

## MODELO HIDRODINAMICO PARA EL RIO DE LA PLATA<sup>1</sup>

Carlos A. Mazio

Servicio de Hidrografia Naval  
Montes de Oca 2124, 1271 Buenos Aires, República Argentina

**RESUMEN:** Se presenta un modelo unidireccional para el Río de la Plata, resolviéndose numéricamente la ecuación de continuidad y la ecuación de movimiento incluyendo un término de fricción cuadrática. Para 19 puntos en la dirección de descarga se estiman las constantes armónicas de las componentes de marea  $M_2$ ,  $S_2$ ,  $N_2$ ,  $K_1$  y  $O_1$ , a partir de la confección de cartas de cotidales e isoamplitudes para cada una de ellas. Con ecuación de continuidad se obtiene la corriente barotrópica integrada horizontal y verticalmente a través de cada sección del río, mediante la batimetría de 179 puntos, permitiendo calcular así el término de amortiguamiento de cada componente. Utilizando la ecuación de movimiento y las condiciones de contorno, se estiman la marea y la corriente en la dirección ya indicada. Como resultado, el modelo ofrece la situación dinámica del río y su evolución temporal contrastándose con las observaciones en el área.

**Palabras clave:** Modelo hidrodinámico, Río de la Plata.

**SUMMARY: A HYDRODYNAMIC MODEL FOR THE RIO DE LA PLATA.**— A one dimensional model for the Río de la Plata is described; the equations of hydrodynamics are solved using the quadratic law of friction. The harmonic constants of the tidal constituents  $M_2$ ,  $S_2$ ,  $N_2$ ,  $K_1$  and  $O_1$ , estimates in 19 points of the discharge direction are obtained by the respective cotidal and isoamplitude charts.

With the continuity equation the barotropic current horizontal and vertical integrated is obtained across each section by means of the 179 bathymetric points. Successively the frictional damping term is evaluated for each constituent. In the direction indicated, the tide and the tidal current are obtained with the equation of motion and the boundary conditions.

The numerical model reproduces adequately the dynamic representation of the tide along the river and to make it compatible with the observation in the area.

**Key words:** Hydrodynamic model, Río de la Plata.

### INTRODUCCION

El presente trabajo brinda la adaptación de un modelo unidireccional descrito por Godin (1985) para el Golfo de California. Puesto que las características dinámicas en dicho golfo tienen muchas similitudes a las del Río de la Plata, las que podrían resumirse en que la señal de marea externa contiene las mismas componentes diurnas y semidiurnas más energéticas ( $K_1$  y  $O_1$  por un lado,  $M_2$ ,  $S_2$  y  $N_2$  por el otro) así como la penetración de la onda en una cuenca con tipos y valores de la marea, corriente de marea y efecto friccional parecidos, hacen que su aplicación al Río de la Plata brinde en una primera aproximación un entendimiento adecuado de su dinámica, y a la vez, sea una herramienta útil para planificar futuras mediciones y un esquema preliminar a modelos más completos, pero consecuentemente, más complejos.

### FUNDAMENTACION TEORICA

Se utilizaron las ecuaciones hidrodinámicas aplicadas a un canal unidimensional de ancho ( $B$ ) y profundidad ( $H$ ) variables según tal dirección ( $x$ ), expresables por Defant (1961):

$$\frac{du}{dt} + u \frac{du}{dx} = -g \frac{dz}{dx} - \frac{r}{H} u |u| \quad (1)$$

$$\frac{d}{dx} (BHu) = - \frac{d(Bz)}{dt} \quad (2)$$

donde  $u$  es el componente de la corriente según  $x$ ,  $g$  es la aceleración de la gravedad,  $z$  es el desplazamiento superficial debido a la perturbación (se supone  $H + z \cong H$ ) y

$r = \frac{g}{C^2} = 0,0036$ , (donde  $C$  es el coeficiente de fricción de Chézy).

El término de fricción incluido en (1) explica la presencia de componentes de marea en ríos y la transferencia de energía a otras frecuencias. El valor de la constante  $r$  es empírico y se adopta el más comúnmente utilizado (Dronkers, 1964).

Se admite que las oscilaciones de marea en la boca del río están poco afectadas por los efectos no lineales y consecuentemente pueden ser representadas por una superposición de armónicas:

$$z = \sum_j z_j' \cos(s_j t - a_j) \quad (3)$$

$$u = \sum_j u_j' \cos(s_j t - b_j) \quad (4)$$

donde ( $s_j$ ) son las frecuencias más representa-

<sup>1</sup> Este trabajo fue presentado en el Cuarto Simposio Científico de la CTMFM, noviembre de 1987.

tivas de la señal de marea;  $(z_r, a_j)$  son las amplitudes y fases de las oscilaciones verticales y  $(u_r, b_j)$  son las amplitudes y fases de la corriente de marea.

Naturalmente, los términos convectivo y friccional causarán dentro del río, la interacción entre las componentes de la marea inyectadas en la boca de la cuenca.

Se ha demostrado que dichos términos son más pequeños que los lineales de (1) y (2), y por lo tanto, se puede utilizar una aproximación por perturbación para representar la señal dentro de la cuenca, superponiendo las armónicas originales (3) y (4) y una corrección a primer orden hecha a las armónicas adicionales creados por esta interacción (Kravtchenko y Le Provost, 1970).

