FRENTE MARÍTIMO

VOLUMEN 22 OCTUBRE 2011

SUMARIO

PRÓLOGO 5

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE EXPLOTACIÓN DE LOS RECURSOS CORVINA Y PESCADILLA EN EL ÁREA DEL TRATADO. EVALUACIÓN Y RECOMENDACIONES DE MANEJO. AÑOS 2009-2010
Maria Inés Lorenzo, Claudia Carozza y Claudio Ruarte... 9

APORTES AL PLAN DE MANEJO DE CORVINA ACCIONES EN RELACIÓN A LA PROTECCIÓN DE LA FRACCIÓN JUVENIL DE CORVINA
Claudia Carozza y María Ines Lorenzo 21

CARACTERIZACIÓN DE LA PESCA ARTESANAL EN EL SECTOR NORTE DEL PARTIDO DE LA COSTA, PROVINCIA DE BUENOS AIRES
Sebastián García 31

OTROS RECURSOS COSTEROS DE ARGENTINA AVANCES Y PERSPECTIVAS
Rita Rico, Nerina Lagos y Sebastián García..... 45

OPERATORIA DE LA FLOTA ARGENTINA DIRIGIDA A LOS RECURSOS CORVINA Y MERLUZA EN LA ZONA COMÚN DE PESCA ARGENTINO-URUGUAYA. ALTERNATIVAS A LA PESCA DE LOS RECURSOS OBJETIVO
Ramiro P. Sánchez, Gabriela Navarro, Mariano Monsalvo y Gustavo Martínez Puljak..... 71

APORTES PARA LA DETECCIÓN DE UNA ALERTA TEMPRANA PARA EL CIERRE DE LA TEMPORADA DE PESCA
Hebert Nion y SebaStián Horta..... 131

DENSIDAD, PORCENTAJE DE JUVENILES Y ESTRUCTURA DE TALLAS DE MERLUZA *(MERLUCCIUS HUBBSI)* AL NORTE DE LOS 41º S. PERÍODO 1996-2008
Luciana L. D'Atri y Roberto Castrucci..... 145

DISTRIBUCIÓN DE MERLUZA *(MERLUCCIUS HUBBSI)* EN LA ZONA COMÚN DE PESCA ARGENTINO-URUGUAYA EN RELACIÓN CON PARÁMETROS OCEANOGRÁFICOS DICIEMBRE 1995-2000
Elena Louge, Graciela Molinari y Roberto Castrucci 179

DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DEL RECURSO MERLUZA *(MERLUCCIUS HUBBSI)* REALIZADO EN EL ÁMBITO DE LA COMISIÓN TÉCNICA MIXTA DEL FRENTE MARÍTIMO
C. Gabriela Irusta, Luciana L. D'Atri, María I. Lorenzo..... 193

PLAN DE MARCACIÓN DE GATUZO *(MUSTELUS SCHMITTI)* EN EL ECOSISTEMA COSTERO BONAERENSE
Marcelo Pérez y Ana Massa 207

CONDRICTIOS DEMERSALES: PROSPECCIÓN DE DOS ÁREAS ESCASAMENTE EXPLORADAS DENTRO DE LA ZONA COMÚN DE PESCA ARGENTINO URUGUAYA
Laura Paesch..... 213

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 A: ADQUISICIÓN DE DATOS
Claudia Simionato, Diego Moreira, Ismael Piedra-Cueva, Mónica Fossati, Raúl Guerrero, Tabaré de los Campos Carlos Balestrini, Florence Cayocca, Francis Gohin, Michele Repecaud..... 237

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
Claudia Simionato, Diego Moreira, Ismael Piedra-Cueva, Mónica Fossati, Mariano Re, Martín Sabarots Gerbet, Ángel Menendez, Florence Cayocca 265

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 C: ANÁLISIS DE OBSERVACIONES SATELITALES MODIS DE SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN Y CLOROFILA-A
Claudia Simionato, Diego Moreira, Florence Cayocca, Francis Gohin 305

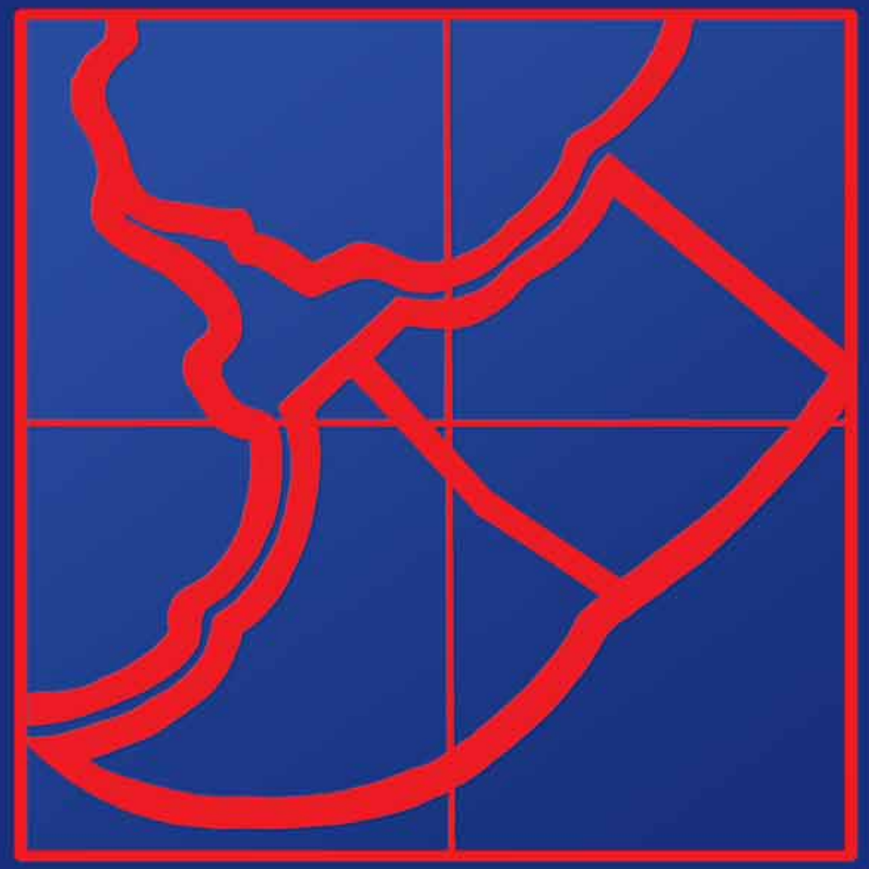
VARIABLES AMBIENTALES Y SU INFLUENCIA EN LOS RECURSOS PESQUEROS: APLICACIONES AL MANEJO
Leonardo Ortega 329

DESARROLLO DE MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA LA ESTIMACIÓN DEL ÁREA DE VEDA DE MERLUZA (*MERLUCCIUS HUBBSI*) A PARTIR DE EVENTOS AMBIENTALES HISTÓRICOS
Sebastián Horta y Hébert Nion 341

FRENTE MARÍTIMO - VOLUMEN 22 - OCTUBRE 2011

FRENTE MARÍTIMO

Publicación de la Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo



VOLUMEN 22 OCTUBRE 2011

COMISIÓN TÉCNICA MIXTA
DEL FRENTE MARÍTIMO

Paginado, impreso y encuadernado en Mastergraf srl
Gral. Pagola 1823 - CP 11800 - Tel.: 2203 4760*
Montevideo - Uruguay
E-mail: mastergraf@netgate.com.uy

Depósito Legal 357.120 - Comisión del Papel
Edición amparada al Decreto 218/96

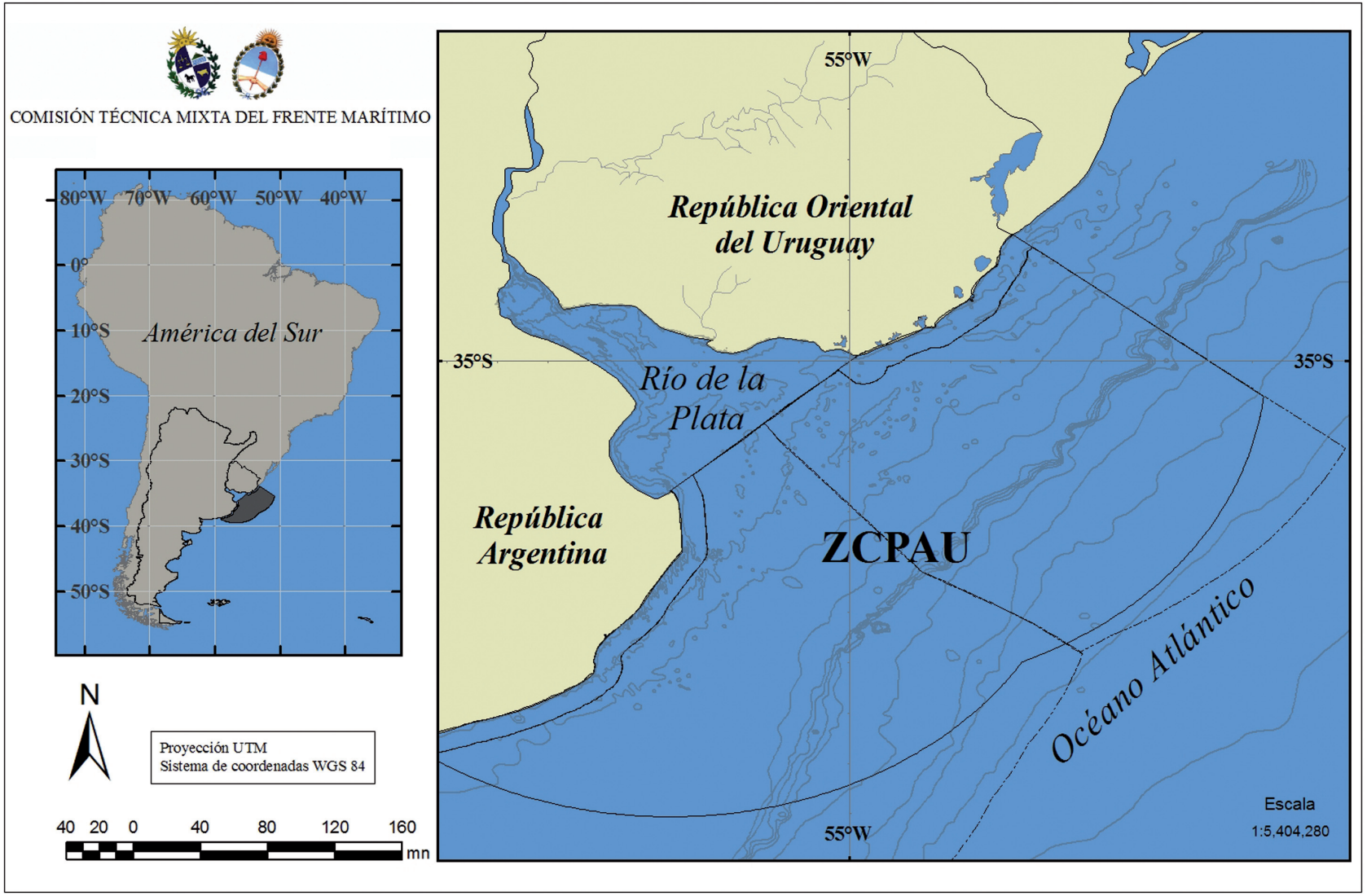
URUGUAY ARGENTINA

COMISIÓN TÉCNICA MIXTA DEL FRENTE MARÍTIMO

www.ctmfm.org

FRENTE MARÍTIMO

VOLUMEN 22 - OCTUBRE 2011



Carta de la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya. Posición geográfica en el continente sudamericano

Prólogo

En diciembre de 2010, en coincidencia con la celebración de su 300ª Reunión Plenaria, la Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo organizó las Jornadas Científico-Técnicas sobre los Principales Recursos Pesqueros en el Área del Tratado y Aspectos Ambientales Relacionados.

