

**XXV CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA
SAN JOSÉ, COSTA RICA, 9 AL 12 DE SETIEMBRE DE 2012**

**INTERACCIONES DE LA MAREA ASTRONÓMICA EN EL RÍO DE LA
PLATA**

Pablo Santoro¹, Marcos Gallo², Susana Vinzón³, Francisco Pedocchi⁴

¹ Universidad de la República, Facultad de Ingeniería, IMFIA. Montevideo, Uruguay, psantoro@fing.edu.uy

² Área de Engenharia Costeira, Universidad Federal de Río de Janeiro, Brasil, marcosgallo@peno.coppe.ufrj.br

³ Área de Engenharia Costeira, Universidad Federal de Río de Janeiro, Brasil, susana@peno.coppe.ufrj.br

⁴ Universidad de la República, Facultad de Ingeniería, IMFIA. Montevideo, Uruguay, kiko@fing.edu.uy

RESUMEN:

En el Río de la Plata la marea astronómica coexiste con otras variabilidades tales como la asociada a los caudales que aportan los principales afluentes, y sobre todo con aquella asociada a la marea meteorológica que puede ser mayor a la astronómica. En este trabajo se estudian las afectaciones que experimenta la componente principal de la marea astronómica debidas a las interacciones con la variabilidad del caudal circulante y los eventos de marea meteorológica. Para ellos fueron analizadas series horarias de niveles en varias estaciones mareográficas del Río de la Plata en un período de un año, lo cual permitió identificar una modificación de la fase de la principal componente astronómica en las estaciones de la costa Uruguaya en forma coherente con la variación observada en el caudal que circula en el estuario. Mediante la técnica de wavelets se observaron interacciones de la marea astronómica con la marea meteorológica, encontrándose modificaciones en la fase de las oscilaciones semidiurnas consistentes con la ocurrencia de los eventos meteorológicos.

ABSTRACT:

At the Río de la Plata, astronomical tides coexist with other river variabilities. In particular, the variation of the discharge of the major tributaries, and the meteorological tides, associated with storm events, which can be of greater amplitude than the astronomical tide itself. In this paper we study the modifications of the main component of the astronomical tide associated with its interactions with the river discharge and meteorological tides, hourly sea level series at several mareograph stations along the Río de la Plata were analyzed for one year period. This allowed for the identification of changes on the phase of the main astronomical component at the stations located over the Uruguayan coast. This is consistent with the observed distribution of the Parana and Uruguay river discharges across the estuary. Regarding the interactions between the astronomical and meteorological tides, wavelet analysis, allowed for the identification of changes on the phase of the semidiurnal oscillations associated with important meteorological events.

PALABRAS CLAVES:

Río de la Plata, Marea Astronómica, Interacciones

INTRODUCCIÓN

El Río de la Plata es un cuerpo de agua con una hidrodinámica compleja, presentando una variabilidad asociada al forzante meteorológico tan importante como aquella asociada al astronómico. Tradicionalmente los pronósticos de marea astronómica (Tablas de marea) se basan en los resultados de análisis armónicos de series observadas de niveles lo más extensas posible. Sin embargo, en un ambiente donde coexisten variabilidades astronómicas y no astronómicas del mismo orden, surge como interrogante que tan fuertes son las interacciones entre las mismas y por ende que tanto se puede apartar la marea astronómica observada de la prevista por las Tablas de marea. Esta situación ha sido observada en el estuario del Río Amazonas por interacción de la marea astronómica con el caudal descargado por el río (Gallo and Vinzon, 2005), y en varios otros estuarios por interacción con eventos de marea meteorológica (Horsburg and Wilson, 2007). En base la motivación antes descrita, en este trabajo se evaluó la existencia de modificaciones en la marea astronómica observada en el Río de la Plata debidas a interacciones con en el caudal que circula por el mismo, así como también debido a la interacción con eventos meteorológicos.

En lo que respecta a la interacción marea astronómica – marea meteorológica, existen varios antecedentes de su estudio. Los primeros análisis teóricos fueron llevados a cabo por Proudman (1955a, 1955b, 1957) mostrando que la elevación máxima de una onda de tormenta es menor cuando ocurre cerca de una pleamar que cuando ocurre cerca de una bajamar, en el caso de una onda progresiva. Para una onda estacionaria se espera un comportamiento contrario. Doodson (1956) mostró que la interacción afecta la forma y altura de las ondas de tormenta. Este tema fue estudiado para el Río Támesis por varios autores Rossiter (1961), Banks (1974), Prandle and Wolf (1978), and Wolf (1981). Trabajos recientes como Bernier and Thompson (2007) y Horsburgh and Wilson (2007) presentan una buena síntesis de dichos antecedentes. Horsburgh and Wilson (2007) confirmaron la tendencia de los picos en la series residuales a ocurrir en la marea creciente, la cual es descrita en trabajos anteriores. Trabajos recientes en la temática en otras regiones del mundo, como As-Salek and Yasuda (2001), Parkash et al. (2008) y Zhang et al. (2010), muestran la vigencia de esta temática.

