

# Análisis de los niveles del mar y de las corrientes de marea alrededor de la isla de Gran Canaria

A. Martínez<sup>1</sup>, E. Pérez<sup>1</sup>, M. Bruno<sup>2</sup> y G. Rodríguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Física. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Apdo. 550. 35080 Las Palmas de Gran Canaria, España.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias del Mar. Universidad de Cádiz. Apdo. 40. 11510 Puerto Real (Cádiz), España.

## RESUMEN

*Las medidas de mareas realizadas en islas oceánicas se suelen considerar como más representativas de las mareas oceánicas que las medidas tomadas en plataformas continentales (por ejemplo, Kagan y Kivman, 1995). En este artículo se analizan medidas de niveles del mar y de corrientes registradas alrededor de la isla de Gran Canaria. Los resultados obtenidos para los niveles muestran importantes variaciones de las amplitudes semidiurnas que parecen ser debidas al ensanchamiento de la plataforma al sureste de la isla. El análisis de las corrientes semidiurnas muestran fuertes cambios, tanto de las amplitudes como de las fases, alrededor de la isla y se sugiere también un efecto provocado por la plataforma insular. Además, los resultados indican que las corrientes diurnas poseen una contribución inercial importante.*

**Palabras clave:** Mareas, corrientes de marea, corrientes inerciales, islas, islas Canarias.

## ABSTRACT

Analysis of the sea levels and tidal currents around Gran Canaria Island.

*Tidal measurements taken on oceanic islands are usually considered more representative of oceanic tides than those taken on continental shelves (e.g., Kagan and Kivman, 1995). The present paper analyses data on sea levels and currents recorded around Gran Canaria Island. The results obtained for sea levels show strong variations in semidiurnal amplitudes. These variations seem to be induced by the widening of island's south-eastern shelf. Analysis of the semidiurnal currents reveals major changes, both in amplitudes and phases, around the island, as well as suggesting a shelf-induced effect. Moreover, the results indicate that diurnal currents' inertial contribution is important.*

**Key words:** Tides, tidal currents, inertial currents, islands, Canary Islands.

## INTRODUCCIÓN

Gran Canaria (28° 10' N, 15° 25' O) es una isla central del archipiélago canario que se caracteriza por poseer una forma redondeada de aproximadamente 45 km de diámetro.

Esta isla no está conectada a las islas vecinas mediante una plataforma común sino que presenta una estrecha plataforma

insular que se ensancha en la parte sur. En el talud la profundidad aumenta rápidamente hasta alcanzar 2 000-3 000 metros (figura 1).

La marea en esta zona del Atlántico está dominada por las componentes semidiurnas. Las cartas de marea, construidas tanto mediante modelos numéricos globales (Schwiderski, 1980; Le Provost *et al.*, 1994) como mediante modelos basados en datos

