. Balance de nutrientes en el Río de la Plata usando modelación matemática. XX Congreso Latinoamericano de Hidráulica, La Habana, Cuba, octubre.
- Menéndez, A. N., Jaime, P., Natale, O. E., 2002. Nutrients balance in the Rio de la Plata River using mathematical modelling, 5th International Conference HydroInformatics 2002, Cardiff, UK, July.
- Menéndez, A. N., Sarubbi, A., 2007. A model to predict the Paraná Delta Front

- advancement. Workshop on Morphodynamic Processes in Large Lowland Rivers, Santa Fe, Argentina, November.
- Menéndez, A. N., Badano, N. D., Re, M., García, P. E., Lecertúa, E. A., Lopolito, M. F., Sarubbi, A., 2009. Numerical simulation to study the wastewater disposal project in the coastal zone of Buenos Aires. 33rd. Congress of IAHR, Vancouver, Canada, August.
- Menéndez, A.N., Lopolito, M.F, Badano, N., Re, M., 2011. Evaluación de la calidad del agua en la Franja Costera Sur del Río de la Plata mediante modelación numérica. Informe LHA 02-1207-11, pp. 186.
- Menéndez, A.N., Lopolito, M.F., Badano, N.D., Re, M., 2011. Influence of projected outfalls in the Plata River on limited water use zones. International Symposium on Outfall Systems, Mar del Plata, Argentina, Mayo.
- Molinari, G.N., 1986. Simulación numérica de la circulación en el Río de la Plata. Informe LHA-INCYTH S5-017-86, pp. 116.
- Montes S., Charette J., Bottelli D., 2005. Modelo del Río de la Plata. Validación de resultados en la zona de descarga del Emisario Berazategui actual. Modelización. Aguas Argentinas, Abril.
- Moreira, D., Simionato, C.G., Tessier, C., Nuñez, M.N., Cayocca, F., Fossati, M., Sarubbi, A., Re, M., 2009. Primeros resultados de la implementación de un modelo hidrodinámico de alta resolución para estudiar la dinámica de los sedimentos en el Río de la Plata, VII Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar, Bahía Blanca, diciembre.
- O'Connor, W.P., 1991. A numerical model of tides and storm surges in the Rio de la Plata Estuary. Continental Shelf Research, 11 (12), pp. 1491-1508.
- Olalde, A.M., 1988. Simulación numérica de corrientes de deriva en el Río de la Plata. Informe LHA 065-002-88, pp. 91.
- Petroni, R.N., 2000. Desarrollo y aplicación de un modelo bidimensional de calidad de agua. Parte 1. Revista Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 52, pp. 34-44, set-oct, Buenos Aires, Argentina.
- Piedra-Cueva, I., Pedocchi, F., Fossati, M., 2002. Estudio de Antecedentes sobre el Uso de Modelos en la Costa Uruguaya del Río de la Plata. Informe IMFIA, pp. 35.
- Piedra-Cueva, I., Lorenzo, E., Fossati, M., 2002. Modelación numérica del futuro emisario Punta Lobos (Montevideo). XX Congreso Latinoamericano de Hidráulica, La Habana, Cuba, octubre.
- Piedra-Cueva, I., Fossati, M., 2003. Corredores de circulación en el Río de la Plata. V Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar, XIII Coloquio Argentino de Oceanografía, Mar del Plata, Argentina.
- Piedra-Cueva, I., Fossati, M., 2003. Corredores fluviales en el Rio De La Plata Interior. Informe IMFIA, pp. 46.
- Piedra-Cueva, I., Fossati, M., 2003. Modelación numérica hidrodinámica del frente salino en el Río de la Plata. Informe Proyecto FREPLATA, Julio.
- Piedra-Cueva, I., Fossati, M., 2003. Simulación numérica de la distribución estacional del frente salino. Informe IMFIA, noviembre.
- Piedra-Cueva, I., Rodriguez Borelli, H., 2003. Finite element modeling of the Rio de la Plata. International Conference on Estuaries and Coasts, November 9-11, Hangzhou, China.
- Piedra-Cueva, I., Lorenzo, E., Fossati, M., Bellón, D., Ezzatti, P., 2006. Modelación

- hidrosedimentológica del Río de la Plata. Informe UDELAR, Proyecto de investigación PDT S/C/OP/19/04, pp. 233
- Piedra-Cueva, I., Fossati, M., 2007. Residual currents and corridor of flow in the Rio de la Plata. *Applied Mathematical Modelling*, 31, pp. 564-577.
- Prario, B.E., Dragani, W., Mediavilla, D.G., D'Onofrio, E., 2011. Hydrodynamic numerical simulation at the mouths of the Parana and Uruguay rivers and the upper Rio de la Plata estuary: A realistic boundary condition. *Applied Mathematical Modelling*, 35, pp. 5265-5275.