Las soluciones de las ecuaciones (1) y (2) pueden expresarse como:

$$u = u^{(0)} + u^{(1)} \tag{5}$$

$$z = x^{(0)} + z^{(1)}$$

donde  $u^{(0)}$  y  $z^{(0)}$  satisfacen las ecuaciones lineales:

$$\frac{du^{(0)}}{dt} + g \frac{dz^{(0)}}{dx} = 0 \tag{6}$$

$$\frac{d}{dx} (BH u^{(0)}) + \frac{d}{dt} (Bz^{(0)}) = 0$$

Mientras que las correcciones no lineales  $u^{(1)}$  y  $z^{(1)}$  satisfacen en primer orden:

$$\begin{aligned} \frac{du^{(1)}}{dt} + g \frac{dz^{(1)}}{dx} = \\ = -u^{(0)} \frac{du^{(0)}}{dx} - \frac{r}{H} u^{(0)} |u^{(0)}| \end{aligned} \tag{7}$$

$$\frac{d}{dx} (BH u^{(1)}) = - \frac{d}{dt} (Bz^{(1)})$$

Los términos no lineales involucran a  $u^{(0)}$  exclusivamente. Si

$$U \equiv \sum_j u_j \tag{8}$$

entonces:

$$u^{(0)} = U \sum_j u_j \cos s_j \tag{9}$$

$$\text{con } u_j = \frac{u_j}{U} \text{ y } s_j = s_j t - b_j$$

El término convectivo, en dicha aproximación, contribuye al nivel medio y crea las nuevas frecuencias  $2s_j$  y  $s_j \pm s_k$ , y será menor que el correspondiente a fricción.

El término de fricción, utilizando la siguiente aproximación:

$$u |u| \approx 1/2 (mu + \frac{u^3}{m}) \tag{10}$$

con  $m = 0,7$  para el intervalo  $0 \leq u \leq 1$  (Korn y Korn, 1968), crea las nuevas frecuencias:  $3s_j$ ;  $s_j \pm s_k \pm s_m$ ;  $2s_j \pm s_k$ , así como contribuciones a las frecuencias originales  $s_j$ .

Es de resaltar que el amortiguamiento friccional de una armónica dada involucra el efecto de todas las otras presentes en la entrada, o sea que es un efecto mutuo. Esto implica que si se utiliza, como aquí, una expresión para el término de fricción de tipo cuadrático con la velocidad, deben tenerse en cuenta todas las componentes presentes en la entrada de la boca del río y no considerar sólo una. Asimismo, las contribuciones a una componente dada debida a las interacciones entre otras componentes son bastante menores que la del término de fricción que afecta a la frecuencia original (Godin, 1985). Por lo tanto, teniendo en cuenta únicamente este término, su cálculo puede iniciarse mediante:

$$\begin{aligned} \frac{u^{(0)} |u^{(0)}|}{U^2} = 1/2 \left\{ \sum_j [m u_j + \frac{3}{4m} u_j^3] + \right. \\ \left. + \frac{3}{2} u_j \sum_{k \neq j} u_k^2 \right\} \cos s_j \end{aligned} \tag{11}$$

$$\text{Si } A_j \equiv 1/2 \left[ m + \frac{3u_j^2}{4m} \right] + \frac{3}{4m} \sum_k u_k^2, \tag{12}$$

factor de amplificación, entonces, para la componente  $j$  se tendrá:

$$\left[ \frac{u^{(0)} |u^{(0)}|}{U^2} \right]_j = A_j u_j e^{-i(s_j t - b_j)}$$

$$\left[ \frac{r}{H} u^{(0)} |u^{(0)}| \right]_j = \frac{r}{H} A_j u_j U^2 e^{-i(s_j t - b_j)}$$

$$= \frac{r}{H} A_i U u_j e^{-i(s_j' t - b_j)}$$

siendo  $r_j = \frac{r}{H} a_j U$ , el coeficiente de amortiguamiento, el término de fricción para dicha componente será:

$$\left[ \frac{r}{H} u^{(0)} | u^{(0)} \right]_j = r_j u_j' e^{-i(s_j' t - b_j)} \quad (13)$$

Resumiendo, las ecuaciones (1) y (2) para tal componente podrán expresarse mediante:

$$-i s_j' u_j' + g \frac{dz_j}{dx} = -r_j(x) u_j' \quad (14)$$

$$\frac{d}{dx} (B H u_j) - i s_j z_j B = 0 \quad (15)$$

### IMPLEMENTACION DEL MODELO

Las ecuaciones (14) y (15) pueden ser resueltas por diferencias finitas sobre una secuencia de puntos separados por una distancia  $D/2$  en la dirección elegida  $x$ . O sea, para una componente dada de frecuencia  $s$ :

$$z_m = z_{m-2} + (is - r_{m-1}) \frac{D}{g} u_{m-1} \quad (16)$$

$$(B H u)_{m+2} = is D (b z)_{m+1} + (B H u)_m \quad (17)$$

con  $n$  un número par y  $m$  un número impar.