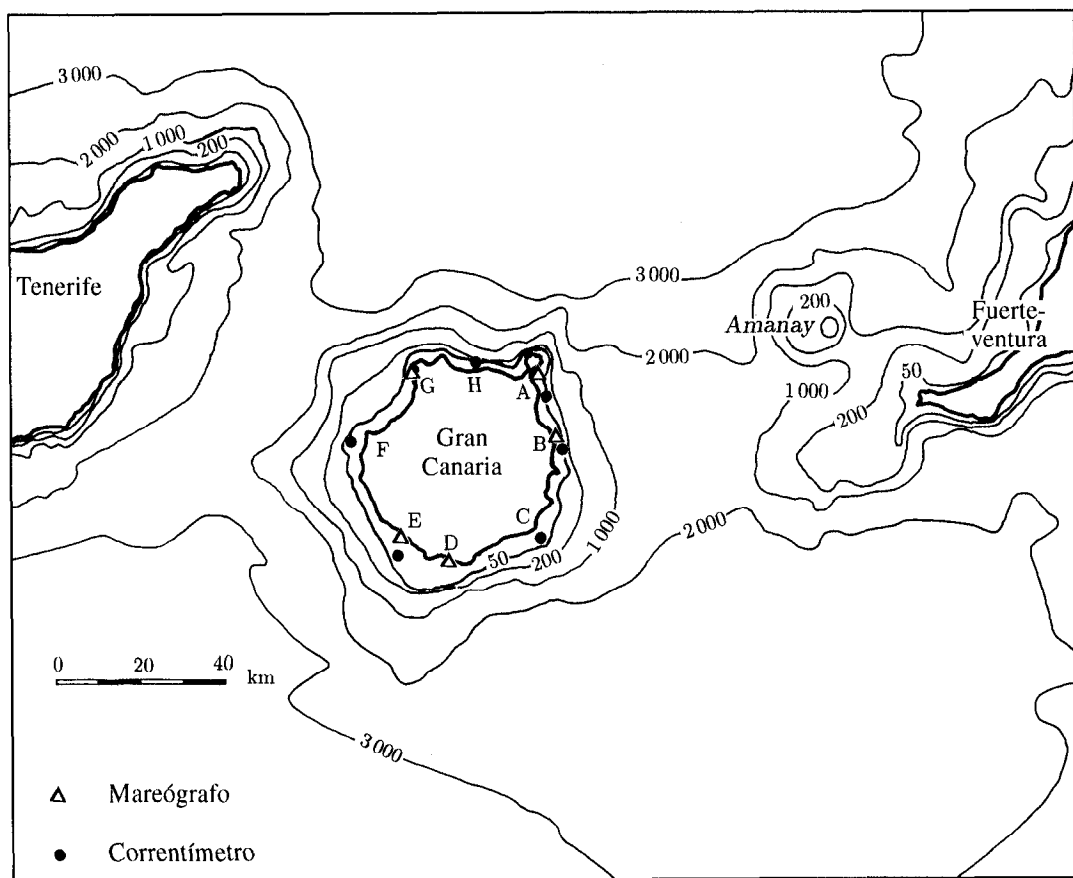


Figura 1. Posición de las estaciones y sus instrumentos y batimetría de la zona. Profundidades en metros.

de altímetro instalados en satélites (Andersen, Woodworth y Flather, 1995), muestran que las componentes semidiurnas se propagan aproximadamente paralelas al talud de la plataforma africana y que las amplitudes crecen hacia la costa. Diversos estudios realizados en las aguas oceánicas que rodean a las islas Canarias (Dick y Siedler, 1985; Siedler y Paul, 1991) han mostrado que: (a) las amplitudes de las componentes semidiurnas en los niveles del mar coinciden con los resultados mostrados por las cartas de marea para la zona; (b) las corrientes de marea son fundamentalmente barotrópicas; (c) los semiejes mayores están orientados paralelos a la plataforma africana y son grandes comparados con los semiejes menores; (d) la amplitud de la componente semidiurna principal ( $M_2$ ) de la corrien-

te es de 3-4 cm/s; y (e) las componentes semidiurnas se comportan como ondas progresivas.

Las medidas de niveles del mar en islas han sido apreciadas a la hora de construir las cartas de marea, ya que se suele considerar que son más representativas de la marea oceánica que las medidas efectuadas en plataformas continentales. No obstante, Larsen (1977) ha mostrado que la difracción de la marea en islas puede provocar modificaciones locales significativas. El entendimiento de las interacciones entre ondas de marea en islas oceánicas, como la isla de Gran Canaria, es por tanto necesario para poder determinar cuáles de las medidas tomadas en islas oceánicas son representativas del océano profundo y cuáles no lo son. Este problema ha sido reconocido

recientemente por la comunidad científica (Le Provost, 1992) y autores como Kagan y Kivman (1993, 1995) han intentado cuantificar la representatividad de las medidas tomadas en islas estimando las perturbaciones de la marea producidas por la difracción en diversas islas, aunque sin tener en cuenta los efectos de las plataformas insulares.

En el presente trabajo se analizan medidas de niveles con el objetivo de estudiar las variaciones, en fase y en amplitud, de las componentes de marea en la plataforma que rodea la isla de Gran Canaria. El trabajo estudia también las variaciones de las corrientes de marea, ya que su conocimiento es imprescindible para el posterior estudio de las comunidades marinas alrededor de la isla.

## MEDIDAS Y MÉTODOS DE ANÁLISIS

En la figura 1 se muestran la situación de las estaciones (A-H) alrededor de la isla y la topografía del fondo. Parte de los datos proviene de varias campañas realizadas entre 1986 y 1990 en la costa este de la isla (Tejedor, 1991). En el presente estudio estos datos previos se han completado con medidas de niveles del mar en las estaciones D y G y medidas de corrientes en las

estaciones F y H. La tabla I resume las situaciones, fechas, longitudes de registro y profundidades de los instrumentos. Se utilizaron correntímetros Aanderáa RCM7 con intervalos de muestreo entre 15 y 30 minutos. Todos los correntímetros fueron instalados entre las batimétricas de 40 y 50 metros y a profundidades que oscilan entre 15 y 40 metros. De las series de corrientes destaca por su duración (6 meses y medio) la correspondiente al correntímetro  $C_{A_1}$ . El resto de las series tienen una duración entre 12 días y 4 meses. En cuanto a los niveles del mar, la serie más larga se midió en la estación A, con una duración de 17 meses y medio, y en el resto de las estaciones sobre 2 meses de duración.

Las oscilaciones producidas por la marea están compuestas por un número limitado de componentes armónicas, siendo las llamadas  $M_2$ ,  $S_2$ ,  $K_2$  y  $N_2$  las componentes principales semidiurnas y  $O_1$  y  $K_1$  las componentes principales diurnas. El cálculo de las amplitudes (A) y las fases de Greenwich (G) de las componentes armónicas de la marea se ha realizado mediante el método usual de análisis armónico de ajuste por mínimos cuadrados (Godin, 1972). En el análisis se ha empleado un paquete de programas (Foreman, 1977; 1978) que realiza de forma automática las correcciones nodales. Este método no puede separar

Tabla I. Características de los datos de mareógrafo (WLR) y correntímetros (C). Los subíndices corresponden a las posiciones señaladas en la figura 1.