- Re, M., Menéndez, A.N., 2003. Modelo Hidrodinámico del Río de la Plata y su Frente Marítimo, Informe INA-LHA 03-216-03.
- Re, M., Menéndez, A.N., 2004. Estudio de los corredores de flujo del Río de la Plata Interior a partir del modelo de circulación RPP-2D. Informe INA-LHA 04-216-04, pp. 58.
- Re, M., Kind, V.M., Menéndez, A. N., 2004. La elección del dominio de cálculo, el modelo matemático y la escala de resolución en la modelación numérica. XIV Congreso sobre Métodos Numéricos y sus Aplicaciones, ENIEF'2004, Bariloche, Noviembre.
- Re, M., Menéndez, A. N., 2005. Estudio de los corredores de flujo del Río de la Plata Interior con el modelo RPP-2D. XX Congreso Nacional del Agua, CONAGUA'2005, Mendoza, Mayo.
- Re, M., 2005. Impacto del Cambio Climático Global en las costas del Río de la Plata. Tesis de Maestría, Maestría en Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN), Universidad de Buenos Aires (UBA), pp. 120.
- Re, M., Menéndez, A. N., 2006. Desarrollo de capas de mezcla entre los corredores de flujo del Río de la Plata Interior. XXII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Ciudad Guayana, Venezuela, Octubre.
- Re, M., Menéndez, A.N., 2007. Impacto del Cambio Climático en las Costas del Río de la Plata, *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*, 7 (1).
- Re, M., Menéndez, A.N., 2008. Modelación del impacto de un relleno costero sobre la dinámica del Río de la Plata. Informe de Avance 1. Informe LHA 02-300-08.
- Re, M., Menéndez, A.N., 2009. Modelación del Impacto de un Relleno Costero sobre la Dinámica del Río de la Plata Informe de Avance 3. Informe LHA 04-300-09.
- Re, M., Menéndez, A.N., 2009. Modelación del impacto de un relleno costero sobre la dinámica del Río de la Plata. Informe de Avance 5. Informe LHA 06-300-09.
- Re, M., Lecertúa, E. A., García, P. E., Menéndez, A. N., 2009. Zoning for hydraulic impact studies on the coastal zone of the Plata River. 6th. Symposium on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics, RCEM, Santa Fe, Argentina, September.
- Re, M., García, P. E., Lecertúa, E. A., Menéndez, A. N., 2010. Modelación del impacto hidráulico de un relleno costero en zona compleja, XXIV Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Punta del Este, Uruguay, noviembre.
- Roberts P., Villegas B., 2009. Modeling the proposed Buenos Aires outfalls. Informe Preliminar AySA, pp. 45.
- Roberts P., Villegas B., 2010. Modeling the proposed Buenos Aires outfalls. Informe Final AySA, pp. 127.
- Roberts, P.J.W., Villegas, B.E., 2011. The proposed Buenos Aires outfalls: outfall design.

- International Symposium on Outfall Systems, Mar del Plata, Argentina.
- Rodrigues Vieira, J., 1990. Modelação matemática da circulação e transporte hidrodinâmicos em regiões costeiras. Aplicação ao Rio de la Plata. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 6 (1), pp. 119-134.
- Rodrigues Vieira, J., Lanfredi, N.W., 1996. A Hydrodynamic Model for the Río de La Plata, Argentina. *Journal of Coastal Research*, 12 (2), 430-446.
- Santoro, P., Fossati, M., Piedra-Cueva, I., 2008. Análisis de la circulación en la Bahía de Montevideo. XXIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Cartagena de Indias, Colombia.
- Santoro, P., Fernández, M., Fossati, M., Cazes, G., Terra, R., Piedra-Cueva, I., 2011. Pre-operational forecasting of sea level height for the Río de la Plata. *Applied Mathematical Modelling*, 35, pp. 2462-2478.
- Sarubbi A., 2007. Análisis del Avance del Frente del Delta del Río Paraná. Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería (FI), Universidad de Buenos Aires (UBA), pp. 145.
- Sarubbi, A., Menéndez, A. N., 2007. Un modelo numérico para representar el avance del Frente del Delta del Río de la Plata a escala secular. XVI Congreso sobre Métodos Numéricos y sus Aplicaciones, ENIEF'2007, Córdoba, octubre.
- Simionato, C.G., Núñez, M.N., Engel, M., 2000. Investigaciones numéricas tridimensionales de la propagación de la onda de marea en la Plataforma Continental Argentina y el Río de la Plata, Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar, Puerto Madryn, 11-15 Septiembre.