La Comisión Técnica Mixta del Frente Marítimo, Organismo binacional argentino-uruguayo constituido en el marco del Tratado del Río de la Plata y su Frente Marítimo, tiene entre sus cometidos definidos en los Artículos 80 y 82 del referido Tratado, la difusión periódica de las actividades científicas realizadas.-

Con ese fin la Comisión promueve la realización de campañas conjuntas para la investigación de los principales recursos pesqueros del área y sus aspectos ambientales asociados, así como también la reunión de grupos de trabajo integrados por especialistas de ambos países en temas específicos.-

En este volumen se incluyen los trabajos de investigación presentados durante dichas Jornadas Científico-Técnicas realizadas en la Ciudad de Montevideo entre los días 15 y 17 de diciembre de 2010.-

Las Jornadas se desarrollaron en cuatro sesiones —*Pesquerías costeras, Pesquerías de Altura, Estudios del Ecosistema* y *Planes de acción nacional*— en las que tuvieron lugar presentaciones y mesas técnicas de discusión en relación con los avances en el conocimiento, iniciativas y propuestas en respaldo al cometido de la Comisión: la adopción y coordinación de planes y medidas relativas a la conservación, preservación y racional explotación de los recursos vivos y a la protección del medio marino en la zona de interés común. Durante las mismas se pusieron de relieve los logros más significativos alcanzados como resultado de estas actividades conjuntas, durante los últimos años.

En particular dos aportes merecen ser especialmente destacados, tanto por su trascendencia en el plano científico-técnico, como por la importancia social y económica de las temáticas abordadas. Me refiero a los avances alcanzados conjuntamente en cuanto a la metodología de evaluación para la corvina, el principal recurso costero de la región, así como también la elaboración del primer diagnóstico conjunto sobre la situación del recurso merluza común (*Merluccius hubbsi)* en la Zona Común de Pesca, a partir de un completísimo documento que incluye toda la información pertinente proveniente de campañas de investigación, estadística pesquera, muestreo de desembarque y proyectos de observadores de ambos países. La presentación de estos temas y el rico debate promovido a posteriori, constituyeron momentos salientes de estas Jornadas.

Finalmente debe destacarse que el trabajo realizado, ha estado enmarcado siempre en un espíritu de mutua cooperación y auténtica coherencia entre las Partes, lo que ha permitido seguir avanzando en forma conjunta en el tema de la pesca, tan sensible por sus implicancias socio-económicas en ambos países.

Embajador Carlos A. Carrasco

PRESIDENTE

FRENTE MARÍTIMO
Vol. 22, 305 - 328 (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 c: Análisis de observaciones satelitales MODIS de sedimentos en suspensión y clorofila-a

CLAUDIA SIMIONATO[1], DIEGO MOREIRA

[1]claudias@cima.fcen.uba.ar

Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA/UBA-CONICET) y Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (DCAO), FCEN, Universidad de Buenos Aires, Argentina

FLORENCE CAYOCCA, FRANCIS GOHIN

Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER), Francia

RESUMEN: En el marco del proyecto "Protección Ambiental del Río de la Plata y su Frente Marítimo: Prevención y Control de la Contaminación y Restauración de Hábitats" (PNUD/GEF/RLA/99/G31) y con financiamiento del Fondo Francés para el Medioambiente Global, instituciones argentinas, uruguayas y francesas, están colaborando en un estudio que tiene por finalidad la observación, comprensión y modelado de la dinámica de los sedimentos finos en el Río de la Plata. En este contexto, IFREMER puso a disponibilidad del Proyecto observaciones MODIS calibradas a Materiales Minerales o Inorgánicos en Suspensión y Clorofila-a mediante el algoritmo OC5 desarrollado especialmente para aguas altamente turbias, como las del Río de la Plata. Aunque las observaciones satelitales de color están fuertemente contaminadas por la presencia de nubes, las mismas proveen datos con alta resolución espacial (1 km), que permiten obtener una visión sinóptica de las variables y analizar su variabilidad espacio-temporal. En este trabajo se realiza un análisis estadístico de los datos mencionados para concentración de sedimentos inorgánicos en suspensión y clorofila-a en el Río de la Plata para el período 10 de julio de 2002 a 16 de junio de 2010, se describen los patrones característicos en la escala estacional y se discuten sus potenciales forzantes.

PALABRAS CLAVE: Río de la Plata, sedimentos, clorofila-a, observación remota, MODIS, OC5.

SUMMARY: FREPLATA – FFEM PROJECT NUMERICAL MODELING AND *IN SITU* MEASUREMENTS OF THE FINE SEDIMENT

TRANSFERS THROUGH THE RÍO DE LA PLATA. PART C: ANALYSIS OF MODIS SATELLITE OBSERVATIONS OF SUSPENDED SEDIMENTS AND CHLOROPHYLL-A: In the frame of the Project: "Protección Ambiental del Río de la Plata y su Frente Marítimo: Prevención y Control de la Contaminación y Restauración de Hábitats" (PNUD/GEF/RLA/99/G31) and funded by the French Fund for the Global Environment (FFEM), institutions from Argentina, Uruguay and France cooperate in a study which aim is the observation, understanding and modeling of the fine sediments dynamics in the Río de la Plata. In this context, IFREMER provided to the Project, MODIS observations calibrated to Inorganic Suspended Matters and Chlorophyll-a with the OC5 algorithm, especially formulated for highly turbid waters, as those of the Río de la Plata. Even though color satellite observations are highly contaminated by clouds, they provide high spatial resolution data (1 km), what permits a synoptic view of the variables and the analysis of their spatial-temporal variability. In this paper, a statistical analysis of the above mentioned inorganic sediments and chlorophyll-a observations is done for the period July 10th 2002 to June 16th 2010, the characteristic patterns in the seasonal scale are described and their potential forcings are discussed.

KEY WORDS: Río de la Plata, sediments, chlorophyll-a, remote observations, MODIS, OC5.

1. INTRODUCCIÓN

Es posible observar muchos parámetros de la capa superficial del océano desde el espacio. Algunos de ellos son el contenido de clorofila-a y la concentración de material inorgánico en suspensión. El fitoplancton contiene pigmentos de clorofila que absorben la luz preferentemente en el azul. El material inorgánico en suspensión refleja y absorbe la luz, modificando las propiedades ópticas del agua. Utilizando esas propiedades, instrumentos a bordo de diversos satélites, como SeaWIFS (Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor), MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) y MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer), han realizado durante muchos años mediciones de color que pueden ser calibradas a las variables mencionadas. El sensoramiento remoto proporciona la oportunidad de observar estas variables con una frecuencia relativamente alta. Aunque las observaciones satelitales de color están altamente contaminadas por la presencia de nubes, las mismas proveen datos con alta resolución espacial, que permiten obtener una visión sinóptica de las variables y analizar su variabilidad espacio-temporal.

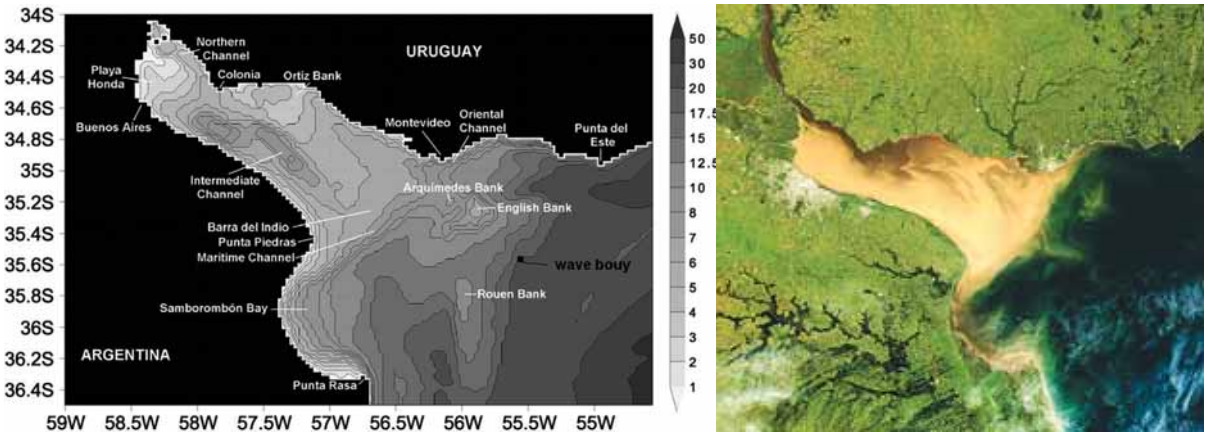


Figura 1. Izquierda: características batimétricas del Río de la Plata y referencias geográficas (adaptado de Simionato *et al*, 2004a). El punto negro indica la posición de la boya de Hidrovía que mide olas. Derecha: imagen MODIS del Río de la Plata para el 27 de abril de 2002, mostrando la alta turbidez del sistema.

En regiones altamente turbias, como el Río de la Plata (Figura 1), la calibración de las imágenes satelitales de color se convierte en un desafío, dado que los algoritmos convencionales que se utilizan en aguas claras tienden a fallar. IFREMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer) desarrolló el algoritmo OC5 (Gohin *et al*, 2002) que pone particular atención al efecto del material inorgánico en suspensión en las estimaciones del contenido de clorofila-a a partir de observaciones satelitales. Definido para dar resultados similares al algoritmo estándar OC4 en aguas claras, el OC5 ha probado ser eficiente en más de 10 años de datos de SeaWIFS, MODIS y MERIS en la mayor parte de las condiciones observadas en la Bahía de Biscaya, el Canal Inglés, el sur del Mar del Norte y el Mar Mediterráneo Occidental. El desempeño del algoritmo es evaluado de modo continuo a través de datos *in situ*.

En el marco del proyecto "FREPLATA Protección Ambiental del Río de la Plata y su Frente Marítimo: Prevención y Control de la Contaminación y Restauración de Hábitats" (PNUD/GEF/RLA/99/G31) y con financiamiento del Fondo Francés para el Medioambiente Global (FFEM), instituciones argentinas, francesas y uruguayas colaboran en un proyecto internacional que tiene por objetivo comprender y modelar las transferencias de sedimentos finos en el Río de la Plata. En este contexto, IFREMER puso a disposición de las instituciones participantes datos diarios de concentración de sedimentos en suspensión y clorofila-a para el Río de la Plata, calibrados con el algoritmo OC5. Estos datos tienen una resolución espacial de 1 km y cubren un período de tiempo largo, de 2002 al presente. En el marco del proyecto FREPLATA-FFEM se están adquiriendo, además, observaciones *in situ* de variables hidrosedimentológicas (ver trabajo acompañante) que permitirán a futuro una recalibración local de las observaciones remotas mencionadas.

En este trabajo se realiza un análisis estadístico de los datos mencionados para concentración de sedimentos inorgánicos en suspensión y clorofila-a en el Río de la Plata para el período 10 de julio

de 2002 a 16 de junio de 2010, se describen los patrones característicos en la escala estacional y se discuten sus potenciales forzantes.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

A los efectos del color del océano, los sensores miden la radianza en el tope de la atmósfera en diferentes longitudes de onda en el espectro visible, entre 400 y 700 nm (Saulquin *et al*, 2010). La contribución de la atmósfera se remueve primero de la radianza en el tope de la atmósfera a través de un proceso conocido como corrección atmosférica (Gordon y Wang, 1994) para obtener la radianza saliente (Lw). Luego las Lws son expresadas en condiciones estándar respecto del Sol (Sol en el cenit) en ausencia de la atmósfera y corregidas por efectos bidireccionales (dependencia del ángulo de observación y efectos de anisotropía del agua de mar, Morel *et al*, 2002), para obtener las radianzas salientes normalizadas (nLws). Desde el punto de vista óptico, además del agua pura, el espectro de las nLws está determinado por la concentración de otros tres componentes (IOCCG, 2000): pigmentos, tales como la clorofila-a, sustancias amarillas disueltas (conocidas en la bibliografía especializada como CDOM o gelbstoff) y material inorgánico en suspensión. Para derivar la concentración de clorofila-a a partir de nLws se utilizan algoritmos empíricos y/o analíticos. En el océano abierto y aguas claras (o aguas Tipo 1), hoy en día se considera que los algoritmos son precisos. En áreas costeras, donde la concentración del material en suspensión y las sustancias amarillas puede ser grande (definidas como aguas Tipo 2), la inversión que se utiliza para calcular las concentraciones a partir de las nLws es más compleja. Una de las cuestiones más importantes en las aguas Tipo 2 proviene de la corrección atmosférica, que puede conducir a nLws negativas. IFREMER ha definido el algoritmo OC5 dedicado a aguas Tipo 2 (Gohin *et al*, 2008), basado en tablas simples pero robustas que proporcionan una correspondencia empírica entre las nLws y la concentración de clorofila (Gohin *et al*, 2002). Una vez que se determina la concentración de clorofila, el material inorgánico en suspensión, que se define como el material en suspensión no relacionado con fitoplancton vivo ni muerto, se estima a partir de la radianza a 555 nm mediante la inversión de un modelo semi-analítico (Gohin *et al*, 2005).