INFORMACIÓN DISPONIBLE

Datos de niveles

Para este trabajo se contó con registros horarios de niveles en diez estaciones mareográficas, a saber, Mar del Plata, La Paloma, Punta del Este, San Clemente, Montevideo, Torre Oyarvide, Pilote Norden, Colonia, Buenos Aires y Conchillas. En la Figura 1 se muestra la ubicación geográfica de cada una de estas estaciones. Esta información ha sido recopilada por el IMFIA durante diversos proyectos y fue proporcionada por distintas instituciones. Los datos correspondientes a las estaciones Mar del Plata, Torre Oyarvide y Buenos Aires fueron aportados por el Servicio de Hidrografía Naval de la República Argentina, mientras que los datos de las estaciones ubicadas sobre la costa Uruguaya fueron provistos por el Servicio de Oceanografía, Hidrografía y Meteorología de la Armada y la Dirección Nacional de Hidrografía del Uruguay. En el caso de las estaciones Pilote Norden y Conchillas, los datos fueron suministrados por la empresa RioVia S.A.

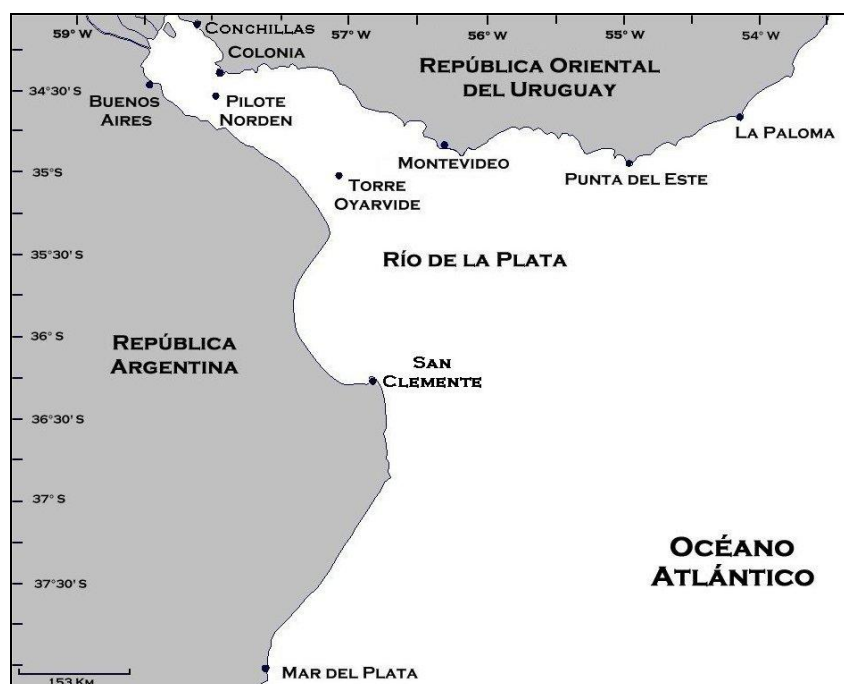


Figura 1.- Ubicación de las estaciones mareográficas con datos disponibles.

Tabla 1.- Porcentaje de datos disponibles en cada mes del año 2004 para cada estación mareográfica.

Estación	2004											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Mar del Plata	79	100	100	100	100	100	100	100	0	100	100	0
La Paloma	68	45	100	100	100	37	100	100	100	100	100	100
Punta del Este	61	79	100	100	100	100	100	100	27	100	85	100
Montevideo	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Torre Oyarvide	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Pilote Norden	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	58	96
Colonia	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Buenos Aires	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

A los efectos de este estudio es necesario disponer de datos de niveles simultáneamente en las distintas estaciones mencionadas, y a su vez para utilizar ciertas herramientas como el análisis de armónicos se debe buscar el período continuo más largo posible. Al imponer estas restricciones a la base de datos disponibles, el período de estudio resulta ser el año 2004 utilizando únicamente datos de las estaciones: Torre Oyarvide, Montevideo, Colonia y Buenos Aires. Para ciertos análisis en particular será de interés utilizar los datos de Mar del Plata por ser una estación ubicada fuera del estuario y representativa de la condiciones de entrada al mismo. Sin embargo, como se ve en la Tabla 1 la serie presenta datos faltantes en tres meses del año.

Datos de caudales

En lo que respecta a la información disponible de caudales aportados por los principales afluentes del Río de la Plata, las fuentes de información utilizadas fueron tres. Por un lado a los efectos de tener una estimación del caudal aportado por el Río Uruguay se consiguieron datos de caudal medio diario erogado por las represas de Salto Grande sobre el Río Uruguay y la de Constitución ubicada sobre el Río Negro, principal tributario del Río Uruguay. Los datos correspondientes a la primera de ellas fueron brindados por la Comisión Mixta de Salto Grande (CTM), mientras que los segundos fueron aportados por la Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas (UTE).