Así, fijadas las condiciones de contorno  $u_0$  y  $z_1$ , mediante la ecuación (17) se obtiene  $u_2$  (con  $n = 0$ ); con este resultado y con la ecuación (16) se halla  $z_3$  (con  $m = 3$ ) y así sucesivamente.

### Dirección y discretización

Como es obvio, la dirección a adoptar debe ser aquella que sea representativa de la circulación, en nuestro caso, la dirección de descarga. Para ello se eligió un segmento con origen en el delta del Río de la Plata (en las proximidades de Martín García) y con una dirección perpendicular a la desembocadura en el Océano Atlántico, adoptándose para ésta la recta que une Punta del Este (República Oriental del Uruguay) con Faro San Clemente (República Argentina). La dirección elegida tiene una inclinación aproximada a los  $45^\circ$  respecto a la de los paralelos de la zona en estudio.

Teniendo en cuenta, por un lado, toda la información disponible de la región, y por otro, el campo

de variación de los parámetros involucrados, se concluyó que la utilización de 19 puntos equiespaciados, numerados de 0 a 18 (Fig. 1), brindaban una razonable imagen de la situación dinámica. Consecuentemente, la separación entre ellos resulta de aproximadamente 15 Km.

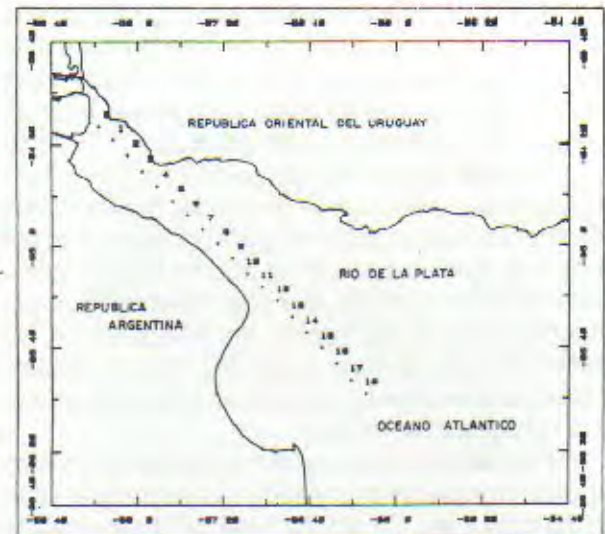


Fig. 1. Carta de situación.

### Parámetros geométricos

Como puede verse en las ecuaciones (16) y (17) deben considerarse tanto el ancho ( $B$ ) como la profundidad ( $H$ ) para cada punto. Para esto, en cada sección transversal, se discretizó en puntos separados por la misma distancia  $D/2$  hasta las riberas y se tomó la batimetría en cada uno de ellos (en total 179).

### Parámetro de amortiguamiento

El coeficiente de amortiguamiento (relación (13)) es un dato a introducir en la ecuación (16) para su resolución, o sea, debe darse su valor en cada punto par de la discretización y para cada componente.

Para su cálculo debe estimarse el factor de amplificación (relación (12)) y  $U$  (relación (8)), el valor máximo posible instantáneo de la corriente. O sea, en definitiva, si dicha corriente se la supone representada por un número dado de componentes de marea debe determinarse las amplitudes de cada una de ellas ( $u_j'$ ) en cada punto considerado.

Para ello, se efectúa una primera aproximación resolviendo únicamente la ecuación de continuidad (17), poniendo como condición de contorno  $u_0 = 0$  e incorporando las constantes de las componentes de marea en los puntos impares ( $z_1, z_3$ , etc.). La adopción de tal condición de contorno no debe resultar artificial, pues debe recordarse que se estudian las

corrientes de marea y no las permanentes.

### Componentes de marea

Tal como se señaló en el inciso anterior, se hace necesario dar las constantes armónicas de las componentes de marea incluidas en la descripción para cada punto del eje de descarga.

A través del conocimiento previo que se dispone del río se consideraron las cinco componentes más importantes: dos diurnas ( $K_1$  y  $O_1$ ) y tres semidiurnas ( $M_2$ ,  $S_2$  y  $N_2$ ), definiendo como importantes las más energéticas, o sea, de mayor amplitud.

Surgiría la pregunta de porqué no incluir más componentes, pudiéndose responder mediante dos consideraciones: la primera, que el modelo ya de por sí es una aproximación en el que no se considera, entre otros, por ejemplo, el efecto meteorológico y la segunda que la estimación de componentes de menor energía se hace cada vez más imprecisa. Consecuentemente no se mejoraría sustancialmente la respuesta del modelo.

Para la estimación de las constantes armónicas se realizaron cartas de cotidales (líneas de igual fase, en nuestro caso, la época referida a Greenwich, anotada con G) (Schureman, 1958) e isoamplitudes para las citadas componentes basadas en la información disponible de 11 estaciones con registros de aceptable continuidad. Ellas fueron: Martín García, San Fernando, Pto. Colonia, Palermo, La Plata, Montevideo, Punta del Este, Oyarvide, Faro San Antonio, San Clemente y Pontón Recalada.

Tanto la información analizada, o sea los análisis armónicos efectuados sobre los registros considerados, así como las configuraciones obtenidas, se encuentran en Mazio (1988).