En este trabajo se analizan productos MODIS OC5 con una resolución de 1 km correspondientes al período 10 de julio de 2002 a 16 de junio de 2010 provistas al Proyecto FREPLATA-FFEM por IFREMER a través del Servidor http://www.ifremer.fr/nausicaa2/rioplata. Debe notarse, consecuentemente, que el primero y último años de observaciones no están completos.

La Figura 2 muestra el número de observaciones disponibles para la concentración de sedimentos inorgánicos en suspensión (izquierda) y clorofila-a (derecha) durante el período mencionado. Debe tenerse en cuenta que, por su naturaleza, el sensor MODIS es incapaz de realizar observaciones en presencia de nubes y que los algoritmos de calibración desarrollados por IFREMER son válidos dentro de cierto rango de valores. Cuando la turbidez (o color observado por el satélite) excede un valor límite

no puede ser, por lo tanto, convertida a concentraciones y es procesada como dato ausente. Como consecuencia, el número de observaciones válidas en las regiones media y superior del Río de la Plata (altamente turbias) tiende a ser pequeño, mientras que maximiza en su parte externa y la Plataforma Continental. En general, el número de observaciones válidas en las porciones media e interior del Río es inferior a 300, mientras que se dispone de aproximadamente el triple para la parte externa.

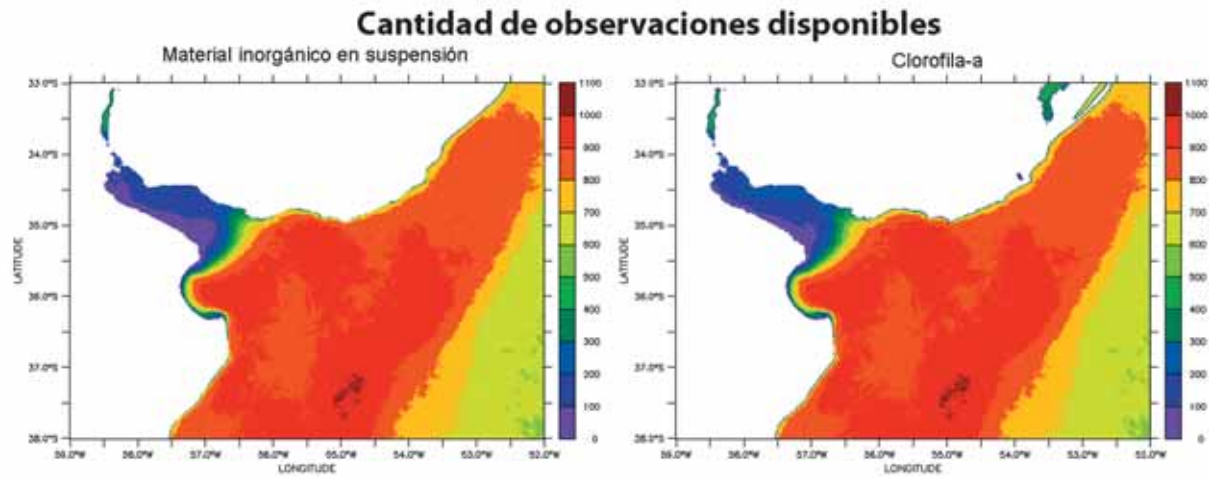


Figura 2. Cantidad de observaciones MODIS disponibles de material inorgánico en suspensión (izquierda) y clorofila-a (derecha) para el período 10 de julio de 2002 a 16 de junio de 2010

2. RESULTADOS

2.1 SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN

La Figura 3 muestra, para el total de observaciones, el valor medio (izquierda) y el desvío estándar (derecha) de la concentración de sedimentos inorgánicos en suspensión (en unidades de 10^{-3} kg m^{-3}). Los siguientes patrones emergen claramente de la figura:

- La concentración media de materiales en suspensión maximiza en la parte media e interior del Río de la Plata, particularmente a lo largo de su costa sur, mientras que a lo largo de la costa norte los valores son sensiblemente menores. Así, en la porción media e interior del Río hay un marcado gradiente norte-sur de la concentración de sedimentos, con valores que superan los 70 $\times 10^{-3}$ kg m^{-3} a lo largo de la costa Argentina y menores que 50 $\times 10^{-3}$ kg m^{-3} a lo largo de la costa uruguaya.
- Un máximo secundario de concentración parece asociarse a la porción sur de la Bahía Samborombón, al norte de Punta Rasa y el mismo presenta gran variabilidad (altos valores de desvío estándar).
- En la región que se encuentra aguas abajo de la Barra del Indio (aproximadamente siguiendo la línea Punta Piedras-Montevideo) se observa un marcado gradiente de concentración. A lo

largo de esta región los valores caen de máximos que superan los 100 $\times 10^{-3}$ kg m^{-3} a cero en pocos kilómetros.

- La mayor variabilidad (mayor desvío estándar) se asocia a la región ubicada al norte de Punta Piedras.

La zona de máxima concentración media de sedimentos en suspensión a lo largo de la costa argentina (panel izquierdo de la Fig. 3) coincide en gran medida con la región en la que se dispone de menor cantidad de observaciones (panel izquierdo de la Fig. 2). Esto puede llevar a pensar que el patrón hallado no es real, sino una consecuencia de promediar un número de observaciones mucho menor. No obstante, el hecho de que la variabilidad (panel derecho de la Fig. 3) no maximiza en la misma región sugiere que el patrón probablemente sea real.

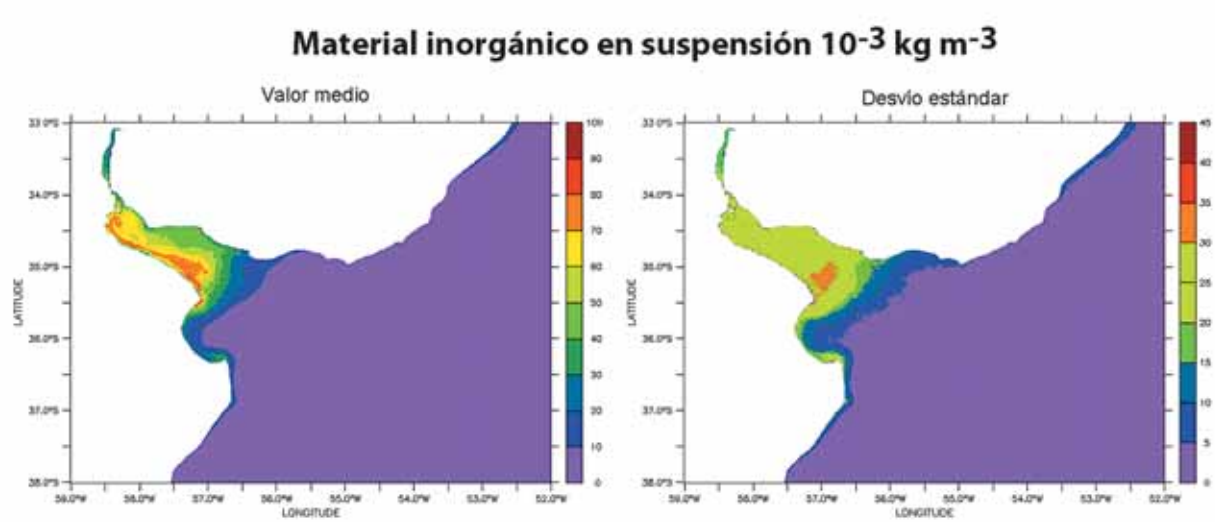


Figura 3. Valor medio (izquierda) y desvío estándar (derecha) de la concentración de material inorgánico en suspensión para el período 10 de julio de 2002 a 16 de junio de 2010. Nótese que las escalas de las figuras son diferentes.

La máxima concentración de sedimentos en suspensión que se observa a lo largo de la costa Argentina y en proximidades de Punta Rasa parece asociarse con mayores corrientes de marea y no con la descarga sólida de los ríos. El mayor aporte de material inorgánico al Río de la Plata (descarga sólida) ingresa a través del Río Paraná, aproximadamente 160 $\times$ 10^6 ton $año^{-1}$ de sedimentos, de los cuales 45 millones (25%) corresponden a arcillas, 90 millones (60%) a limos y 25 millones (15%) a arenas (Menéndez y Sarubbi, 2007). El aporte del Río Uruguay es significativamente menor. Las aguas del Río Paraná ingresan al Río de la Plata a través de dos regiones principales: el Paraná de las Palmas, en la parte sur del Río superior, en proximidades de Buenos Aires, y el Paraná Guazú, más al norte, cerca de la desembocadura del Río Uruguay. Por este último afluente ingresa aproximadamente el 70% de la descarga líquida del Paraná y, consecuentemente, de descarga sólida (Bombardelli *et al* 1995).

Simionato *et al* (2009) muestran que las plumas asociadas a los tres tributarios principales (Uruguay, Guazú y Palmas) tienden a mantenerse aproximadamente separadas a lo largo del curso de las aguas

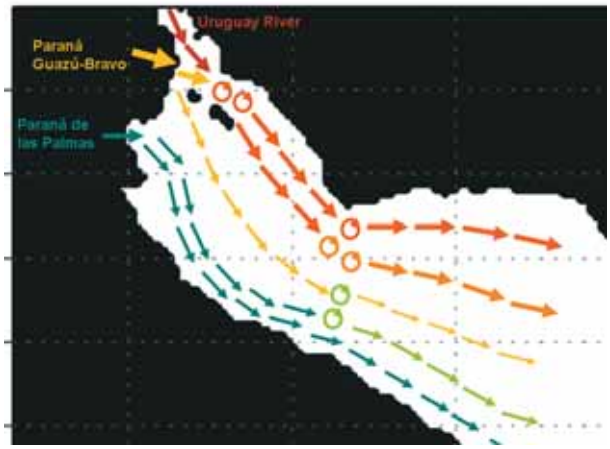


Figura 4. Representación esquemática del camino de las plumas de los principales tributarios al Río de la Plata. Mientras que las aguas del Paraná de las Palmas fluyen por el sur, siguiendo la costa sur, las aguas del Paraná Guazú-Bravo y Uruguay se mezclan en parte después de la confluencia y fluyen a lo largo de la costa norte. Parte de las aguas del Paraná Guazú-Bravo fluyen entre las otras dos masas, particularmente cuando la descarga del Uruguay es alta. Adaptado de Simionato et al (2009).

en el Río de la Plata superior (Figura 4). Así, la costa sur del Río superior y medio está fundamentalmente afectada por aguas del Paraná de las Palmas y la costa norte por aguas del Uruguay. Las aguas del principal aportante de material sólido al sistema (Paraná Guazú) tienden a ocupar la porción central del canal. Por lo tanto, no parece haber una relación directa entre el ingreso de material sólido en suspensión al sistema y la concentración media en superficie que muestra la Figura 3.