En lo que respecta al Río Paraná se obtuvieron datos de caudal medio diario a través de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de Argentina. Los datos corresponden a las estaciones 3050 - Paraná (Túnel) y 3316 - Paraná (Timbúes), siendo los períodos obtenidos los comprendidos entre 25/01/1904 - 31/08/2007 y 01/01/1905 - 31/08/2007 respectivamente.

En la Figura 2 se muestra la ubicación geográfica de las estaciones mencionadas anteriormente.



Figura 2.- Ubicación de los puntos donde se dispone de datos de caudal medio diario.

Como se mencionó anteriormente debido a la restricción impuesta por la disponibilidad de datos de niveles, se considera como período de estudio en año 2004.

METODOLOGÍA

La conceptualización del problema es la siguiente, la serie de niveles horaria observada en cada estación se considera como la superposición de las siguientes variabilidades:

$$\begin{aligned} Total = & Astronómica + Meteorológica + Caudal + \\ & + Interacc. Astro./Meteo. + Interacc. Astro./Q + Interacc. Meteo./Q. \end{aligned} \quad [1]$$

La separación estricta de cada una de ellas es prácticamente inviable, sin embargo, existen ciertas consideraciones que son de utilidad para su estimación. Primero aquellas relacionadas a las escalas temporales, la variabilidad asociada a los forzantes meteorológicos y el caudal es del orden de 2 – 15 días para el primero y de meses para el segundo. Por otra parte la variabilidad astronómica principal tiene lugar en períodos diurnos y semi diurnos. Por ende las respectivas interacciones están asociadas a dichas escalas, esto es, la interacción Astro.-Meteo. es de esperar tenga lugar en la escala de los eventos meteorológicos, mientras que las interacciones con el caudal ocurre en la escala de meses. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta un esquema de las distintas escalas temporales de las variabilidades consideradas y la escala temporal en la que ocurren las interacciones.

Tabla 3.- Esquema de escalas temporales de las variabilidades consideradas y sus respectivas interacciones.

Variabilidad del Caudal	Meses			
Eventos Meteorológicos	15 días	Afectación sobre los eventos Meteo. debido a la Marea Astro.		Afectación sobre los eventos Meteo. debido a la variación de Q
	2 días			
Marea astronómica principal	1 día		Afectación sobre la Marea Astro. debido a los eventos Meteo.	Afectación sobre la Marea Astro debido a la variación del Q
	12 hs.			
		12 hs.	1 día	2 días
			15 días	Meses
		Escala temporal en la que tiene lugar la interacción		

La segunda consideración es la previsibilidad de la marea astronómica debido a la periodicidad de su forzante. Por esta razón es plausible aceptar que un ajuste de armónicos durante un período largo permite obtener una marea astronómica “media”, de referencia, entendiendo que en ese período el resultado se independiza de las interacciones las cuales tiene escalas de días y meses. Una observación importante es que como se ve en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** las componentes de marea astronómica de largo período (ej. Msf, SA, SSA, etc.) comparten la escala temporal de las otras variabilidades y por ende su separación es difícil y solo sería posible mediante el análisis de armónicos de una serie de varios años. En lo que sigue cuando se haga referencia a este ajuste de armónicos anual, que será considerado como la marea astronómica de referencia, se trata de las componentes astronómicas de mayor frecuencia (diurnas y semidiurnas).

Por otra parte, aplicando un filtro pasa bajos es posible remover las componentes de marea astronómica principales obteniendo así series asociadas a la variabilidad meteorológica y de mayor período (caudal e interacciones Meteo./Q). En este sentido se evaluaron algunas alternativas de filtros pasa bajos, el filtro de 72 hs. propuesto por Pugh (1987), el de 10 días propuesto por Thompson (1983) y finalmente una media móvil centrada de 24 horas. Luego de una comparación entre los resultados obtenidos con cada uno se optó por utilizar el filtro de Thompson.

De esta forma, restando la estimación de la variabilidad meteorológica dada por la serie filtrada a la serie original, se obtiene una serie que contiene la variabilidad astronómica principal junto con sus interacciones con los eventos meteorológicos y el caudal, esto es:

$$\text{Total} - \text{Meteorológica} + \text{Caudal} - \text{Interacc. Meteo./Q} = \text{Astronómica} + \text{Interacc. Astro./Meteo.} + \text{Interacc. Astro./Q.} \quad [2]$$

Luego es posible comparar esta serie con la estimación de la marea “media” o “pura” obtenida con el análisis de armónicos sobre todo el año, observando así las interacciones e identificar las afectaciones de la marea astronómica debidas a la descarga de los ríos y a la marea astronómica. El estudio de las afectaciones de los eventos meteorológicos debidas a la marea astronómica y a las variaciones de caudal no es posible dado que no se tiene una serie meteorológica “de referencia” (no afectada) como es el caso para la marea astronómica. Una forma de abordar este problema sería utilizando simulaciones numéricas únicamente con forzantes meteorológicos. En la Figura 3 se muestra esquemáticamente cuales son las variabilidades capturadas con cada una de las metodologías antes descritas.