Instrumento	Latitud-Longitud	Fechas de fondeo	Total días	Intervalo de muestreo (min)	Fondo - Profundidad (m)	(m)
WLR <sub>A</sub>	28° 07,5' N - 15° 24,8' O	89-02-03	536	15	15	15
WLR <sub>B</sub>	27° 59,2' N - 15° 22,0' O	86-05-14	50	15	15	15
WLR <sub>D</sub>	27° 45,4' N - 15° 37,5' O	94-07-12	72	30	2	2
WLR <sub>E</sub>	27° 47,9' N - 15° 44,2' O	88-01-22	38	15	5	5
WLR <sub>G</sub>	28° 08,6' N - 15° 42,0' O	95-08-10	74	30	7	7
$C_{A_1}$	28° 05,5' N - 15° 23,5' O	89-12-18	201	30	50	15
$C_{A_2}$	28° 05,5' N - 15° 23,5' O	89-12-18	124	30	50	30
$C_{A_1}$	27° 59,0' N - 15° 21,0' O	87-06-23	29	30	50	20
$C_{A_2}$	27° 59,0' N - 15° 21,0' O	87-06-23	29	30	50	40
$C_C$	27° 47,5' N - 15° 25,5' O	90-11-27	46	10	40	20
$C_E$	27° 45,0' N - 15° 44,2' O	88-01-26	46	30	40	20
$C_F$	27° 59,9' N - 15° 50,9' O	94-11-03	58	30	45	20
$C_H$	28° 10,0' N - 15° 33,4' O	95-06-19	12	30	40	20

componentes de frecuencias muy cercanas cuando el registro tiene una duración menor de un año. De entre las diferentes componentes armónicas de la marea, existen dos pares ( $(K_1, P_1)$  y  $(S_2, K_2)$ ), siendo  $P_1$  una componente diurna menor, de amplitud considerable, que no se pueden separar si la duración del registro es menor de seis meses. Estas componentes han sido inferidas utilizando los valores obtenidos del análisis armónico de la serie más larga ( $WLR_A$ ).

Las amplitudes y las fases obtenidas para la serie de niveles del mar de la estación A se utilizaron, a su vez, para calcular series de niveles para los mismas fechas que el resto de las estaciones. A continuación se realizaron varios análisis espectrales cruzados entre las series calculadas y las observadas, utilizando un ancho de banda de 1 ciclo/día. Las admitancias y los desfases medios obtenidos para las bandas diurna (1 ciclo/día) y semidiurna (2 ciclos/día), permitieron estimar las componentes armónicas para las estaciones cuyos registros son menores que un año. Este método (Godin, 1976; 1991) permite la separación de componentes de frecuencias muy similares cuando sus valores se conocen en alguna estación vecina.

El análisis de las corrientes es análogo al de los niveles, pero se realiza para cada componente este-oeste y norte-sur de la corriente y luego se expresa en términos de parámetros de elipses de marea: semieje mayor ( $M$ ), semieje menor ( $m$ , negativo cuando el sentido de la rotación es el de las agujas del reloj), orientación del semieje mayor ( $\theta$ ) definida respecto del este en sentido contrario al de las agujas del reloj y fase de Greenwich ( $G$ ) que se define utilizando el semieje mayor que esté más orientado hacia el norte como referencia.

En el área de estudio el valor de la frecuencia inercial se encuentra dentro de la banda diurna ( $f = 0,0394$  ciclos/h), por lo que cabe esperar la presencia de oscilaciones inerciales de las corrientes. De hecho, el análisis de series temporales de corrientes realizado a través del talud de la plataforma africana entre  $21^\circ$  y  $26^\circ$  N (Huthnance y Baines, 1982) ha mostrado que las corrientes diurnas son poco coherentes con las oscila-

ciones del nivel del mar, lo que parece indicar la presencia de corrientes inerciales en la banda diurna. Esta contribución adicional afecta a las constantes armónicas diurnas calculadas mediante ajuste por mínimos cuadrados. El análisis armónico realizado mediante el cálculo de admitancias es particularmente útil para el presente estudio debido a que permite estimar aisladamente la contribución de origen astronómico.

Todas las series han sido suavizadas previamente mediante la aplicación de filtros de paso bajo de tipo:  $A_n A_n A_{n+1}$  (Godin, 1972), donde los operadores  $A_n$  representan medias móviles sucesivas de  $n$  observaciones. La función de respuesta de estos filtros es

$$F(\sigma) = \frac{\text{sen}^2(n\pi\sigma\Delta t) \text{sen}^2[(n+1)\pi\sigma\Delta t]}{(n+1)n^2 \text{sen}^3(\pi\sigma\Delta t)}$$

que permite calcular la frecuencia de corte. En el presente estudio los valores de  $n$  se han elegido de acuerdo con  $n = (\Delta t)^{-1}$ , medido  $t$  en horas, que elimina las frecuencias mayores de una hora. El uso de estos filtros produce cierta pérdida de amplitud en las componentes de marea que han sido calculadas y recuperadas por medio de la función anterior.