La Figura 5, reproducida de Simionato *et al* (2004) muestra las elipses de marea (panel superior), el flujo de energía (panel inferior izquierdo) y la disipación energética por fricción de fondo (panel inferior derecho) en el Río de la Plata, para la componente Lunar Principal Semidiurna (M_2), derivadas de simulaciones numéricas.

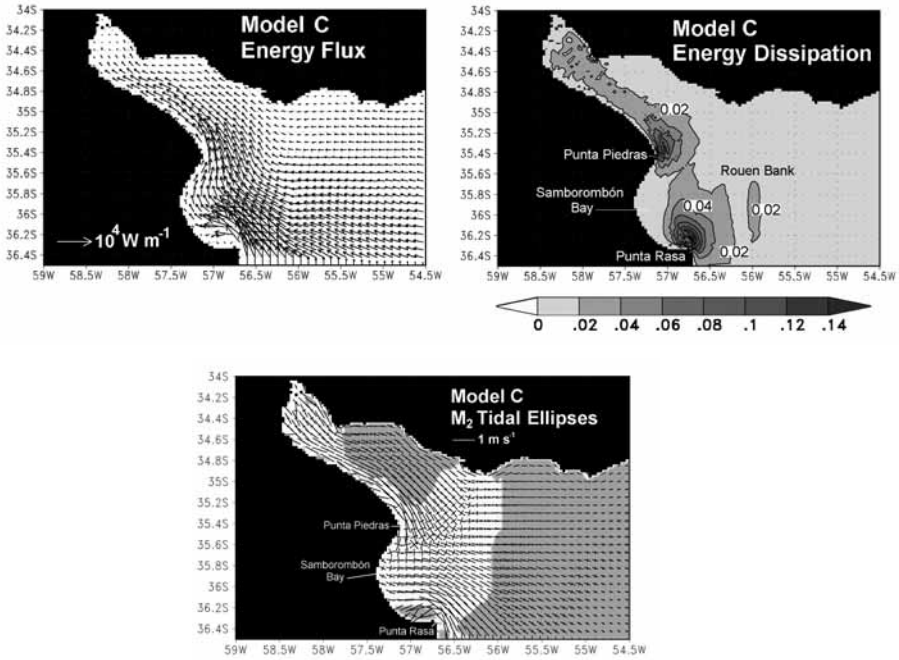


Figura 5. Arriba, elipses de marea para la componente M_2, derivadas de observaciones numéricas. Abajo: vectores flujo de energía de la componente de marea M_2 en W m^{-1} (panel izquierdo) y contornos de la tasa de disipación energética de la componente M_2 de marea por fricción de fondo en W m^{-2} (panel derecho). Reproducido de Simionato *et al* (2004).

Como en el Río de la Plata la marea no es forzada astronómicamente, sino que propaga libremente como una onda de Kelvin forzada en su boca, ésta tiene máxima amplitud a lo largo de la costa sur y mínima a lo largo de la costa norte. Consecuentemente a lo largo de la costa sur las corrientes de marea son mayores (panel superior de la Fig. 5) y podrían ser las responsables de resuspender el sedimento en mayor medida dando lugar al patrón de concentración medio observado en la Fig. 3. Nótese la marcada similitud de las regiones con concentración máxima que muestra la Fig. 3 y la distribución geográfica de las zonas de mayor disipación energética de marea por fricción de fondo que se observa en el panel inferior derecho de la Fig. 5. Estas no sólo se extienden a lo largo de la costa sur del Río de la Plata medio y superior, sino que las máximas corrientes de marea se asocian a las regiones próximas a Punta Piedras y Punta Rasa, que son aquellas donde la concentración de sedimentos también es máxima (Fig. 3).

El gran gradiente de concentración en dirección paralela al eje del canal observado en proximidades de la Barra del Indio (Fig. 3) se asocia geográficamente con la región del frente de salinidad de fondo (ver por ejemplo, Guerrero *et al*, 1997; FREPLATA 2005). Aquí, la reducción en la concentración media de sedimentos parece asociarse con la deposición por efectos de floculación. Nótese que ésta es la región donde la variabilidad en la concentración de sedimentos en superficie es máxima (panel derecho de la Fig. 3). Esto es probablemente un resultado del efecto del viento, que produce desplazamientos de la pluma de agua dulce (y por lo tanto del frente de salinidad de fondo) en la escala sinóptica del viento (Simionato *et al*, 2006, 2007; Meccia *et al*, 2008) y, en consecuencia, migraciones frecuentes de la región donde se produce la floculación y decantación.

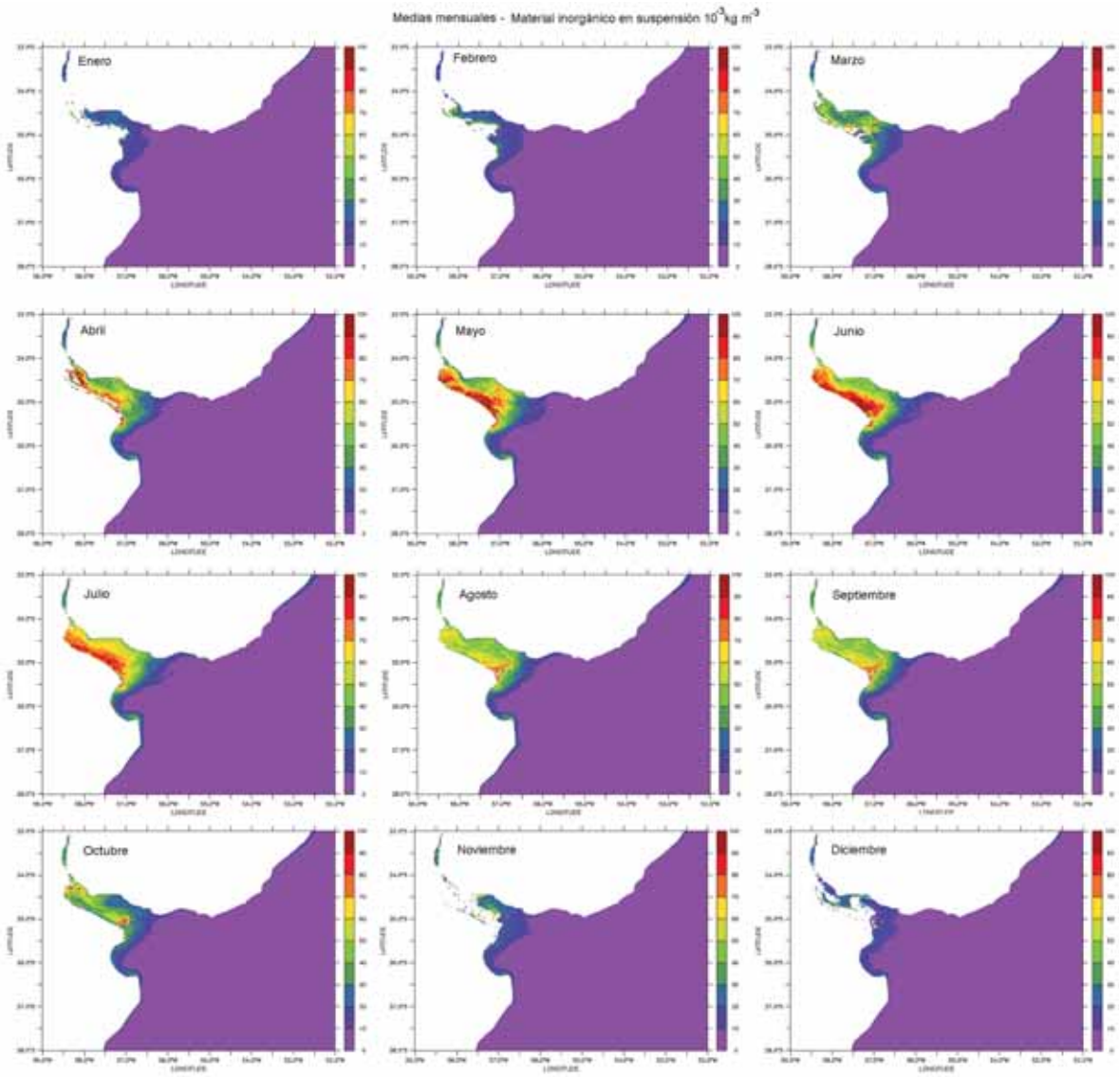


Figura 6. Valor medio de la concentración de sedimentos inorgánicos en suspensión en el Río de la Plata para cada mes del año, estimados sobre los datos MODIS disponibles para el período 2002-2010.

La Figura 6 muestra el valor medio de la concentración de sedimentos inorgánicos en suspensión en el Río de la Plata para cada mes del año, estimados sobre los datos MODIS disponibles para la totalidad del período 2002-2010. Se desprende de la figura, que durante los meses de verano (diciembre a febrero especialmente) el número de observaciones válidas es menor que durante el resto del año. No obstante, los datos parecen mostrar la ocurrencia de un ciclo estacional, con un máximo de la concentración de sedimentos a lo largo de la costa argentina del Río de la Plata hacia fines del otoño y comienzos del invierno.

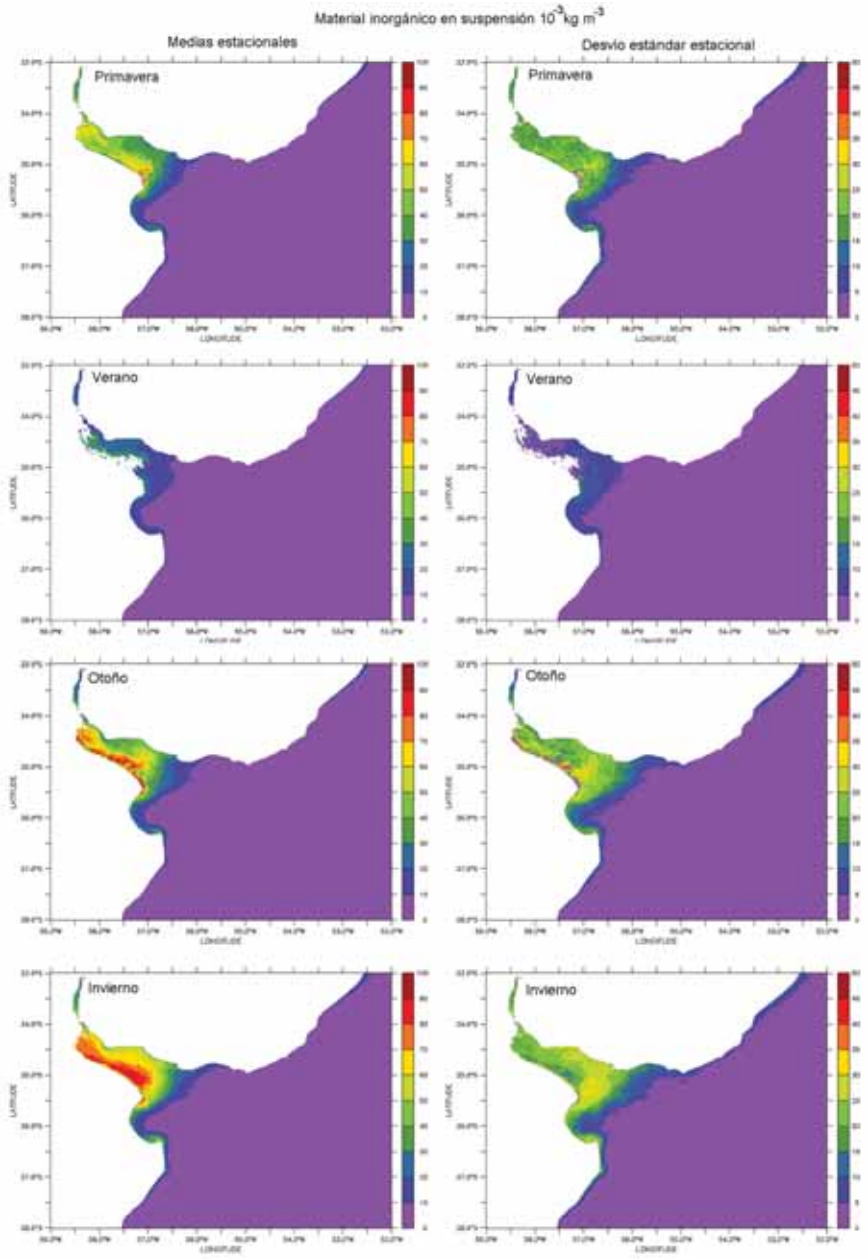


Figura 7. Valor medio (izquierda) y desvío estándar (derecha) de la concentración de sedimentos inorgánicos en suspensión en el Río de la Plata para cada estación del año, estimados sobre los datos MODIS disponibles para el período 2002-2010. Nótese que las escalas de las figuras son diferentes.