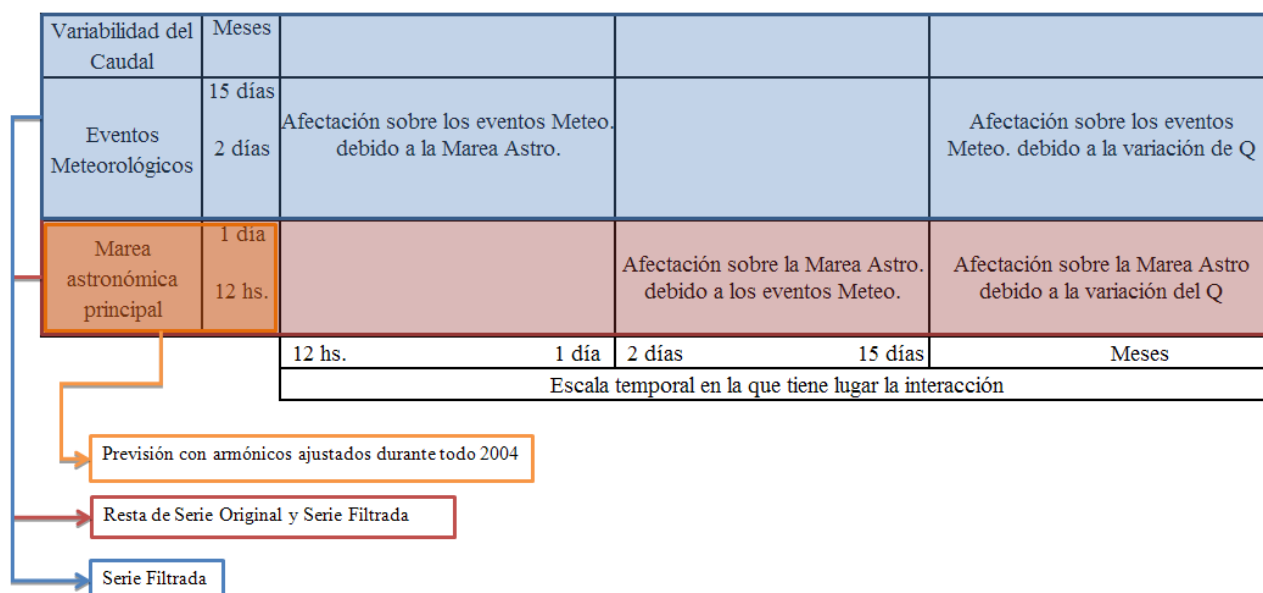


Figura 3.- Esquema de las variabilidades capturadas con cada procedimiento.

A los efectos de estudiar la afectación de la marea astronómica debido a la variación del caudal, dado que esta última tiene lugar en la escala temporal de meses, se propone realizar ajustes de armónicos para cada mes del año. Las variaciones observadas intentarán ser vinculadas a los caudales medios mensuales. Durante todo el trabajo en lo que a ajustes de armónicos respecta se utilizó el paquete de funciones Matlab® denominado Ttide (Pawlowicz et al., 2002).

Por otra parte, el estudio de la afectación generada por los eventos meteorológicos sobre la marea astronómica difícilmente se puede enfocar con la metodología de análisis armónico. Esto se debe a que el criterio de Raileigh impone restricciones a la longitud mínima del período en el cual se puede realizar el ajuste para separar las distintas componentes, por ejemplo el mínimo para separar las semidiurnas principales (M2, S2) es de 14,7 días, la cual aún es una ventana temporal en la que ocurren varios eventos meteorológicos que pueden tener efectos contrarios. El problema subyacente es que el análisis armónico descompone la señal en funciones trigonométricas con amplitudes y fases constantes en el tiempo. Aquí justamente se intenta estudiar la no estacionariedad de esas constantes, esto se puede pensar como modificaciones de la amplitud y de la fase de las componentes de la marea astronómica en función del tiempo. El análisis de series oscilatorias no estacionario ha sido atacado con diversas herramientas, en este trabajo se decidió explorar la utilización del análisis de wavelets. Aplicaciones en temas relacionados al objeto de este trabajo son Reis, et al. (2009), donde se estudia la influencia de la descarga de un río en la marea astronómica, y Flinchem & Jay (2000) donde se trata en forma más general la utilización de la técnica de wavelets para el análisis de mareas.