- Simionato, C.G., Núñez, M., Engel, M., 2001. The Salinity Front of the Rio de la Plata: a numerical case study for winter and summer conditions. *Geophysical Research Letters*, 28 (13), pp. 2641-2644.
- Simionato, C.G., Núñez, M., 2002. Procesos que determinan la variabilidad invierno-verano en el frente superficial de salinidad del Río de la Plata: un estudio numérico de casos. Informe CIMA/Oc-02-03, pp. 27.
- Simionato, C.G., Dragani, W., Núñez, M., 2002. Modelo HamSOM/CIMA: Propagación de la onda de marea en la Plataforma Continental argentina y el Río de la Plata. Parte I: M2. Informe CIMA/Oc-02-05, pp. 61.
- Simionato, C.G., Dragani, W., Núñez, M., Meccia, V., Renaud, T., 2002. Modelo HamSOM-CIMA: Simulaciones de corrientes y alturas en el Río de la Plata. Comparación con observaciones. Informe CIMA/Oc-02-02. Septiembre.
- Simionato, C., Meccia, V., Dragani, W., Núñez, M., 2003. Modelo HamSOM/CIMA: Circulación estacional y plumas de los tributarios principales en el Río de la Plata. Informe CIMA/Oc-03-01, pp. 111.
- Simionato, C.G., Dragani, W., Núñez, M., Engel, M., 2004. A Set of 3-D Nested Models for Tidal Propagation from the Argentinean Continental Shelf to the Rio de la Plata Estuary. Part I: M2. *Journal of Coastal Research*, 20 (3).
- Simionato, C.G., Dragani, W., Meccia, V.L., Núñez, M., 2004. A numerical study of the barotropic circulation of the Rio de la Plata estuary: sensitivity to bathymetry, the Earth's rotation and low frequency wind variability. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 61, pp. 261-273.
- Simionato, C.G., Berasategui, A., Meccia, V.L., Acha, M., Mianzan, H., 2006. The potential role of wind variability on plankton retention in the Río de la Plata Estuary: a numerical

- study. Proceedings of 8 ICSHMO, Foz do Iguaçu, Brazil, April, INPE, p. 1383-1391.
- Simionato, C.G., Meccia, V.L., Dragani, W.C., Núñez, M.N., 2006. On the use of the NCEP/NCAR surface winds for modeling barotropic circulation in the Rio de la Plata Estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 70, 195-206.
- Simionato, C.G., Meccia, V.L., Guerrero, R., Dragani, W.C., Núñez, M., 2007. Rio de la Plata estuary response to wind variability in synoptic to intraseasonal scales: 2. Currents' vertical structure and its implications for the salt wedge structure. *Journal of Geophysical Research*, 112, C07005.
- Simionato, C.G., Berasategui, A., Meccia, V.L., Acha, M., Mianzan, H., 2008. Short time-scale wind forced variability in the Rio de la Plata Estuary and its role on ichthyoplankton retention, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76, 211-226.
- Simionato, C.G., Moreira, D., Núñez, M.N., Cayocca, F., Piedra-Cueva, I., Fossati, M., Guerrero, R., Menéndez, A.N., Re, M., 2011. Dinámica de los sedimentos finos en el Río de la Plata. Informe Final Proyecto FREPLATA-FFEM, pp. 525.
- Simionato, C.G., Moreira, D., Piedra-Cueva, I., Fossati, M., Re, M., Sabarots Gerbec, M., Menéndez, A.N., Cayocca, F., 2011. Proyecto FREPLATA-FFEM Modelado numérico y mediciones in-situ y remotas de las transferencias de sedimentos finos a través del Río de la Plata. Parte B: Simulaciones numéricas, *Revista Frente Marítimo*, 22, 265-304.
- Simionato, C.G., Moreira, D., Re, M., Fossati, M. 2011 Estudio de la dinámica Hidrosedimentológica del Río de la Plata: observación y modelación numérica de los sedimentos finos. Proyecto FREPLATA. ISBN 978-92-990052-9-3
- Tarela, P.A., Menéndez, A.N., Bombardelli, F.A., Vilela, C.P.X., 1997. Modelación hidrosedimentológica en tomas de agua afectadas por un régimen de marea. ENIEF 97, X Congress on Numerical Methods and their Applications, San Carlos de Bariloche, Argentina, Noviembre.
- Van Avermaete, F.J., 2004. Propiedades de transporte del Río de la Plata: estudio mediante modelación hidrodinámica tridimensional e imágenes satelitales. Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería (FI), Universidad de Buenos Aires (UBA).
- Villegas, B.E., Roberts, P.J.W., 2011. The proposed Buenos Aires outfalls: hydrodynamic modelling. International Symposium on Outfall Systems, Mar del Plata, Argentina.