A lo largo de todos los meses del año los resultados indican que la variabilidad, o desvío estándar (no mostrado), tiende a ser mayor en la región del frente de salinidad de fondo. Aguas afuera de esta región se observa cómo las aguas con concentraciones entre 10 y 20 $\times 10^{-3}$ kg m^{-3} (azul en la figura) pivotan de la costa norte a la sur de invierno a verano. Este desplazamiento parece ser consecuencia de la variación estacional de la posición media del frente de salinidad forzada por el viento (Guerrero *et*

al, 1997; Simionato *et al*, 2001). En primavera y verano, los vientos son predominantemente del este y noreste (Simionato *et al*, 2005) y, por lo tanto, el frente de salinidad se retrae en promedio hacia la costa argentina; a lo largo de la costa norte, se produce en consecuencia penetración de aguas más salinas de origen oceánico. Esto se refleja en la Fig. 6, como una disminución durante los meses cálidos de la concentración de sedimentos en suspensión en la región próxima a Montevideo y un aumento del área turbia al sur, particularmente en la Bahía Samborombón. En otoño e invierno los vientos son mucho más variable y la media tiene una ligera componente del sudoeste (Simionato *et al*, 2005). Durante estas estaciones, entonces, el frente de salinidad se extiende en promedio hacia la costa uruguaya. A lo largo de la costa sur se produce, por lo tanto, una mayor influencia de aguas más salinas, de origen oceánico. Esto se refleja en la Fig. 6 como un aumento durante los meses fríos de la concentración de sedimentos en suspensión en la región próxima a Montevideo y una disminución del área turbia al sur.

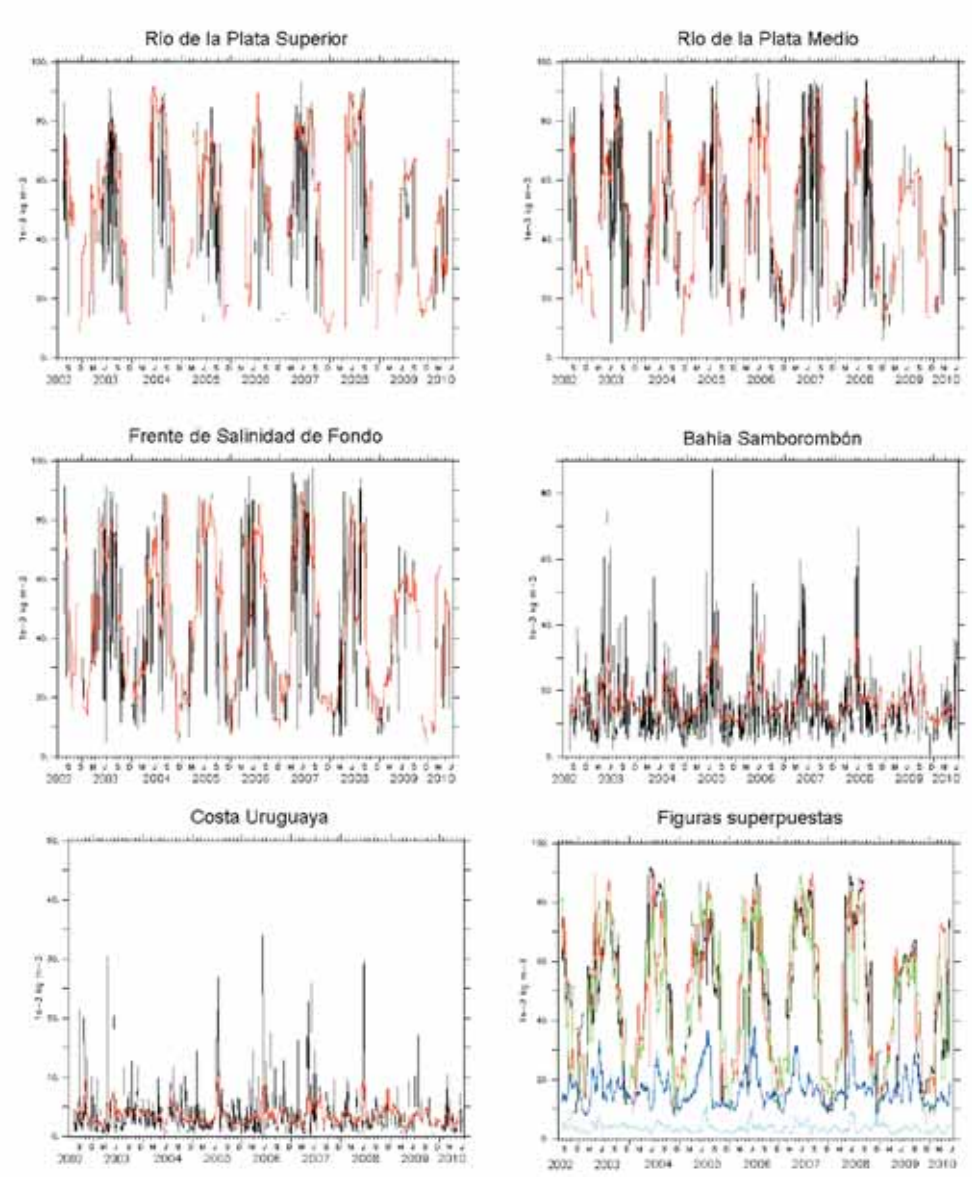


Figura 8. Valor medio diario de la concentración de sedimentos inorgánicos en suspensión (negro) computado sobre distintas regiones características del Río de la Plata. Las líneas rojas muestran un promedio móvil de 30 días. Nótese que las escalas de las figuras son diferentes. El panel inferior derecho muestras las curvas suavizadas correspondientes a las 5 regiones superpuestas.

Dado el bajo número de observaciones disponibles, se decidió recalcular los promedios y desvíos estándar sobre las estaciones del año, definidas como primavera (septiembre-octubre-noviembre), verano (diciembre-enero-febrero), otoño (marzo-abril-mayo) e invierno (junio-julio-agosto). Los resultados se muestran en la Figura 7. Aunque el número de observaciones sigue siendo insuficiente para determinar la media de verano, la ocurrencia de un ciclo estacional en la concentración de sedimentos a lo largo de la costa sur del Río y el pivote de las regiones de baja concentración de la costa sur a la norte entre el verano y el invierno son más claros. Asimismo, esta figura muestra con claridad la asociación entre la concentración de sedimentos inorgánicos en el Río de la Plata superior, y su fuente principal a través de los diversos brazos del Río Paraná. En particular, la concentración de sedimentos a lo largo de la costa norte del Río superior es muy baja, en correspondencia con la región de influencia de las aguas relativamente menos turbias del Río Uruguay (Fig. 4).

Para verificar y observar más claramente los posibles ciclos estacionales detectados en las figuras 6 y 7, se calcularon medias espaciales de los valores diarios para cinco regiones diferentes del Río de la Plata:

- Región 1: Río de la Plata superior, región comprendida entre 58.5° W - 58.° W y 34.7° S - 34.2° S
- Región 2: Río de la Plata intermedio, región comprendida entre 57.4° W - 56.9° W y 35.2° S - 34.7° S
- Región 3: Frente de salinidad de fondo, región comprendida entre 57.2° W - 56.8° W y 35.4° S - 35.° S
- Región 4: Bahía Samborombón, región comprendida entre 57.4° W - 57.° W y 36.1° S - 35.7° S
- Región 5: Costa uruguaya, región comprendida entre 55.2° W - 54.8° W y 35.2° S - 34.8° S

Los resultados se muestran en la Figura 8, en la que las líneas negras muestran los valores calculados para cada día de observación, mientras que las líneas rojas muestran un promedio móvil sobre 30 días. El panel inferior derecho de la figura muestra los valores suavizados computados para las cinco regiones mencionadas superpuestos. Surge de la Fig. 8 que el ciclo estacional está presente es cada región y en fase en todos los casos. Es una señal sumamente robusta en todas las regiones analizadas con excepción de la costa uruguaya, donde el mismo es débil.

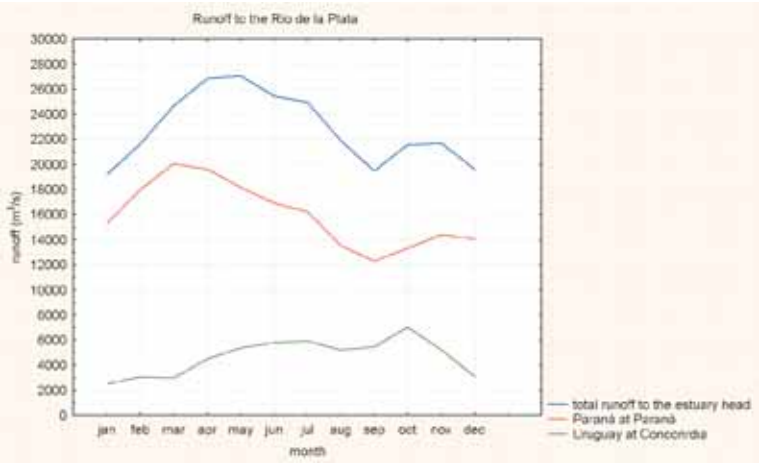


Figura 9. Caudales medios mensuales de los ríos Paraná (en rojo) y Uruguay (en verde). La curva azul muestra el aporte líquido total de estos dos ríos al Río de la Plata.

Una pregunta que no tiene una respuesta evidente es qué produce el ciclo estacional en la concentración de los sedimentos inorgánicos en suspensión que se observa en las figuras 7 y 8 a lo largo de la costa argentina en el Río de la Plata medio y superior. Un simple análisis de la descarga continental muestra que los ciclos mencionados en los sedimentos no parecen correlacionarse con dicha variable. En efecto, la Figura 9 muestra las medias mensuales de los caudales de los ríos Paraná en rojo y Uruguay en verde; la curva azul muestra el aporte líquido total de estos dos ríos al Río de la Plata. Se observa en la figura que ni el caudal total ni el de ninguno de los dos principales tributarios muestran un ciclo en fase con el observado en la descarga.

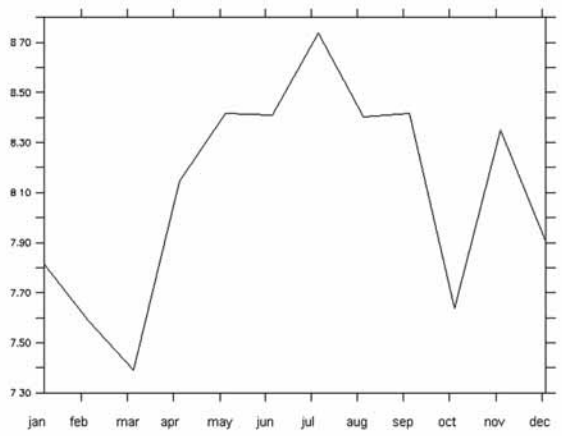


Figura 10. Intensidad media del viento a 10 metros para cada mes del año sobre el Río de la Plata.