Se trabajó con el análisis de wavelets discreto (DWT) utilizando la wavelet madre Daubechies de grado 30. Se utilizaron 8 niveles, esto quiere decir que las escalas (sucesivas potencias de 2) van de 2 a 256 horas. A diferencia del análisis de armónicos donde se descompone la señal en las frecuencias conocidas producto de la mecánica celeste, en el análisis de wavelets se descompone la señal en distintas series temporales (Detalles) con una escala (frecuencia) asociada la cual puede agrupar varias de las componentes astronómicas conocidas. En otras palabras, el Detalle 3 (correspondiente a la escala $2^3 = 8$ horas) contendrá la variabilidad semidiurna en su totalidad, mientras que en el análisis de armónicos se descompone en varias frecuencias específicas. De manera que con este análisis será posible identificar las afectaciones que existen durante eventos meteorológicos sobre la variabilidad semi diurna, pero no sobre cada una de las componentes astronómicas “tradicionales”.

Siguiendo la línea de razonamiento que se ha planteado hasta ahora, el análisis de wavelets fue realizado sobre la serie original restando la serie filtrada, y luego sobre la previsión obtenida con un ajuste de armónicos sobre todo el año. En principio se analizaron las diferencias observadas en el Detalle 3 que como ya se mencionó captura la variabilidad semi diurna.

A los efectos de cuantificar los desfases entre los dos Detalles obtenidos la metodología seguida es la siguiente, para cada instante se tomó una ventana 6 horas centrada y se calculó la correlación entre las dos señales para distintos lag's temporales (múltiplos de una hora) tanto positivos como negativos. De esta forma, se desfasa una señal respecto a la otra y se calcula la correlación, cuando se ponen “en fase” la correlación es máxima y se considera ese lag temporal como el desfase que existe entre las señales originales. Una vez conocido este desfase entre las señales es posible calcular una diferencia entre ellas incorporándolo, de manera de obtener por ejemplo cuanto se amplifica o reduce la pleamar en cierto ciclo. Esta evolución temporal del desfase y amplitud de las variaciones semi diurnas será observada en conjunto con los eventos meteorológicos (representados por la serie de niveles filtrada) a los efectos de identificar la vinculación entre ellos.

RESULTADOS

Interacciones con el caudal circulante

Como resultado de los análisis de armónicos para cada mes del año 2004, se observó que la principal componente astronómica (M2, semi diurna) no presenta una modificación significativa en su amplitud pero sí en su fase. En la Figura 4 se presentan los resultados, amplitud y fase para cada mes del año en cuatro estaciones mareográficas, junto con el caudal medio mensual del Río de la Plata. Se observa que las estaciones ubicadas en la costa Argentina (Buenos Aires y Mar del Plata) no presentan cambios significativos a diferencia de las estaciones ubicadas en la costa uruguaya (Colonia y Montevideo) que presentan retrasos (aumento de fases) acordes a la variación (aumento) observada en el caudal. Esta diferencia puede ser asociada a que por la batimetría la mayor parte del caudal es conducido contra la costa uruguaya.

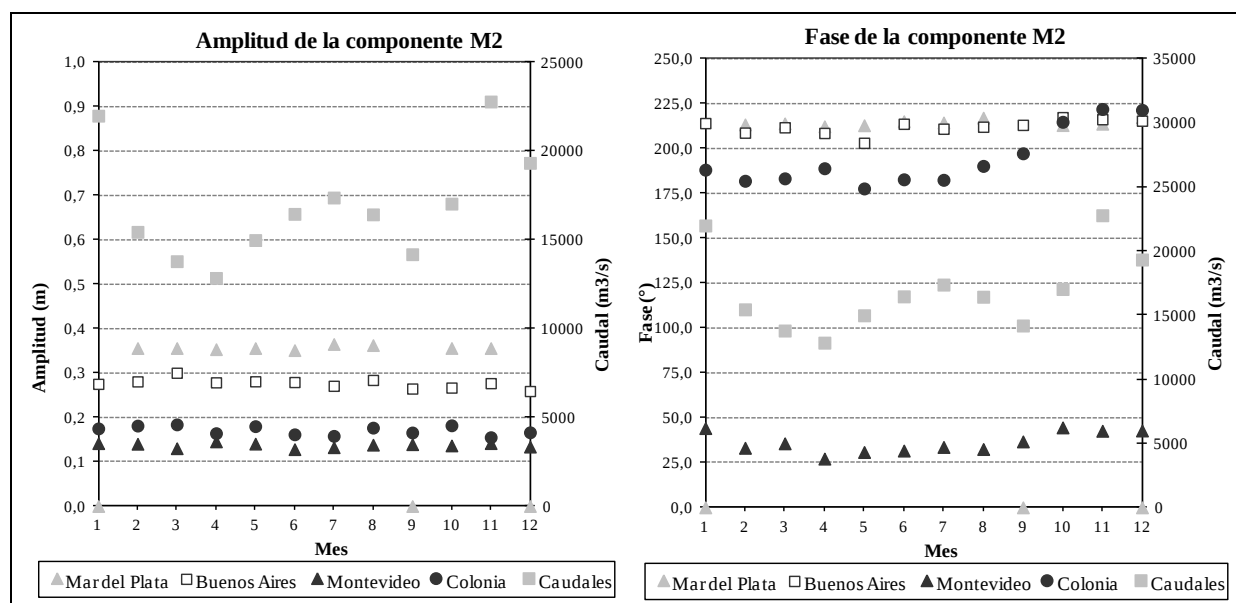


Figura 4.- Amplitud (izquierda) y fase (derecha) de la componente M2 para cada mes del año 2004.