## RESULTADOS DEL ANÁLISIS

### Niveles del mar

Los resultados de la estimación armónica de las componentes principales de los registros de niveles del mar, en las diferentes estaciones, figuran en la tabla II. Los resultados para las fases evidencian que la propagación de las ondas de marea, tanto diurnas como semidiurna coinciden con los valores que muestran las cartas de marea para la región (75-76 semidiurnas, es aproximadamente de sur a norte. La diferencia de fase máxima para la banda semidiurna es de casi  $4^\circ$  entre las estaciones A y D y de  $5^\circ$  para la banda diurna entre las estaciones A y E. Así mismo los resultados reflejan que las amplitudes de la banda  $m$  para  $M_2$  sólo en la zona norte de la isla (estaciones A y G). En el resto (estaciones

Tabla II. Amplitudes (A) y fases de Greenwich (G) de las componentes principales diurnas (O<sub>1</sub>, K<sub>1</sub>) y de las componentes principales semidiurnas (N<sub>2</sub>, M<sub>2</sub>, S<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>) calculadas con las series de niveles del mar. Los resultados obtenidos mediante mínimos cuadrados se indican con paréntesis y los resultados obtenidos mediante admitancias se presentan sin él. N son los grados de libertad con que se han realizado las estimaciones espectrales.

Componente	WLR <sub>A</sub>		WLR <sub>B</sub>		WLR <sub>D</sub>		WLR <sub>E</sub>		WLR <sub>C</sub>	
	A	G	A	G	A	G	A	G	A	G
O <sub>1</sub>	(4,9)	(292,4)	4,7 (4,6)	292,1 (295,1)	5,0 (4,4)	288,0 (288,7)	5,6 (5,0)	287,1 (287,0)	5,0 (5,0)	290,3 (290,6)
K <sub>1</sub>	(6,2)	(40,3)	6,0 (6,3)	39,0 (38,8)	6,4 (6,8)	35,9 (37,2)	7,1 (6,3)	34,9 (38,1)	6,3 (6,7)	38,2 (40,2)
N <sub>2</sub>	(15,5)	(14,0)	15,0 (15,2)	13,4 (11,0)	13,8 (11,9)	11,4 (13,6)	13,1 (17,2)	12,0 (15,7)	15,5 (13,8)	15,0 (10,4)
M <sub>2</sub>	(75,7)	(27,0)	73,3 (73,7)	26,4 (26,0)	67,6 (67,6)	24,4 (24,6)	64,3 (63,9)	25,0 (24,9)	76,2 (75,6)	28,0 (28,9)
S <sub>2</sub>	(28,6)	(49,6)	27,7 (27,0)	49,0 (53,5)	25,5 (24,9)	47,0 (43,5)	24,3 (26,8)	47,6 (46,84)	28,8 (28,49)	50,6 (47,3)
K <sub>2</sub>	(8,6)	(48,7)	8,4 (8,1)	48,1 (52,7)	7,7 (7,5)	46,1 (42,6)	7,4 (8,1)	46,7 (46,0)	8,7 (8,6)	49,7 (46,4)
N			100		144		76		148	

B, D y E) las amplitudes disminuyen gradualmente hacia el suroeste (64-67 cm para M<sub>2</sub>). Las amplitudes de las componentes diurnas, en cambio, muestran valores parecidos en todas las estaciones con una ligera tendencia a aumentar hacia el suroeste.

### Corrientes de marea

Los resultados del análisis de las corrientes para las componentes principales diurna (K<sub>1</sub>) y semidiurna (M<sub>2</sub>) se presentan en la tabla III. La tabla muestra que la corriente oscila principalmente en la dirección paralela a costa. Además se observa la pequeña amplitud que tiene el eje transversal a costa para todas las componentes. Un aspecto interesante son las diferencias que se obtienen en las amplitudes de la corriente para las componentes semidiurnas. En las estaciones del norte-noreste (H, A y B) y suroeste (E), las amplitudes son relativamente pequeñas. En cambio en el sureste y el oeste (C y F) aumentan considerablemente, alrededor de un orden de

magnitud. Así, el valor del semieje mayor de la componente dominante M<sub>2</sub> pasa de 2-3 cm/s al suroeste y al norte de la isla, a 40 cm/s en el sureste (estación C) y 28 cm/s al oeste (estación F). Las amplitudes diurnas de las corrientes, sin embargo, son similares en todas las estaciones (entre 1,4 y 2,4 cm/s para K<sub>1</sub>), aumentando ligeramente en las estaciones C y F.

Las fases de las corrientes también presentan variaciones importantes alrededor de la isla. Con la intención de estudiar el origen de estas variaciones, las componentes armónicas de la marea se han descompuesto en ondas progresivas y estacionarias mediante la comparación de las fases de las corrientes con las fases de los niveles. En el caso de onda progresiva la corriente y la superficie deben oscilar en fase, mientras en el caso de onda estacionaria deben estar desfasadas 90°. El procedimiento (Pugh y Vassie, 1976) consiste en referir las fases de las corrientes al momento de ocurrencia de la pleamar, de manera que el desplazamiento del nivel del mar tiene la forma  $A \cos \sigma t$ . En este caso, la velocidad de la

Tabla III. Semiejes mayores (M) y semiejes menores (m) en cm/s, orientación respecto del este ( $\theta$ ) y fase de Greenwich (G) de las elipses correspondientes a la componente diurna principal ( $K_1$ ) y la componente semidiurna principal ( $M_2$ ). Los resultados obtenidos mediante mínimos cuadrados se indican con paréntesis y los resultados obtenidos mediante admitancias se presentan sin paréntesis. N son los grados de libertad con que se han realizado las estimaciones espectrales.