### Condiciones de contorno

La última consideración a efectuar para la resolución de las ecuaciones (16) y (17) es la de las condiciones de contorno de la corriente y de la marea en el delta del Río de la Plata ( $u_0$  y  $z_1$  respectivamente), para comenzar la iteración.

Godin (1985), empleando parámetros adimensionalizados, aplica las condiciones:

$$\begin{aligned} u &= 0 \text{ en } x = 0 \\ z &= 1 \text{ en } x = D/2 \end{aligned} \quad (18)$$

y al extremo de la integración, el  $z$  calculado es ajustado al impuesto en la condición de contorno del extremo abierto, por multiplicación de una constante adecuada, obteniendo así tanto las amplitudes de marea y de corriente como las diferencias de fase entre el contorno abierto y cada punto considerado.

En nuestro caso esto es casi imposible por no disponer de valores ciertos en las proximidades del punto de intersección del eje de descarga y de desembocadura.

Ante dicha dificultad se resolvió analizar aproximaciones sucesivas modificando los valores elegidos para  $z_1$  de forma tal que la respuesta del modelo en algún punto fuese lo más coincidente posible a los valores realmente observados.

Es así, que adoptando como representativas las constantes de la corriente derivadas de las observaciones en Madrugada I y Apipé (punto 4), se fueron modificando los valores de amplitud y época para las cercanías del delta. Las variaciones en amplitud no traen problemas pues el rango es estrecho por ser su valor más pequeño (la onda de marea se va atenuando pronunciadamente aguas arriba) aunque la elección de la época debió hacerse cuidadosamente a fin de tener una muy buena coincidencia en fase, de importancia para obtener una buena representación dinámica del río.

Naturalmente, para ello, se optó por no manejar parámetros adimensionalizados sino las épocas G.

### RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos para las constantes armónicas de las cinco componentes de marea mediante la aplicación del modelo descrito en las secciones precedentes están condensados en las Figuras 2 a 5. Las amplitudes y épocas para la marea se brindan en las Figuras 2 y 3 respectivamente.

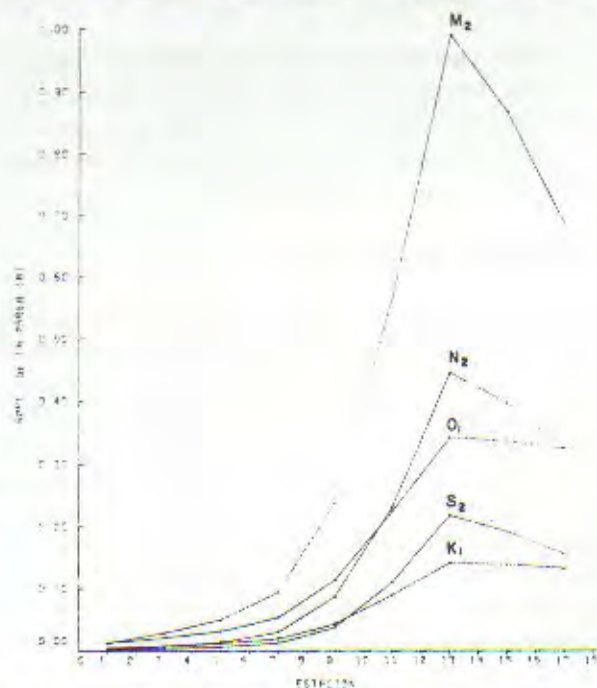


Fig. 2. Amplitud de las componentes de marea  $M_2$ ,  $S_2$ ,  $N_2$ ,  $K_1$  y  $O_1$  a lo largo del eje de descarga del río.

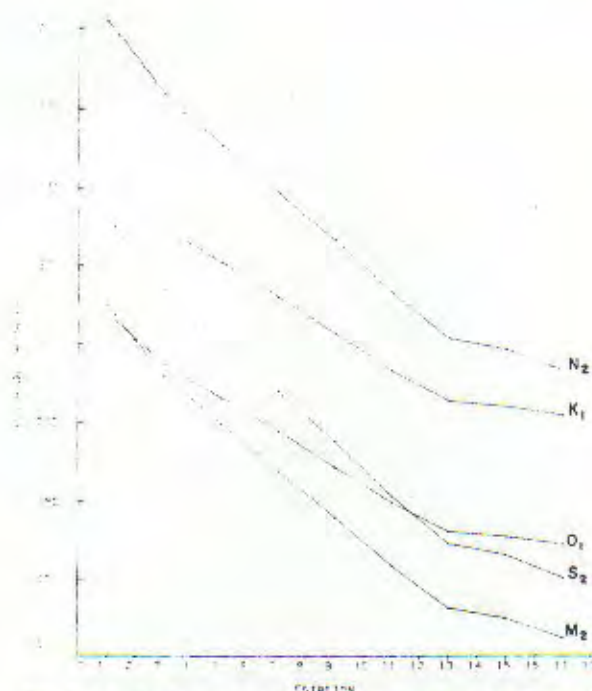


Fig. 3. Amplitud de las componentes de marea  $M_2$ ,  $S_2$ ,  $N_2$ ,  $K_1$  y  $O_1$  a lo largo del eje de descarga del río, para las épocas de dichas componentes.