Interacciones con los eventos meteorológicos

La interacción con los eventos meteorológicos fue estudiada con el análisis de wavelets como se mencionó anteriormente. Los resultados para la estación Mar del Plata (Figura 5) no muestran prácticamente diferencias entre ambas series, esto es, no habría una interacción astronómica/meteorológica significativa. En la estación Torre Oyarvide (Figura 6) se observan tanto modificaciones en la fase como en la amplitud durante eventos meteorológicos significativos. Resultados similares se observan en la estación Montevideo, debido a la diferencia de amplitudes astronómicas que existe entre la costa Argentina y Uruguay. Finalmente en las estaciones Pilote Norden y Buenos Aires (Figura 7) las interacciones tienen cada vez una magnitud mayor. Las diferencias de fase observadas (adelantamiento durante eventos meteorológico positivos y retraso en eventos negativos) son coherentes con el hecho de que la onda se propague con una celeridad cercana a $\frac{1}{24}$ donde es la profundidad media y la variación por eventos meteorológicos. La vinculación del cambio en la amplitud con los eventos meteorológicos no resulta tan clara, si bien en muchos casos parece haber una amplificación durante eventos positivos y atenuación en eventos negativos.

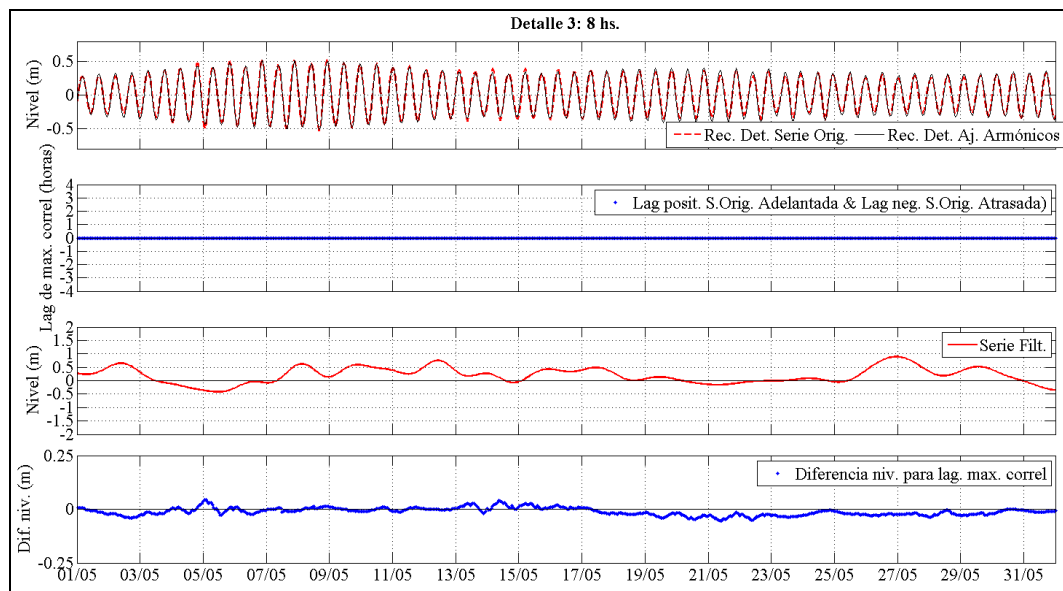


Figura 5.- Resultados obtenidos con el análisis de wavelets sobre la serie original y la previsión obtenida con el ajuste de armónicos en la estación de Mar del Plata.