Correntímetro	$K_1$				$M_2$				N
	M	m	$\theta$	G	M	m	$\theta$	G	
$C_{A_1}$	1,4 (2,1)	-0,1 (-0,1)	72,9 (75,5)	7,6 (13,1)	5,9 (6,2)	-0,3 (-0,4)	74,0 (73,7)	279,0 (274,0)	402
$C_{A_2}$	1,4 (2,0)	-0,1 (0,2)	79,6 (77,2)	353,0 (2,4)	6,1 (6,3)	-0,2 (-0,2)	81,5 (81,7)	284,0 (277,6)	248
$C_{B_1}$	1,5 (1,6)	0,0 (0,2)	80,6 (88,0)	53,7 (41,0)	9,3 (8,6)	2,9 (2,6)	53,5 (54,8)	282,8 (280,0)	58
$C_{B_2}$	1,2 (1,7)	0,1 (0,4)	72,8 (74,8)	40,5 (45,0)	9,4 (9,5)	2,0 (1,4)	45,2 (43,2)	283,5 (283,1)	58
$C_C$	2,4 (3,0)	-0,3 (-0,2)	36,9 (33,3)	32,8 (38,5)	41,4 (42,0)	1,8 (1,0)	30,2 (29,5)	13,8 (14,6)	92
$C_E$	2,0 (3,3)	(-0,1) (-0,1)	137,1 (137,2)	34,2 (64,1)	2,8 (2,9)	0,1 (0,1)	141,5 (140,3)	122,3 (127,6)	92
$C_F$	2,4 (2,7)	0,1 (0,1)	76,8 (77,3)	95,2 (126,2)	27,9 (27,9)	4,3 (4,2)	62,9 (62,8)	326,9 (326,9)	116
$C_H$	1,4	-0,1	4,2	70,3	2,7	-0,2	179,7	139,5	24

corriente asociada a una onda de frecuencia  $\sigma$  se puede escribir:

$$V(t) = W_E \cos(\sigma t - G'_E) + iW_N \cos(\sigma t - G'_N) = (W_{pE} + iW_{pN}) \cos \sigma t + (W_{sE} + iW_{sN}) \sin \sigma t$$

$W_E$  y  $W_N$  son las amplitudes observadas de la corriente en las direcciones este-oeste y norte-sur respectivamente,  $G'_E$  y  $G'_N$  son

las fases,  $W_{pE}$  y  $W_{pN}$  son las componentes de la onda progresiva y  $W_{sE}$  y  $W_{sN}$  son las componentes de la onda estacionaria. En la tabla IV se muestran las amplitudes de las ondas progresiva  $W_p = (W_{pE}^2 + W_{pN}^2)^{1/2}$  y estacionaria  $(W_{sE}^2 + W_{sN}^2)^{1/2}$  calculadas de esta forma para las componentes  $K_1$  y  $M_2$ . El modo estacionario de la componente  $M_2$  domina en las estaciones del suroeste y nor-

Tabla IV. Amplitudes en cm/s de las ondas estacionaria ( $W_s$ ) y progresiva ( $W_p$ ) de  $K_1$  y  $M_2$ .

Correntímetro	$K_1$			$M_2$		
	$W_p$	$W_s$	$W_s/(W_p + W_s)$	$W_p$	$W_s$	$W_s/(W_p + W_s)$
$C_{A_1}$	1,18	0,76	0,39	1,80	5,42	0,75
$C_{A_2}$	1,19	1,29	0,52	1,31	5,69	0,81
$C_{B_1}$	1,46	0,35	0,19	3,50	8,70	0,71
$C_{B_2}$	1,19	0,05	0,04	5,07	7,94	0,61
$C_C$	2,34	0,42	0,15	38,84	9,29	0,19
$C_E$	1,90	0,25	0,12	0,28	2,65	0,90
$C_F$	1,35	1,92	0,59	1,00	22,00	0,58
$C_H$	1,24	0,69	0,36	1,00	2,39	0,71

te-noreste de la isla (estaciones A, B, E y H). El modo progresivo aumenta ostensiblemente en la estación F y domina en la C. La variación de la proporción de onda estacionaria  $W_s/(W_p + W_s)$  de la componente  $K_1$  es menor que la de la  $M_2$ ; sin embargo se observa un patrón similar: la proporción presenta dos máximos en las estaciones A y F.

### Corrientes inerciales

La comparación de los resultados de corrientes obtenidos mediante mínimos cuadrados y los obtenidos mediante admitancias mostró poseer diferencias importantes en la banda diurna. Este resultado implica que las componentes diurnas contienen contribuciones adicionales de origen no astronómico y que afecta al resultado del análisis mediante mínimos cuadrados. Para mostrar más claramente este aspecto de los resultados se han analizado las corrientes en la dirección paralela a costa en cada estación. En la figura 2 se mues-