Respecto a las primeras puede observarse, recorriendo el río desde la desembocadura hacia el delta, su incremento desde el Océano Atlántico hasta el punto caratulado como 13 donde ocurre una fuerte disminución de su sección; a partir de aquí y hasta el punto 7 (proximidades de Atalaya) hay un notable amortiguamiento de las ondas de marea, para llegar finalmente al delta con una muy reducida amplitud. En cuanto a las épocas (G, según lo citado en la sección correspondiente a componentes de marea, pues permite relacionar simultáneamente fases para distintos lugares geográficos) muestran un crecimiento monótono desde la boca hacia aguas arriba, indicando la dirección de propagación de la onda de marea. Además, no cabría esperar encontrar puntos anfidrómicos dentro del río. También cabe mencionar el carácter fuertemente semidiurno del régimen de marea, por los valores de amplitud de las componentes insertas en dicha banda espectral.

La Figura 4 ofrece las amplitudes en la corriente en la dirección de descarga ( $x$ ); es de destacar su aumento progresivo hacia la desembocadura. La Figura 5 da las fases de las componentes de la corriente de marea, entendiéndose como fase aquella que al dividirla por la velocidad angular correspondiente, da el tiempo desde la culminación en Greenwich del astro ficticio asociado a la componente en cuestión.

Claramente, con el conjunto de las constantes armónicas dadas, es posible realizar la predicción

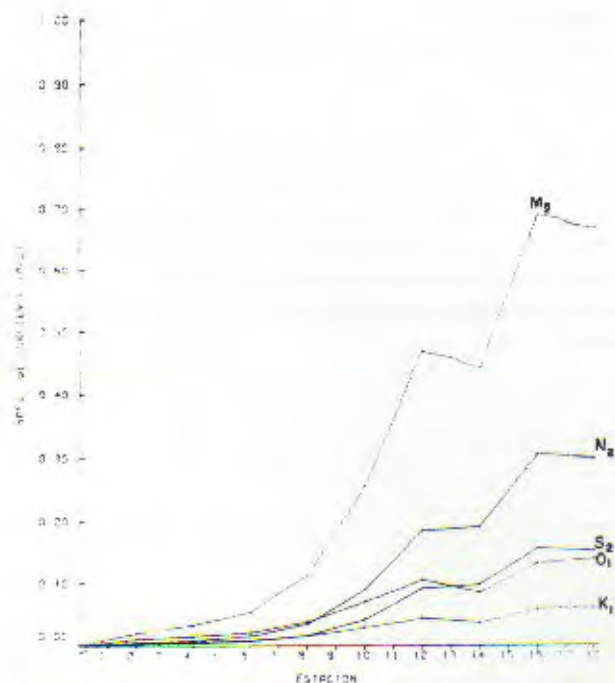


Fig. 4. Intensidad de la corriente de marea para las componentes  $M_2$ ,  $S_2$ ,  $N_2$ ,  $K_1$  y  $O_1$  a lo largo del río.

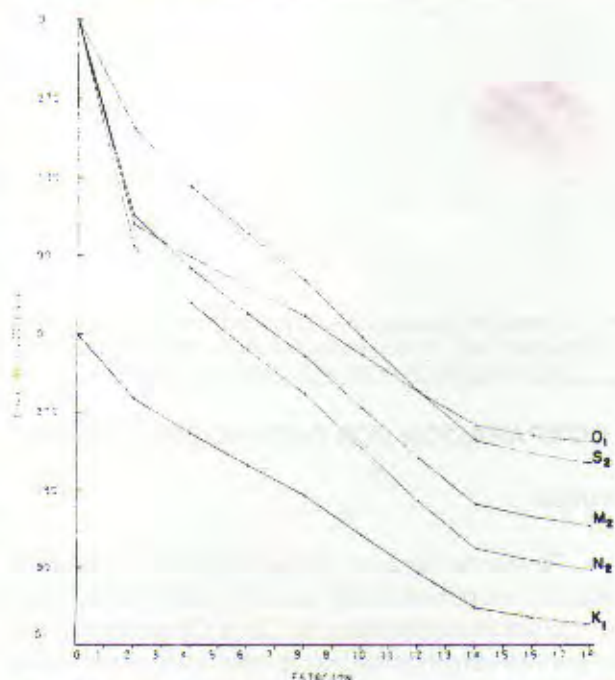


Fig. 5. Intensidad de la corriente de marea para las componentes  $M_2$ ,  $S_2$ ,  $N_2$ ,  $K_1$  y  $O_1$  a lo largo del río para las fases de la corriente.

tanto de marea como de corriente de marea para cualquier tiempo calendario dado, con la metodología empleada en mareología.

Como es sabido, debido a que tanto las amplitudes como las fases de cada componente no son constantes en el tiempo, no es posible brindar un esquema circulatorio para el río involucrando si-

multáneamente a todas ellas. En consecuencia, y admitiendo que la componente lunar principal  $M_2$  es la más representativa, se dan en las Figuras 6 a 11 la marea (parte inferior de cada figura) y la corriente de marea (parte superior) a lo largo del eje de descarga, tomando como referencia temporal la ocurrencia de la pleamar (también de esta componente) en Palermo. Los niveles de marea (positivos y negativos) están referidos al nivel medio del mar mientras que corrientes positivas o negativas indican respectivamente corriente en el sentido de descarga o contrario a éste.