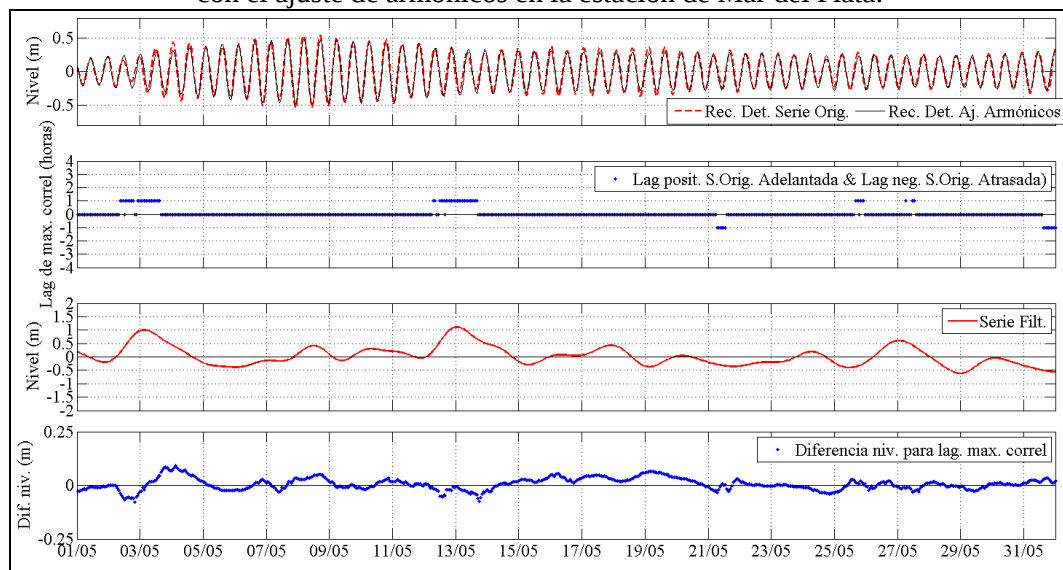


Figura 6.- Resultados obtenidos con el análisis de wavelets sobre la serie original y la previsión obtenida con el ajuste de armónicos en la estación de Torre Oyarvide.

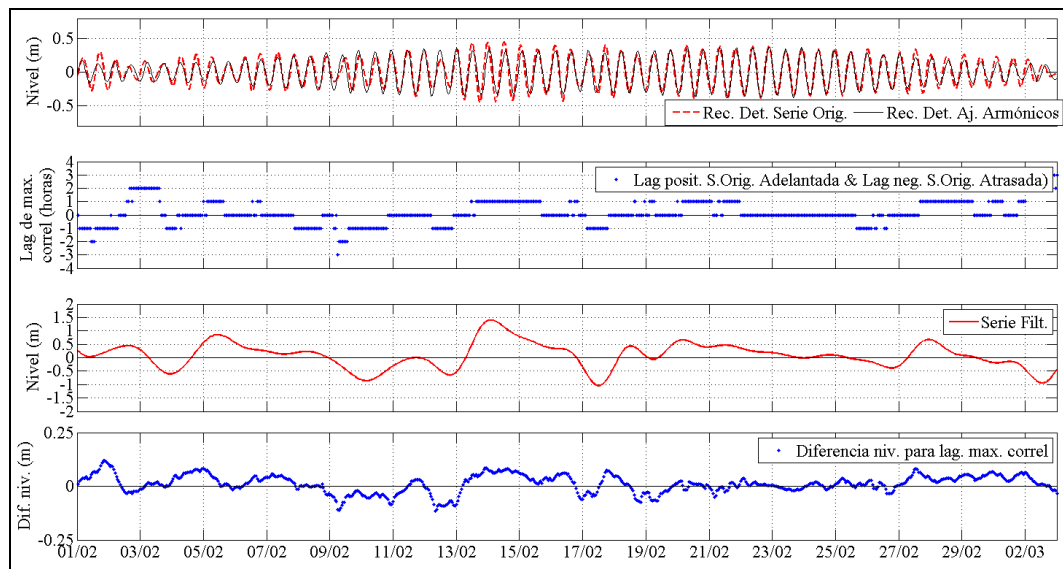


Figura 7.- Resultados obtenidos con el análisis de wavelets sobre la serie original y la previsión obtenida con el ajuste de armónicos en la estación de Buenos Aires.

CONCLUSIONES

El análisis de series horarias de niveles en varias estaciones mareográficas del Río de la Plata en un período de un año permitió identificar una modificación de la fase de la principal componente astronómica en forma coherente con la variación observada en el caudal que circula en el estuario. Dicha afectación es observada en las estaciones ubicadas en la costa uruguaya y no así en las argentinas, lo cual resulta razonable teniendo en cuenta que la mayor parte del caudal aportado por los afluentes al Río de la Plata circula recostado a la costa uruguaya.

Se observaron interacciones de la marea astronómica con la marea meteorológica, las cuales fueron estudiadas mediante la técnica de wavelets. Se encontraron modificaciones en la fase de las oscilaciones semi-diurnas consistentes con la ocurrencia de los eventos meteorológicos, observándose adelantamientos que pueden alcanzar varias horas durante eventos meteorológicos positivos y retrasos del mismo orden durante eventos negativos. En lo que respecta a la modificación de la amplitud, se observan modificaciones, sin embargo no fue posible identificar un comportamiento consistente durante los eventos ocurridos durante 2004.