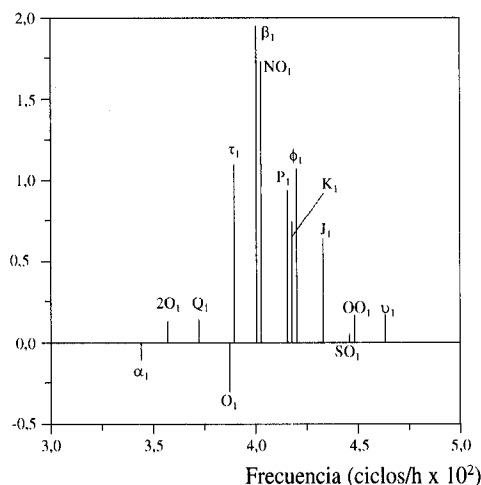


Figura 2. Diferencia entre las amplitudes calculadas mediante ajuste por mínimos cuadrados ( $A_{mc}$ ) y mediante admitancias ( $A_a$ ) de todas las componentes armónicas diurnas calculadas para la marea ( $\beta_1$ ,  $NO_1$ ,  $\tau_1$ ,  $\phi_1$ ,  $P_1$ ,  $K_1$ ,  $J_1$ ,  $2O_1$ ,  $Q_1$ ,  $OO_1$ ,  $\nu_1$ ,  $\alpha_1$ ,  $O_1$ ,  $SO_1$ ) en la estación A.

tran las diferencias de amplitud de todas las componentes armónicas diurnas calculadas para la marea ( $\beta_1$ ,  $NO_1$ ,  $\tau_1$ ,  $\phi_1$ ,  $P_1$ ,  $K_1$ ,  $J_1$ ,  $2O_1$ ,  $Q_1$ ,  $OO_1$ ,  $\nu_1$ ,  $\alpha_1$ ,  $O_1$ ,  $SO_1$ ), determinadas mediante ambos métodos, con la serie larga de corrientes ( $C_{A_1}$ ). Las mayores diferencias se obtienen para las tres componentes menores más cercanas a la frecuencia inercial ( $\beta_1$ ,  $NO_1$  y  $\tau_1$ ). Otros dos aspectos de las observaciones indican que las corrientes diurnas contienen una contribución inercial: (a) el espectro de amplitudes, obtenido mediante análisis espectral (FFT) en la estación A, exhibe un pico predominante que no corresponde a ninguna de las componentes principales diurnas y que coincide aproximadamente con la frecuencia inercial (figura 3); y (b) los espectros cruzados entre los niveles del mar calculados para la estación A y las corrientes en diversas estaciones (tabla V) muestran bajas coherencias, entre 30 % y 64 % para la banda diurna, mientras la banda semidiurna presenta coherencias entre 70 % y 98 %. Este efecto, sin embargo, no aparece en los niveles.

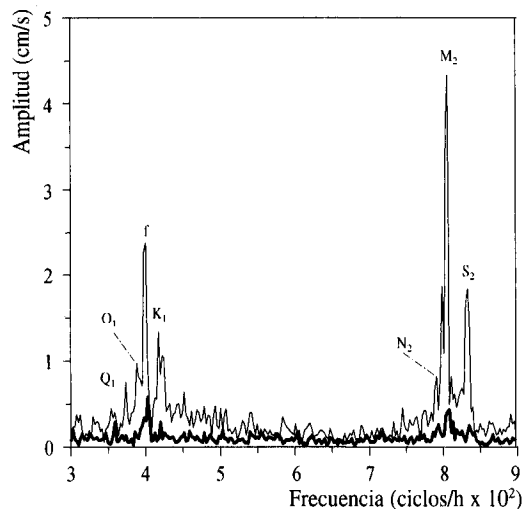


Figura 3. Espectros de amplitudes (FFT) de las corrientes en la estación A en las direcciones paralela (línea fina) y normal (línea gruesa) a la costa. Se indican los siguientes picos:  $M_2$ ,  $S_2$ ,  $N_2$  (componentes semidiurnas),  $K_1$ ,  $O_1$  (componentes diurnas) y  $f$  (frecuencia inercial).

Tabla V. Coherencias entre niveles calculados en la estación A y corrientes observadas en las direcciones predominantes (paralelas a la costa). La dirección de las corrientes ( $\theta$ ) esta expresada con respecto al norte y en el sentido de las agujas del reloj.

Correntímetro	$\theta_p$	Banda diurna	Banda semidiurna
C <sub>A-1</sub>	15°	0,30	0,79
C <sub>A-2</sub>	15°	0,34	0,80
C <sub>B-1</sub>	35°	0,57	0,95
C <sub>B-2</sub>	35°	0,63	0,94
C <sub>C</sub>	60°	0,49	0,97
C <sub>E</sub>	140°	0,56	0,87
C <sub>F</sub>	25°	0,38	0,97
C <sub>H</sub>	85°	0,52	0,70

## DISCUSIÓN

El objetivo fundamental de este estudio fue realizar, mediante un análisis de los datos de campo, una descripción cuantitativa de las oscilaciones diurnas y semidiurnas de los niveles y corrientes de marea alrededor de Gran Canaria. Los resultados de este análisis muestran importantes variaciones de las características de la marea alrededor de la isla de Gran Canaria.