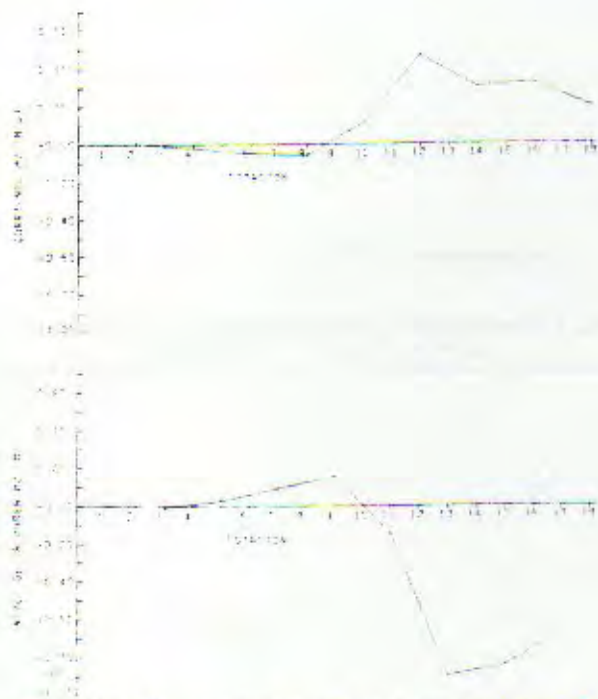


Fig. 6. Marea  $M_2$  respecto al nivel medio (parte superior) y de la corriente (parte inferior, positiva en el sentido de la descarga), para 3 horas antes de la pleamar en Palermo.

## COMPARACION CON DATOS OBSERVADOS

### Mareas

Para este caso, la única correlación realmente válida corresponde a la de los valores deducidos para las constantes armónicas de Torre Oyarvide con los del punto 9 (en mitad del río aproximadamente), al no disponerse de otras observaciones en el eje de descarga. Respecto a las amplitudes surgidas de los análisis armónicos de los datos en el citada estación: 31,7; 5,6; 12,2; 5,7 y 14,2 cm para las componentes  $M_2$ ,  $S_2$ ,  $N_2$ ,  $K_1$  y  $O_1$  respectivamente con las obtenidas por el modelo: 23,8; 3,9; 8,7; 4,4 y 11,4 cm, puede rescatarse que, a pesar de tener todas valores más pequeños, guardan entre sí una relación excelente. En cuanto a las fases (épocas G), para la estación Oyarvide se hallan los valores de 145,7;

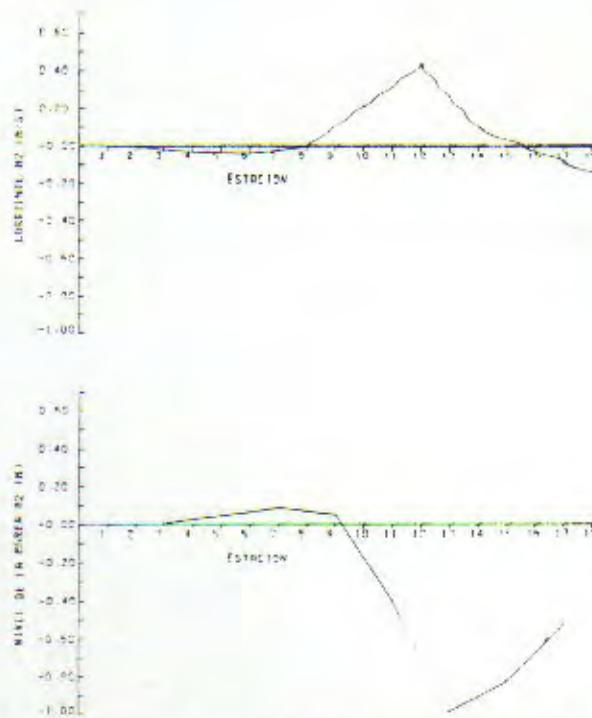


Fig. 7. Marea  $M_2$  respecto al nivel medio (parte superior) y de la corriente (parte inferior, positiva en el sentido de la descarga), para 2 horas antes de la pleamar en Palermo.