Con el fin de analizar otros potenciales forzantes del ciclo estacional observado en el Río de la Plata superior y medio a lo largo de la costa argentina, se exploraron los vientos de los reanálisis del National Center for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR) (Kalnay *et al*, 1996). Se calculó la velocidad media del viento a 10 metros de altura para cada mes del año para el período 2003-2009 sobre los puntos de agua de los reanálisis sobre la zona comprendida entre 52.5° W a 60° W y 37° S a 32.5° S. En este caso se decidió trabajar sobre los años completos del período de observaciones de sedimentos en suspensión, con el fin de evitar posibles sesgos sobre los resultados asociados con la estacionalidad de los vientos. Se computó la velocidad media del viento y no el promedio de vectores, a fin de evitar que la situación propia de invierno de alta variabilidad en la dirección del viento sesgue los resultados a valores irrealmente menores de intensidad media del viento durante esa estación. Los resultados se muestran en la Figura 10. Esta indica la ocurrencia de un ciclo en la velocidad media del viento, que parece aumentar sus valores en invierno y reducirlos en verano. La intensidad del viento podría tener un impacto en los sedimentos en suspensión a través de las olas, cuya altura sería mayor en invierno, produciendo mayor resuspensión y, por lo tanto, una mayor concentración de sedimentos suspendidos en superficie a lo largo se esa estación.

Con el fin de analizar a partir de observaciones la posibilidad de que el régimen de olas experimente cambios a lo largo del año, se analizó la serie de datos de ola de Hidrovía. Estos son los únicos datos

de largo período de olas direccionales para la región y fueron colectados durante 1996 y 2009 con un registrador de datos Datawell Waverider fondeado en el Río de la Plata Exterior a 35°40' S y 55°50' W (Fig. 1), aproximadamente 90 km al este de la Bahía Samborombón. El instrumento fue programado para medir registros de 20 minutos del nivel del mar con un intervalo de muestreo de 0.5 s cada 2 horas y 40 minutos. El registro tiene numerosos faltantes, uno de ellos de más de un año (de octubre de 2003 a noviembre de 2004), tres de ellos de ocho meses de longitud (marzo 1998 a octubre de 1998; noviembre de 1998 a junio de 1999; noviembre de 2008 a junio de 2009) y otros seis de diferente duración (dos de ellos de siete meses). Los períodos de adquisición de datos y faltantes se muestran en la Figura 11.

En el análisis debe tenerse en cuenta que los datos disponibles corresponden al Río de la Plata exterior y, por lo tanto, podrían no ser representativos de la variabilidad de las olas en las regiones media e interior del estuario. No obstante, por el momento, son los únicos datos de largo período disponible y el análisis podría proporcionar pistas acerca de los procesos que ocurren en la región, por lo que se decidió llevarlo a cabo. La Figura 12 muestra la frecuencia de ocurrencia de olas de las diferentes direcciones para cada mes del año, determinada a partir de la totalidad de los datos disponibles.

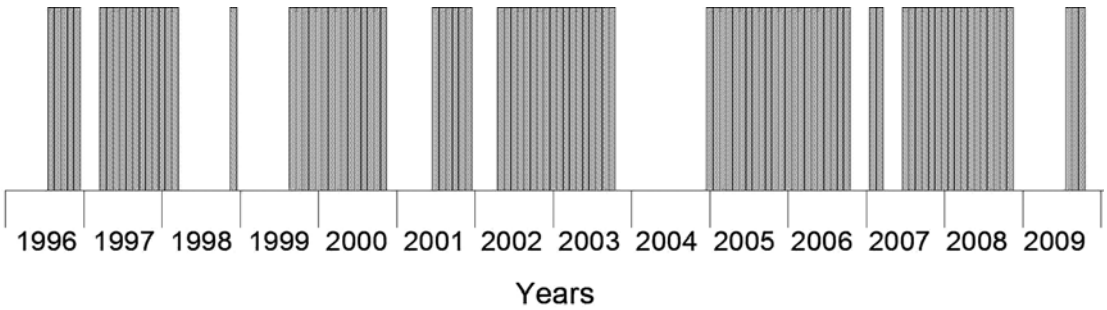


Figura 11. Períodos de adquisición de datos de olas con la boya Datawell. Las barras grises indican meses en los que se adquirieron más del 90% de los datos en ese mes. De Dragani *et al* (2010).

Un análisis de la figura revela que:

- Las olas en el Río de la Plata exterior son principalmente del sur, sudeste y este, probablemente debido a la geometría de la costa.
- Las olas de todas las otras direcciones son poco frecuentes y su frecuencia es similar a lo largo del año.
- Las olas del este reducen su frecuencia en otoño/invierno, mientras que las olas del sudeste aumentan su frecuencia durante ese período.
- La frecuencia de las olas del sur se mantiene aproximadamente constante a lo largo del año.

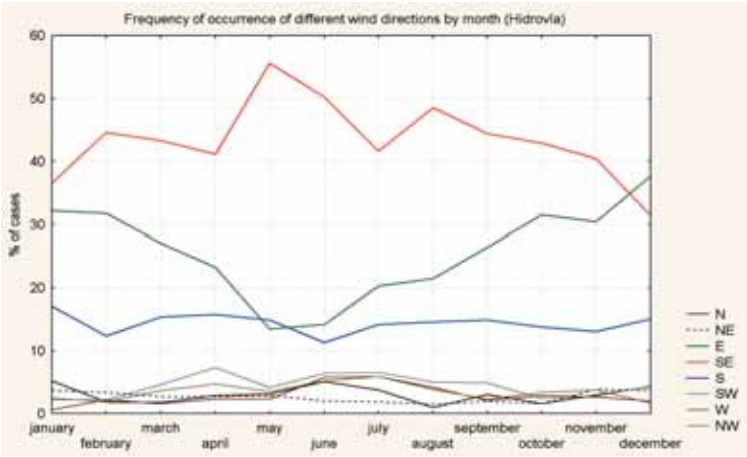


Figura 12. Frecuencia de ocurrencia de olas de las diferentes direcciones para cada mes del año. Los datos analizados son observaciones *in situ* colectadas en el Río de la Plata exterior (el sitio está indicado en la Fig. 1).

Se calculó, además, la altura significativa y el período de las olas a lo largo de los diferentes meses del año en función de su dirección. Los resultados (no mostrados) indican que:

- El período de las olas con direcciones entre el este y el sur es significativamente mayor que el de las olas que propagan desde otras direcciones; esto se vincula con la geometría de la costa.
- La altura significativa de las olas, especialmente las que propagan de direcciones entre el este y el sur es mayor que el de las olas de otras direcciones.
- Las olas provenientes del sudoeste y el oeste aumentan su altura significativa durante la estación fría.
- La altura significativa de las olas aumenta en general en el otoño y el invierno y se reduce en la primavera y el verano.

Así, los resultados indican que durante el invierno hay un aumento de la altura significativa de las olas y que éstas son más frecuentemente del sudeste, dirección para la cual el período es máximo. Si se asume que las olas del sudeste probablemente sean las más efectivas en alcanzar el estuario superior, el aumento de su frecuencia y altura durante el invierno podría explicar el aumento de la concentración de sedimentos inorgánicos en suspensión observada durante esta estación. Para probar esta hipótesis o descartarla es necesario disponer de datos de largo período en el interior del estuario y proceder a su análisis.

3.2 CLOROFILA-A

La Figura 13 muestra el valor medio de la concentración de clorofila-a (panel izquierdo) y su desvío estándar (panel derecho) computado sobre el total de las observaciones MODIS disponibles para el período 2002-2010. Los siguientes patrones emergen claramente de la figura 13.

- La concentración media de clorofila-a maximiza aguas afuera de la Barra del Indio y a lo largo de la costa uruguaya, mientras que es sensiblemente menor en el estuario medio y superior.
- La concentración es mayor en la región de influencia del Río de la Plata y se reduce a valores de muy bajos a nulos en aguas oceánicas.
- La variabilidad (desvío estándar) es máxima a lo largo de la costa uruguaya.

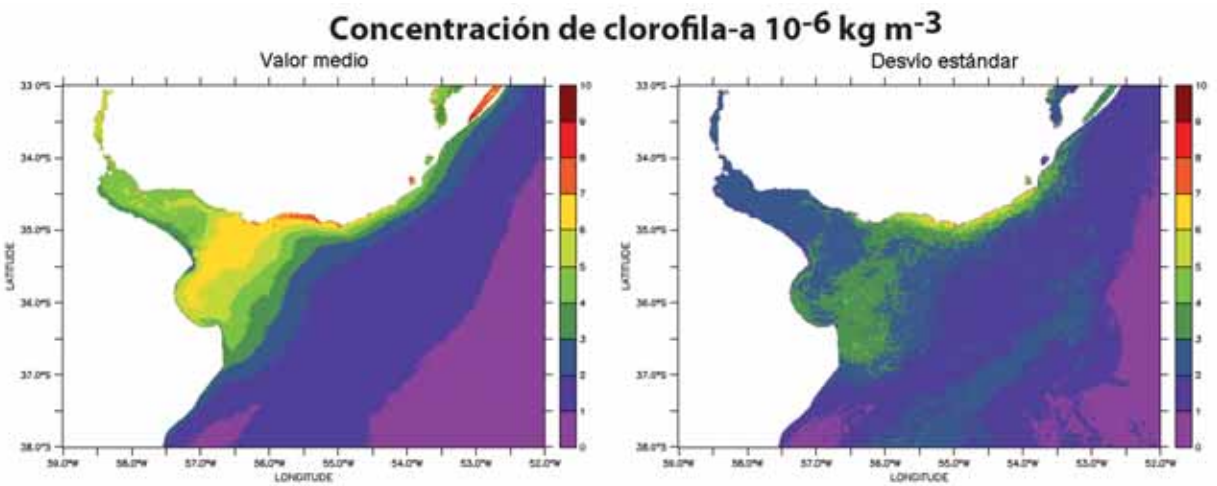


Figura 13. Valor medio (izquierda) y desvío estándar (derecha) de la concentración de clorofila-a para el período 10 de julio de 2002 a 16 de junio de 2010.

Desde el punto de vista físico hay varias razones que pueden justificar las observaciones mencionadas. A saber:

- La clorofila-a probablemente maximice en el área de influencia del Río de la Plata debido a que las mismas contienen un alto aporte de nutrientes de origen continental.
- La clorofila-a parece aumentar su concentración justamente en la región donde disminuye rápidamente la concentración de sedimentos inorgánicos, aguas afuera de la Barra del Indio (ver Fig. 3). Esto puede estar estrechamente vinculado con la disponibilidad de luz. Esto a su vez probablemente explique los bajos valores de turbidez observados en el Río de la Plata superior.
- La máxima variabilidad en la concentración de clorofila-a se observa a lo largo de la costa uruguaya, donde los estudios hidrodinámicos (ver por ejemplo, Simionato *et al*, 2006, 2007; Meccia *et al*, 2008) indican que la variabilidad de la circulación es máxima. En este sentido, es probable que la concentración de clorofila-a aumente en la región mencionada cuando las aguas altamente ricas en nutrientes de origen continental impactan las mismas y se reduzca cuando las aguas oceánicas avanzan sobre la región, dando lugar a la alta variabilidad observada en la Figura 13.