Los niveles del mar presentan variaciones de las amplitudes semidiurnas entre las partes norte-noreste y suroeste de la isla, que parecen de explicación difícil mediante las difracciones de las ondas incidentes de marea, ya que la isla tiene unas dimensiones demasiado pequeñas para ello. Además, las amplitudes en el norte coinciden con los valores esperados para la marea oceánica en esta parte del Atlántico, lo que indica que el fenómeno consiste en una disminución de las amplitudes al suroeste de la isla. El hecho de que en el suroeste la plataforma se ensanche y se haga más somera parece mostrar que la variación de amplitud está causada por la existencia de la plataforma insular. Este resultado patentiza la necesidad de tener en cuenta las plataformas insulares a la hora de estimar la representatividad de las medidas tomadas en islas. Estos cambios de amplitud, sin embargo, no se producen en el caso de las com-

ponentes diurnas, las cuales están menos perturbadas por la isla.

Los resultados obtenidos para las corrientes semidiurnas de marea muestran también importantes variaciones alrededor de la isla. En las zonas sureste y noroeste las corrientes tienden a ser importantes, mientras al noreste y suroeste son pequeñas. Además, en las primeras regiones las componentes semidiurnas tienen un carácter cercano al estacionario, mientras en las últimas se asemejan a ondas progresivas. Una explicación de estas variaciones alrededor de la isla se propone, de manera esquemática, en la figura 4. En aguas profundas cercanas a la isla las velocidades correspondientes a cada componente armónica tienden a rotar describiendo elipses cuyo eje mayor esta orientado unos 35° respecto del norte, en el sentido contrario al de las agujas del reloj (Siedler y Paul, 1991). En dicha figura se muestra que las aguas poco profundas de la plataforma deben intensificar la corriente cuando el vector velocidad de corriente tiende a estar dirigido paralelamente a las isóbatas mientras tenderá a minimizarlas cuando estén dirigidas perpendicularmente a ellas. En los momentos de ocurrencia de la pleamar y de la bajamar (figuras 4a y 4c respectivamente) las corrientes en aguas profundas están dirigidas aproximadamente en la dirección del eje mayor. En este instante la plataforma intensifica la corriente en las zonas sureste y noroeste de la isla, favoreciendo por tanto el carácter progresivo de la marea en ambas zonas. Un cuarto y tres cuartos de periodo después de la ocurrencia de la pleamar (figuras 4b y 4d respectivamente), las corrientes se encuentran orientadas aproximadamente en la dirección del eje menor. En esos instantes la plataforma tiende a intensificar las corrientes al noreste y suroeste (figura 3b) de la isla, favoreciendo en este caso el carácter estacionario. Además, las elipses medidas en mar abierto (Siedler y Paul, 1991) se caracterizan por tener semiejes menores pequeños comparados con los semiejes mayores, lo que explica por qué las corrientes observadas son importantes al sureste y noroeste y pequeñas al noreste y suroeste.