Los análisis aquí realizados ponen de manifiesto la existencia de las interacciones a través del análisis de datos observados, un siguiente paso que resulta de mucho interés es el estudio de las mismas mediante modelación numérica. En este sentido simulaciones solo con forzantes atmosféricos, solo con forzantes astronómicos y luego ambos en conjunto permitirían cuantificar las interacciones en ambos sentidos. Por otra parte, la influencia del caudal puede ser sencillamente evaluada mediante la simulación de escenarios con caudales extremos máximos y mínimos.

REFERENCIAS

- As-Salek, J. A., and T. Yasuda** (2001), "Tide-surge interaction in the Meghna Estuary: Most severe conditions", *J. Phys. Oceanogr.*, Vol. 31, pp. 3059–3072, doi:10.1175/1520-0485(2001)031<3059:TSITM>2.0.CO;2.
- Banks, J. E.** (1974), "A mathematical model of a river shallow sea system used to investigate tide, surge and their interaction in Thames Southern North Sea region", *Philos. Trans. R. Soc. A*, Vol. 275, pp. 567–609, doi:10.1098/rsta.1974.0002.
- Bernier, N. B., and K. R. Thompson** (2007), "Tide-surge interaction off the east coast of Canada and northeastern United States", *J. Geophys. Res.*, Vol. 112, C06008, doi:10.1029/2006JC003793.

- Doodson, A. T.** (1956), "Tides and storm surges in a long uniform gulf", *Proc. R. Soc. Lond. A*, Vol. 237, pp. 325–343, doi:10.1098/rspa.1956.0180.
- Flinchem, E.P. and Jay, D.A.**, (2000). "An introduction to Wavelet Transform Tidal Analysis Methods". *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Vol. 51, pp. 177–200.
- Gallo, M., Vinzon, B.**, (2005). "Generation of overtides and compound tides in Amazon estuary". *Ocean Dynamics* Vol. 55, pp. 441–448.
- Horsburgh, K. J., and C. Wilson** (2007), "Tide-surge interaction and its role in the distribution of surge residuals in the North Sea", *J. Geophys. Res.*, 112, C08003, doi:10.1029/2006JC004033.
- Prakash, C. S., Indu, J., Neetu B., Ambarukhana, D., Shishir K. D.**, (2008). "Numerical modeling of tide-surge interaction along Orissa coast of India". *Nat Hazards* Vol. 45, pp.413–427. doi10.1007/s11069-007-9176-4
- Pawlowicz R.; Beardsley, B.; Lentz, S.** (2002). "Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T TIDE". *Computers & Geosciences* 28, pp. 929–937.
- Prandle, D., and J. Wolf** (1978), "Surge-tide interaction in the South North Sea", in *Nihoul, Hydrodynamics of Estuaries and Fjords (Proceedings of the 9th International Liege Colloquium on Ocean Hydrodynamics)*, edited by J. C. J., pp. 161–185, Amsterdam, Elsevier.
- Proudman, J.** (1955a), "The propagation of tide and surge in an estuary", *Proc. R. Soc. Lond. A*, Vol. 231, pp. 8–24.
- Proudman, J.** (1955b), "The effect of friction on a progressive wave of tide and surge in an estuary", *Proc. R. Soc. Lond. A*, Vol. 233, pp. 407–418.
- Proudman, J.** (1957), "Oscillation of tide and surge in an estuary of finite length", *J. Fluid Mech.*, Vol. 2, pp. 371–382.
- Pugh, D. T.** (1987). *Tides, surges and mean sea-level*. John Wiley & Sons, Chichester. 472 pp.
- Reis, J. L., Martinho, A.S., Pires-Silva, A.A. and Silva, A.J.**, (2009). "Assessing the influence of the river discharge on the Minho estuary tidal regime". *Journal of Coastal Research*, SI 56 (Proceedings of the 10th International Coastal Symposium), pp. 1405 – 1409. Lisbon, Portugal, ISSN 0749-0258.
- Rossiter, J. R.** (1961), "Interaction between tide and surge in the Thames", *Geophys. J.*, Vol. 6, pp. 29–53, doi:10.1111/j.1365-246X.1961.tb02960.x.
- Santoro, P.**, (2011). *Estudio de la Marea Meteorológica en el Río de la Plata*. Tesis de Maestría, Universidad de la República, Uruguay, 210 pp.
- Thompson, R.** (1983). "Low-Pass Filters to Suppress Inertial and Tidal Frequencies", *Journal of Physical Oceanography* Vol. 13, pp. 1077 – 1083.
- Wolf, J.** (1981), "Surge-tide interaction in the North Sea and River Thames, in *Floods due to high winds and tides*", edited by D. H. Peregrine, pp. 75–94, Academic, London.
- Zhang, W.Z., F. Shi, H.S. Hong, S.P. Shang, and J. T. Kirby** (2010), "Tide-surge Interaction Intensified by the Taiwan Strait", *J. Geophys. Res.*, 115, C06012, doi:10.1029/2009JC005762.