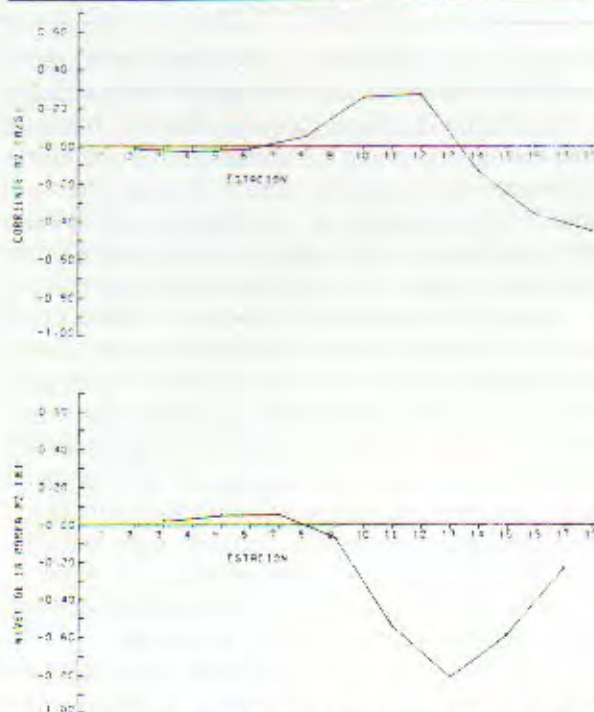


Fig. 8. Marea  $M_2$  respecto al nivel medio (parte superior) y de la corriente (parte inferior, positiva en el sentido de la descarga), para 1 hora antes de la pleamar en Palermo.

231,9; 106,3; 4,1 y 190,8° versus 162,3; 248,4; 119,3; 11,9 y 219,6° del modelo, para la misma secuencia de componentes de marea indicada. Aunque parezca que las componentes semidiurnas están corridas en aproximadamente 15°, debe tener-

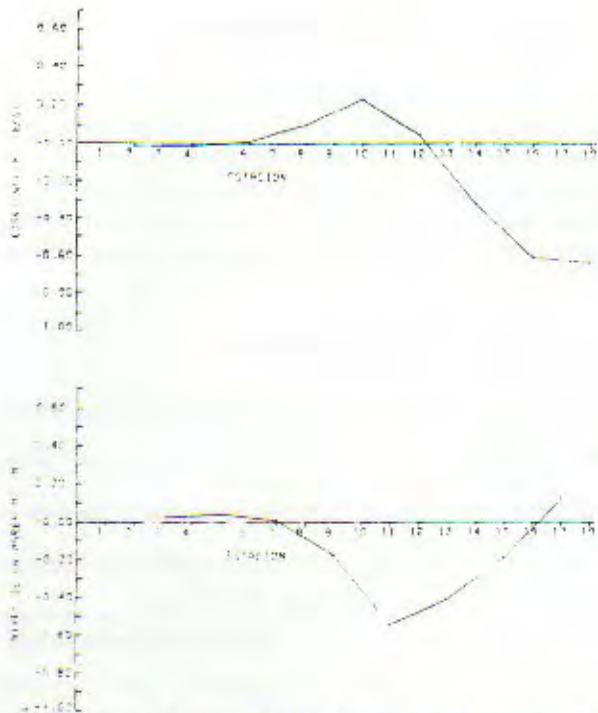


Fig. 9. Marea  $M_1$  respecto al nivel medio (parte superior) y de la corriente (parte inferior, positiva en el sentido de la descarga), para el instante de la pleamar en Palermo.

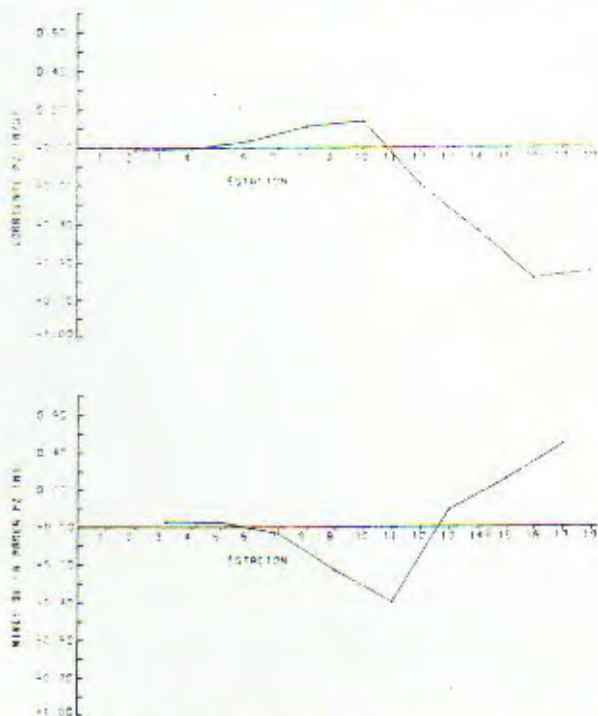


Fig. 10. Marea  $M_1$  respecto al nivel medio (parte superior) y de la corriente (parte inferior, positiva en el sentido de la descarga), para 1 hora después de la pleamar en Palermo.

se en cuenta que la Torre Oyarvide se encuentra, en realidad, entre los puntos caratulados con 9 y 10, lo que explica exactamente tal desfase al evaluarlo