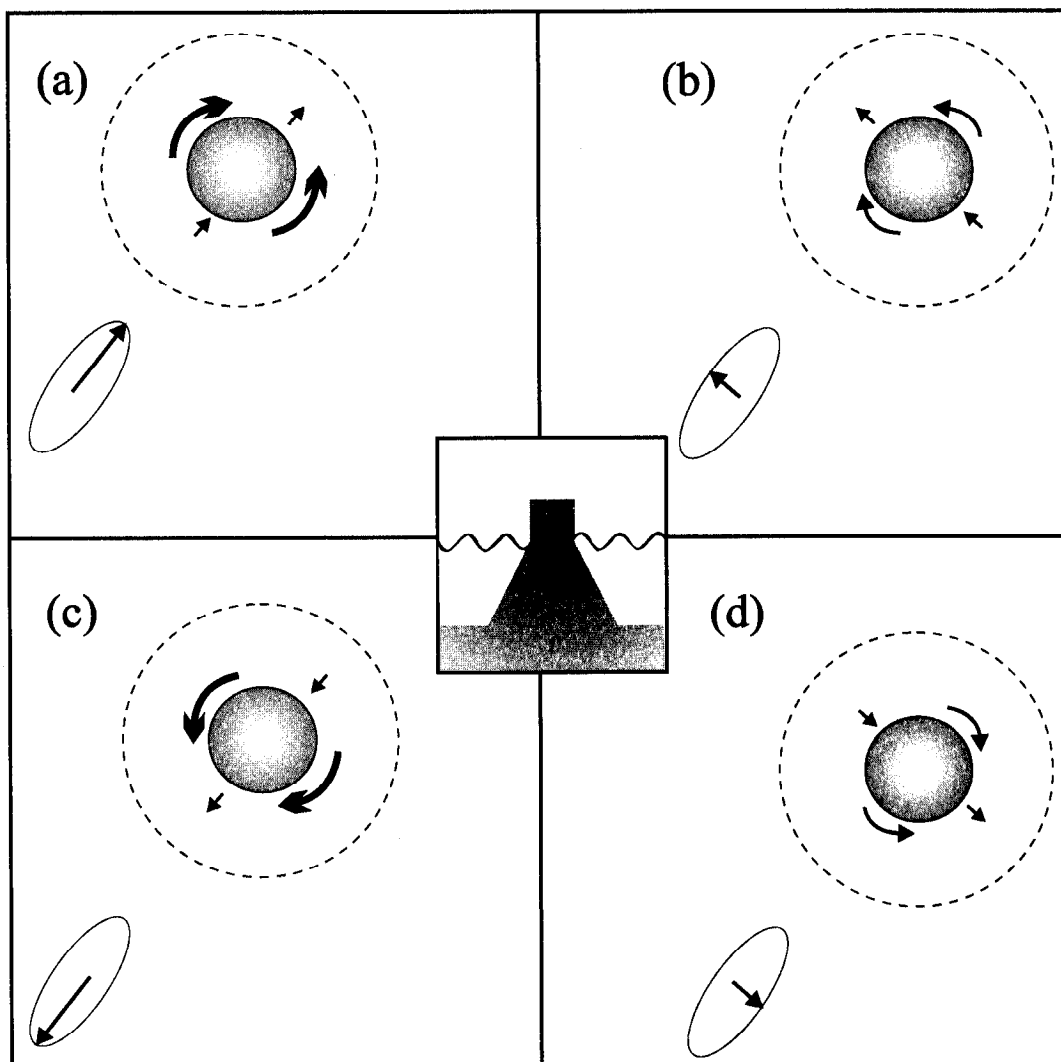


Figura 4. Representación esquemática de corrientes de marea alrededor de la isla de Gran Canaria en cuatro instantes: (a): instante de ocurrencia de la pleamar; (b): 1/4 de periodo después de la ocurrencia de la pleamar; (c): 1/2 de periodo después de la pleamar (bajamar); (d): 3/4 de periodo después de la pleamar.

Por último, aunque las mediciones de corrientes en las distintas estaciones no son simultáneas, el espectro de la serie larga de corrientes ( $C_{A1}$ ) y las bajas coherencias mostradas por las corrientes diurnas en todas las estaciones evidencian que una parte importante de la energía de la banda diurna se debe a oscilaciones de tipo inercial, confirmando los resultados de Huthnance y Baines (1982) y de Siedler y Paul (1991) acerca

de la persistencia de oscilaciones inerciales en esta parte del océano Atlántico.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado gracias a una ayuda económica otorgada por la Fundación Universitaria de Las Palmas y patrocinada por Astilleros Canarios S. A.

## BIBLIOGRAFÍA

- Andersen, O. B., P. L. Woodworth y R. A. Flather. 1995. Intercomparison of recent ocean tide models. *J. Geophys. Res.* 100: 25261-25282.
- Dick, G. y G. Siedler. 1985. Barotropic tides in the northeast Atlantic inferred from moored current meter data. *Dtsch. Hydrogr. Z.* 38: 7-22.
- Foreman, M. G. G. 1977. *Manual for tidal heights analysis and prediction*. Pacific Marine Science Report 77 (10). Institute of Ocean Sciences. Patricia Bay, Canadá: 70 pp.
- Foreman, M. G. G. 1978. *Manual for tidal currents analysis and prediction*. Pacific Marine Science Report 78 (6). Institute of Ocean Sciences. Patricia Bay, Canadá: 97 pp.
- Godin G. 1972. *The analysis of tides*. University of Toronto Press. Toronto: 264 pp.
- Godin G. 1976. *The use of the admittance function for the reduction and interpretation of tidal records*. Marine Environmental Data service. MS Report: 91pp.
- Godin, G. 1991. The analysis of tides y currents. En: *Tidal Hydrodynamics*. B. B. Parker (ed.): 675-709. John Wiley and Sons, Inc. Maryland, EE UU.
- Huthnance, J. M. y P. G. Baines. 1982. Tidal currents in the northwest African upwelling region. *Deep Sea Res.* 20: 285-306.
- Kagan, B. A. y G. A. Kivman. 1993. Modelling of global ocean tides with allowance for island effects. *Dtsch. Hydrogr. Z.* 1: 1-13.
- Kagan, B. A. y G. A. Kivman. 1995. A necessary condition for the representativeness of island tidal measurements. *J. Geophys. Res.* 100: 11047-11051.
- Larsen, J. C. 1977. Cotidal charts for the Pacific Ocean near Hawaii using f-plane solutions. *J. Phys. Oceanogr.* 7: 100-109.
- Le Provost, C. 1992. On the use of sea level gauge data for satellite altimetry validation: A review. *Oceanol. Acta* 15: 431-440.
- Le Provost, C., M. L. Genco, F. Lyard, P. Vincent y P. Canceil. 1994. Spectroscopy of the world ocean tides from a finite element hydrodynamic model. *J. Geophys. Res.* 99: 24777-24797.
- Pugh D. T. y J. M. Vassie. 1976. Tide and surge propagation off-shore in the Dowsing region on the North Sea. *Dtsch. Hydrogr. Z.* 29: 361-372.
- Schwiderski, E. W. 1980. On charting global ocean tides. *Rev. Geophys.* 18: 243-268.
- Siedler, G. y U. Paul. 1991. Barotropic and baroclinic tidal currents in the eastern basins of the north Atlantic. *J. Geophys. Res.* 96: 22259-22271.
- Tejedor, B. 1991. *Fenómenos dinámicos de interacción atmósfera-océano*. Tesis doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas de Gran Canaria: 289 pp.

Recibido en octubre de 1996. Aceptado en julio de 1997.