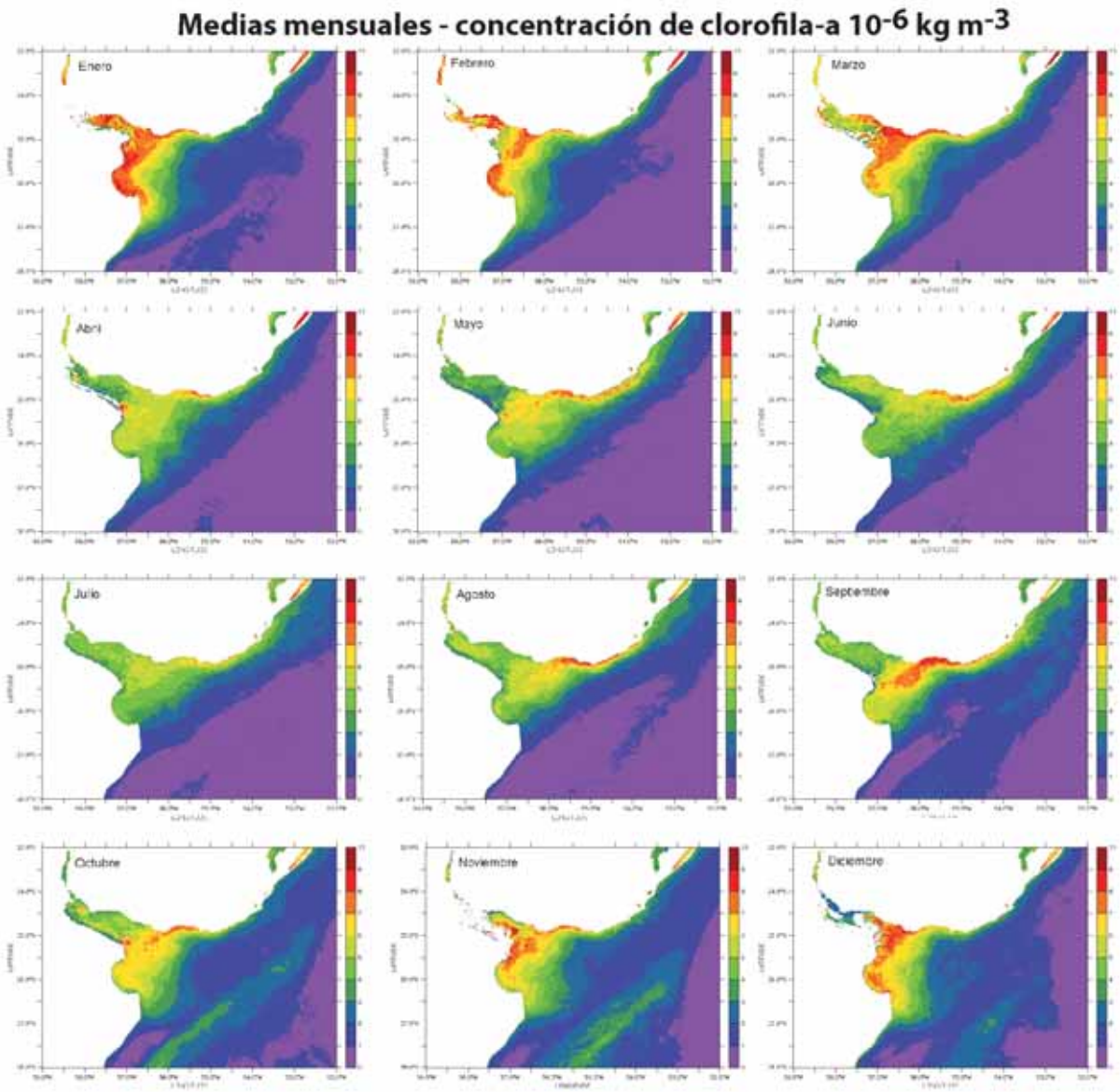


Figura 14. Valor medio de la concentración de clorofila-a en el Río de la Plata para cada mes del año, estimado sobre los datos disponibles para el período 2002-2010. Las unidades son 10^{-6} kg m^{-3}.

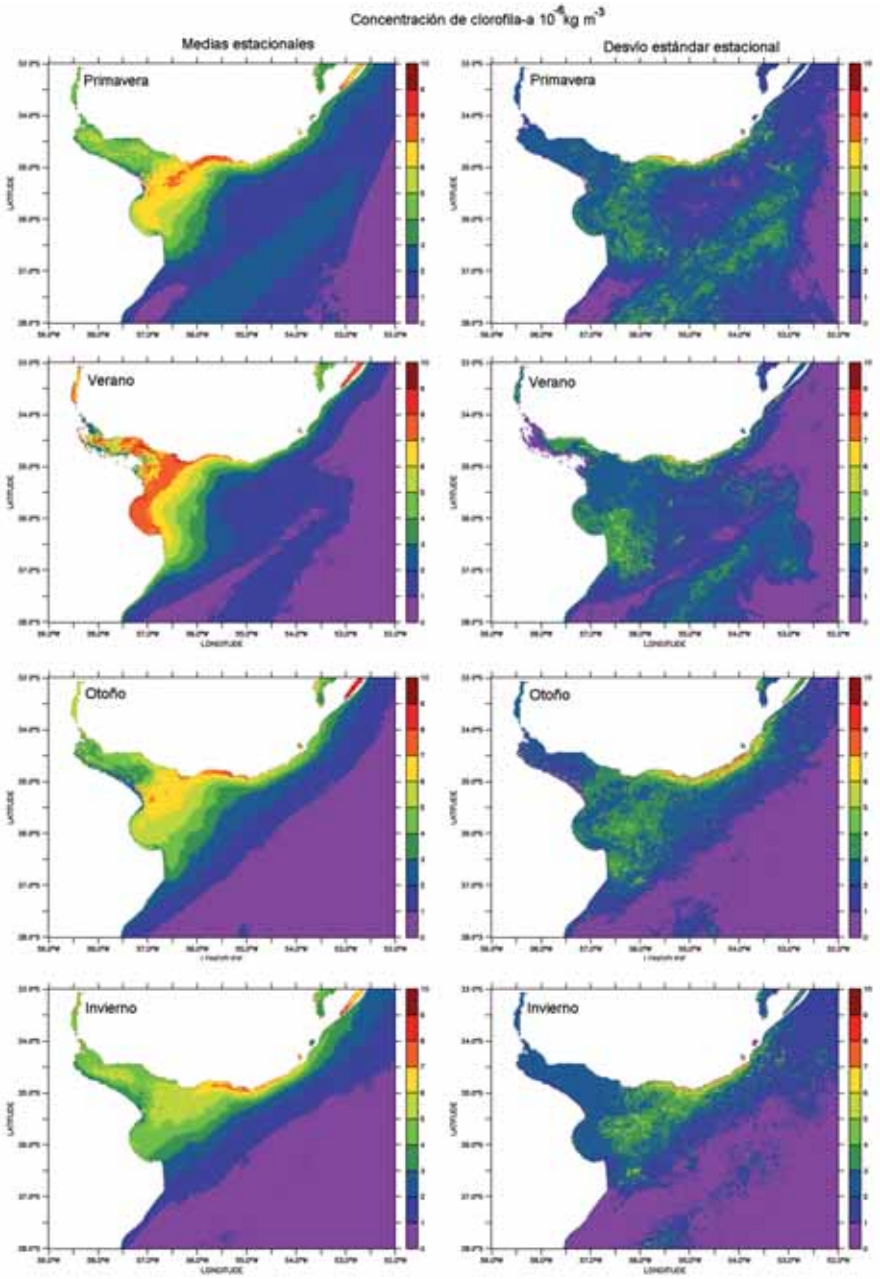


Figura 15. Valor medio (izquierda) y desvío estándar (derecha) de la concentración de clorofila-a en el Río de la Plata para cada estación del año, estimados sobre los datos MODIS disponibles para el período 2002-2010.

Con el fin de estudiar la posibilidad de ocurrencia de un ciclo estacional en la concentración de clorofila-a en el Río de la Plata, se computaron las medias mensuales de las concentraciones sobre la totalidad de las observaciones disponibles para el período 2002-2010. Los resultados se muestran en la Figura 14. Se desprende de la figura, que durante los meses de verano (diciembre a febrero especialmente) el número de observaciones válidas es menor que durante el resto del año. No obstante, los datos parecen mostrar la ocurrencia de un ciclo estacional, con un máximo de la concentración de clorofila-a aguas afuera de la Barra del Indio hacia enero y un mínimo en la

concentración en el Río en julio. A lo largo de todos los meses del año, los resultados (no mostrados) indican que la variabilidad tiende a maximizar a lo largo de la costa uruguaya. Se observa en la Fig. 14 cómo las aguas con mayores concentraciones de clorofila-a pivotan de la costa norte a la sur de invierno a verano, siguiendo el movimiento estacional de las aguas superficiales. Este desplazamiento parece ser consecuencia de la variación estacional de la posición media del frente de salinidad (Guerrero *et al*, 1997; Simionato *et al*, 2001) forzada por el viento. En primavera y verano, los vientos son predominantemente del este y noreste (Simionato *et al*, 2005) y, por lo tanto, el frente de salinidad se retrae en promedio hacia la costa argentina; a lo largo de la costa norte, se produce

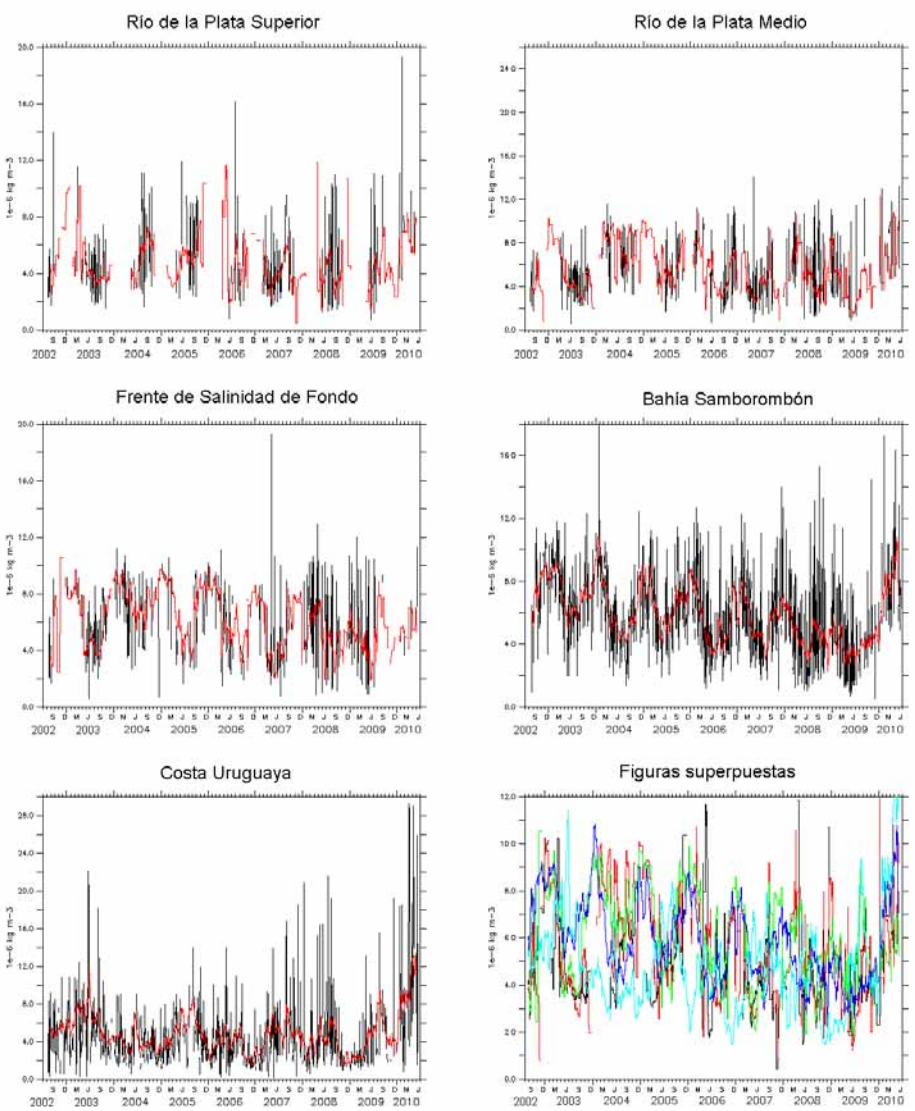


Figura 16. Valor medio diario de la concentración de clorofila-a (negro) computado sobre distintas regiones características del Río de la Plata. Las líneas rojas muestran un promedio móvil de 30 días. Nótese que las escalas de las figuras son diferentes. El panel inferior derecho muestras las curvas suavizadas correspondientes a las 5 regiones superpuestas.

en consecuencia penetración de aguas más salinas de origen oceánico. Esto se refleja en la Fig. 14, como una disminución durante los meses cálidos de la concentración de clorofila-a en la región próxima a Montevideo y un aumento del área de alta concentración al sur, particularmente en la Bahía Samborombón. En otoño e invierno los vientos son mucho más variables y la media tiene una ligera componente del sudoeste (Simionato *et al*, 2005). Como consecuencia, durante estas estaciones el frente de salinidad se extiende en promedio hacia la costa uruguaya. A lo largo de la costa sur se produce, por lo tanto, una mayor influencia de aguas más salinas de origen oceánico y a lo largo de la costa norte, un mayor impacto de las aguas dulces del Río de la Plata. Esto se refleja en la Fig. 14 como un aumento durante los meses fríos de la concentración de clorofila-a en la región próxima a Montevideo y una disminución del área turbia al sur.