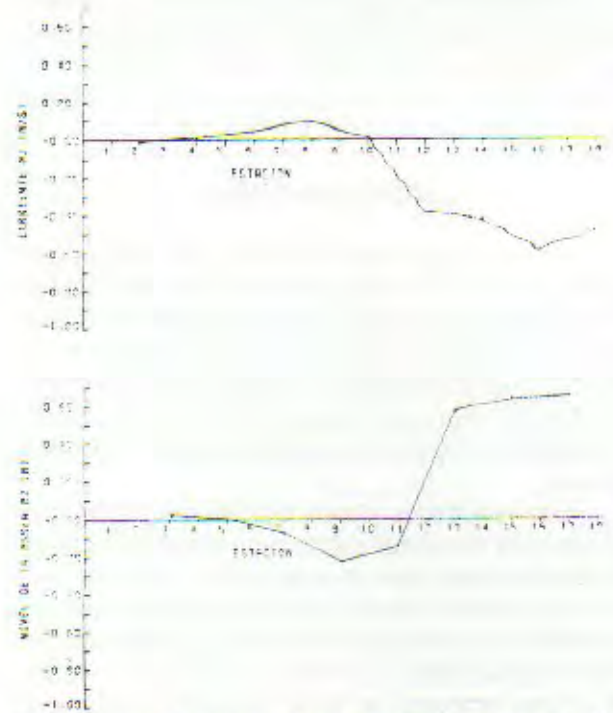


Fig. 11. Marea  $M_2$  respecto al nivel medio (parte superior) y de la corriente (parte inferior, positiva en el sentido de la descarga), para 2 horas después de la pleamar en Palermo.

mediante la separación entre cotidales (en forma análoga para las diurnas); además, nótese que el sentido del corrimiento es correcto (crecimiento hacia el delta pues la onda de marea es entrante).

### Corriente de marea

Dejando de lado la correlación entre las mediciones efectuadas en Madrugada 1 y Apipé con el punto 4, pues como ya se indicó anteriormente, se adecuó la coincidencia mediante la condición de contorno, cabe la comparación entre las observaciones realizadas en algunas estaciones internas del río señaladas en el trabajo de Lantredi *et al.* (1979) con los resultados dados para la componente  $M_2$  aportados por el modelo descrito aquí.

La estación indicada con XV en dicho trabajo puede corresponderse con una interpolación entre los puntos 12 y 14 del modelo. En ambas, la máxima corriente saliente se produce entre las -4 y -3 horas de la ocurrencia de la pleamar en Palermo mientras que sus módulos son respectivamente 0,25 y 0,44 m/s. De igual forma, al corresponder la estación XIX con el punto 16, la máxima corriente entrante ocurre a la +1 horas para ambas, con valores de 0,40 y 0,69 m/s. Por último al comparar la estación XXV con el punto 18 (en la boca del río), la hora de ocurrencia de la máxima corriente entrante está temporalmente desfasada (-0,5 versus +0,5 hs) siendo las intensidades de 0,31 y 0,65 m/s, respectivamente).

Resumiendo, hay una buena coincidencia temporal y aceptable respecto a los módulos, tanto en la parte superior como inferior del río aunque en su parte media (correlación entre la estación XIII y el punto 10) no sea precisa en el tiempo.

### CONCLUSIONES

El modelo presentado ofrece una descripción cuali y cuantitativa de la circulación en el Río de la Plata, dando una imagen adecuada tanto en lo referente a la marea como a la corriente de marea a lo largo del eje de descarga. Puede apreciarse nítidamente la configuración de dos (y a veces tres) células circulatorias distribuidas en la parte superior e inferior del río.

Los resultados obtenidos tienen una concordancia muy aceptable con la información disponible. Respecto a ésta, cabe mencionar que casi totalmente es de carácter costero, hecho que limita acentuadamente las comparaciones. Esto es particularmente serio pues como la cuenca en estudio tiene forma de amplio embudo, se hace necesario contar con observaciones en el precitado eje para tener un conocimiento más claro de la circulación. Por lo tanto, se recomienda dedicar esfuerzos para subsanar dicha carencia, particularmente en la boca a fin de efectuar un ajuste más adecuado de la condición de contorno.

### AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue financiado parcialmente por el Proyecto Multinacional de Ciencias del Mar en Argentina (O.E.A.). El autor agradece muy especialmente las facilidades y sugerencias dadas por el Ing. Néstor Lanfredi, así como la colaboración del Centro de Cómputos del Servicio de Hidrografía Naval. (A.R.A.).

### BIBLIOGRAFIA

- DEFANT, A. 1961. *Physical Oceanography*. 2. Pergamon Press, New York.
- DRONKERS, J.J. 1964. *Tidal computations in rivers and coastal waters*, North-Holland, Amsterdam.
- GODIN, G. 1985. Frictional damping of the tide in the Gulf of California, *Geof.Int.*, 24 (2).
- KORN, G. y T.KORN. 1968. *Mathematical handbook for scientists and engineers*, Mc Graw-Hill, New York.
- KRAVTCHEKOV, J. y C.LE PROVOST. 1970. Une méthode approchée de calcul des composants de la marée littorale, *C.R.Acad.Sc.*, Paris, 270 p.
- LANFREDI, N., S.SCHMIDT y J.SPERONI. 1979. Cartas de corrientes de marea (Río de la Plata). S.H.N., Dto. Oceanografía, IC-IT-79/03.
- MAZIO, C. 1988. Configuración mareológica para el Río de la Plata. S.H.N., Dto. Oceanografía, Inf.Téc. 48/88.
- SCHUREMAN, P. 1958. *Manual of harmonic analysis and prediction of tides*. United States Government Printing Office, Washington.