Es interesante notar, también, que el máximo de clorofila-a en el Río de la Plata no parece ocurrir en simultáneo con el máximo de la Plataforma Continental; en efecto, como muestra la Fig. 14, aunque la concentración de clorofila-a en la plataforma maximiza en primavera, en el estuario lo hace a comienzos del verano. Las conclusiones mencionadas se observan más claramente en la Figura 15, que muestra los promedios y desvíos estándar de la concentración de clorofila-a sobre las estaciones del año, definidas como primavera (septiembre-octubre-noviembre), verano (diciembre-enero-febrero), otoño (marzo-abril-mayo) e invierno (junio-julio-agosto). Esta figura muestra también que, en el Río de la Plata, la variabilidad siempre es máxima a lo largo de la costa uruguaya, entre Montevideo y Punta del Este. En la plataforma se observa mayor variabilidad durante los meses cálidos de la primavera y el verano.

Para verificar y observar más claramente los posibles ciclos estacionales observados en las figuras 14 y 15, se computaron medias espaciales de los valores diarios para las cinco regiones del Río de la Plata definidas en la sección anterior. Los resultados se muestran en la Figura 16, donde las líneas negras muestran los valores medios diarios sobre las regiones mencionadas, mientras que las líneas rojas corresponden a un promedio móvil de los mismos sobre 30 días. El panel inferior derecho de la figura muestra una superposición de las curvas suavizadas computadas para las cinco regiones mencionadas. Los resultados indican que el ciclo estacional en la concentración de clorofila-a es una señal muy robusta a lo largo del Río de la Plata. La variabilidad estacional en la región 5 (costa uruguaya) ocurre claramente en fase opuesta a la de las otras regiones. Nuestra hipótesis es que esto estaría vinculado con la circulación, que advecta la pluma de agua dulce (y los nutrientes que la acompañan) hacia la costa uruguaya en invierno y los retira de la misma en verano. Durante el último año, se observa un gran incremento de la concentración de clorofila-a en prácticamente todos los puntos analizados, mientras que para el período 2002-2009 es evidente una tendencia negativa.

Una pregunta interesante es por qué razón la concentración de clorofila-a en el Río de la Plata es mayor en verano que en primavera, como ocurre en general en el océano. En aguas oceánicas habitualmente la concentración de clorofila alcanza su máximo en primavera, cuando los nutrientes son agotados por el bloom de plancton y no pueden ser repuestos desde aguas más profundas como consecuencia de la intensa estratificación asociada a la estación cálida. Una posible respuesta

para la demora en la ocurrencia del máximo en el Río de la Plata es que en el mismo los nutrientes no constituyen un limitante al crecimiento de algas, dado que existe un aporte constante de éstos desde el continente a través de los ríos. En contraste, la disponibilidad de luz si puede ser un limitante serio. Precisamente, nuestro análisis muestra que la concentración de clorofila-a aumenta rápidamente en el Río de la Plata aguas afuera de la Barra del Indio (ver Fig. 14), donde la concentración de sedimentos inorgánicos disminuye (ver Fig. 6). En este sentido, en verano no solamente aumenta el número de horas de luz, sino que la concentración de sedimentos inorgánicos en suspensión tiende a disminuir (ver Fig. 7). Ambos aspectos serían favorables al desarrollo de algas durante esa estación.

4. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

En el marco del proyecto "Protección Ambiental del Río de la Plata y su Frente Marítimo: Prevención y Control de la Contaminación y Restauración de Hábitats" (PNUD/GEF/RLA/99/G31) y con financiamiento del Fondo Francés para el Medioambiente Global se está desarrollando un Proyecto entre instituciones argentinas, uruguayas y francesas, que tiene por finalidad la observación y el estudio de la dinámica de los sedimentos finos en el Río de la Plata. En este contexto, IFREMER puso a disponibilidad del Proyecto observaciones MODIS a través del servidor http://www.ifremer.fr/nausicaa2/rioplata. Las observaciones MODIS fueron calibradas a Materiales Minerales o Inorgánicos en Suspensión y Clorofila-a mediante algoritmos (OC5) desarrollados por la institución mencionada para aguas francesas. La verificación de la validez de la calibración para las aguas altamente turbias del Río de la Plata está pendiente de la obtención y análisis del conjunto de muestras *in situ* de sedimentos en el marco del Proyecto (ver trabajo acompañante). En ese sentido, los resultados presentados en este trabajo son preliminares y las conclusiones finales quedan pendientes de la validación de los datos y verificación de las mismas con el conjunto de datos final del Proyecto.

Los resultados del análisis de las imágenes satelitales de material inorgánico en suspensión y clorofila-a en el Río de la Plata sugieren que ambas variables se encuentran estrechamente ligadas entre sí en este estuario y fuertemente vinculadas con la hidrodinámica. La concentración de sedimentos inorgánicos en suspensión en superficie es máxima a lo largo de la costa argentina del estuario superior y medio y en los extremos de la Bahía Samborombón. Esto podría estar vinculado con las mayores descarga sólida del Río Paraná respecto del Uruguay y las mayores corrientes de marea en la región, que actuarían resuspendiendo los sedimentos y aumentando, consecuentemente, su concentración en superficie. La concentración de sedimentos en esta región exhibe un máximo en invierno y un mínimo en verano, que podrían relacionarse con un aumento de la intensidad media del viento y, consecuentemente, de la altura y frecuencia de las olas, que resuspenden el sedimento. La concentración de sedimentos inorgánicos suspendidos se reduce drásticamente aguas afuera de la Barra del Indio, en asociación con la región del frente de salinidad, probablemente como consecuencia

de los procesos de floculación y posterior decantación que ocurren en esa región. Acompañando esta reducción en la concentración de sedimentos inorgánicos, se observa un marcado incremento de la concentración de clorofila-a en esta región, lo cual parece vincularse con la mayor disponibilidad de luz. Las concentraciones de clorofila-a y sedimentos inorgánicos aumentan a lo largo de la costa uruguaya del Río exterior en invierno y disminuyen en verano, mientras que lo recíproco ocurre a lo largo de la costa argentina del Río exterior. Esto parece vincularse con el desplazamiento medio de la pluma de agua dulce a lo largo de esas estaciones, que se mueven hacia el sur en verano y hacia el norte en invierno, en respuesta a la variabilidad del viento. Finalmente, la concentración de clorofila-a en el Río de la Plata, maximiza en verano, mientras que en la Plataforma Continental lo hace en primavera. Una explicación posible es que en este sistema los nutrientes no constituyen un limitante al desarrollo de algas, sino que más probablemente la temperatura y la cantidad de horas de luz sean los condicionantes principales. En verano, la temperatura es alta, favoreciendo el desarrollo de la vida y la cantidad de horas de luz aumenta por efectos astronómicos. Concomitantemente, durante esta estación y en todo el Río de la Plata, la concentración de sedimentos inorgánicos también disminuye, constituyendo un factor favorable adicional.

En la medida que el desarrollo de los modelos numéricos progrese en el marco del Proyecto (ver trabajo acompañante) y futuras cooperaciones, el mismo debería ser utilizado para validar las conclusiones extraídas en este trabajo.

5. AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue financiado por el Fondo Francés para el Medioambiente Global en el marco del Proyecto PNUD/GEF RLA/99/G31 “Protección Ambiental del Río de la Plata y su Frente Marítimo: Prevención y Control de la Contaminación y Restauración de Hábitats” con la coordinación de la CARP y la CTMFM. Es también una contribución al ANPCyT PICT 2010-1831.

6. BIBLIOGRAFÍA

Bombardelli, F., Menéndez, A., Lapetina, M. y Montalvo, J., 1995. Estudio del impacto hidráulico del puente Buenos Aires-Colonia: informe nº 1, Ezeiza, LHA, 1995, LHA-141-01-95, 25pp.

Dragani,W. C., Martín, P., Campos, M. I. y Simionato, C., 2010. Are wind wave heights increasing in south-eastern south American continental shelf between 32S and 40S? Continental Shelf Research, 2010.01.002.

Brazeiro, A; Carsen, A.; Gómez Erache, M.;Himschoot, P; Lasta, C.; Oribe Stemmer, J.; Perdomo, A. y Roche, M., 2005. Análisis Diagnóstico Transfronterizo del Río de la Plata y su Frente Marítimo.

Guerrero, R.A., Acha, E.M., Framiñán, M.B. y Lasta, C.A., 1997. Physical oceanography of the Río de la Plata Estuary, Argentina. Continental Shelf Research, 17(7), 727-742.

Gohin F., Druon J.N., y Lampert, L., 2002. A five channel chlorophyll algorithm applied to SeaWiFS data processed by SeaDAS in coastal waters, International Journal of Remote Sensing, 23(8), 1639-1661.

Gohin F., Loyer S., Lunven M., Labry C., Froidefond J.M., Delmas D., Huret M. y Herbland A., 2005. Satellite-derived parameters for biological modelling in coastal waters: Illustration over the eastern continental shelf of the Bay of Biscay. Remote Sensing of Environment, 95(1), 29-46.

Gohin, F., Saulquin, B., Oger-Jeanneret, H., Lozac' h L., Lampert, L., Lefebvre, A., Riou, P., Bruchon F., 2008. Towards a better assessment of the ecological status of coastal waters using satellite-derived chlorophyll-a concentrations. Remote Sensing of Environment, 112(8), 3329-3340.

Gordon. H. y Wang, M., 1994. Retrieval of water-leaving radiance and aerosol optical thickness over the oceans with SeaWiFS: a preliminary algorithm. Applied Optics, 33(3), 443-452.

International Ocean-Color Coordinating Group, 2000. http://www.ioccg.org/index.html

Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., Walt, G., Woollen, J., Zhu, Y., Chelliah, M., Ebisuzaki, W., Higgins, W., Janowiak, J., Mo, K.C., Ropelewski, C., Wang, J., Leetmaa, A., Reynolds, R., Jenne, R. y Joseph, D., 1996: The NCEP/NCAR 40-Year reanalysis project. Bulletin of the American Meteorological Society 77, 437-471.

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 Doctoral, Universidad de Buenos Aires, Argentina, 151 pp.

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.

Morel, A., Antoine, D., y Gentili, B., 2002, Bidirectional reflectance of oceanic waters: Accounting for Raman emission and varying particle scattering phase function, Applied Optics, 41, 6289 – 6306.

Saulquin, B. y Gohin, F., 2010. Mean seasonal cycle and evolution of the sea surface temperature from satellite and *in situ* data in the English Channel for the period 1986-2006. International Journal Of Remote Sensing, 31(15), 4069-4093.

Simionato, C. G., Nuñez, M. N. y Engel, M. 2001. The Salinity Front of the Río de la Plata – a numerical case study for winter and summer conditions. Geophysical Research Letters 28(13), 2641-2644.

Simionato, C. G., W. Dragani, M. N. Nuñez y M. Engel. 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 M2. Journal of Coastal Research 20, 893-912.

Simionato, C.G., Vera, C. y Siegismund, F., 2005. Surface wind variability on seasonal and interannual scales over Río de la Plata area. Journal of Coastal Research 21(4), 770–783.

Simionato, C.G., Meccia, V.L., Dragani, W.C., Guerrero, R.A. y Nuñez, M.N., 2006a. The Río de la Plata estuary response to wind variability in synoptic to intra-seasonal scales: Barotropic response. Journal of Geophysical Research 111, C09031.