

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LAS MAREAS EN LA COSTA PACÍFICA Y CARIBE DE CENTROAMÉRICA

*Omar G. Lizano R.**

Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR)
Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI), Departamento de Física Atmosférica, Oceánica
y Planetaria (DFAOP), Escuela de Física,
Universidad de Costa Rica. 2060, Costa Rica. Fax: (506) 207-3280

Aceptado 18 de marzo, 2006

Abstract

Tidal levels were studied in 48 stations using tidal predictions along the coasts of the Pacific and Caribbean of Central America. Statistics of basic mean values were analyzed to characterize the stations. These values are useful in coastal design structures as marines, ports, breakwaters, and for planning of marine operations in ports and piers. The tidal wave in the Pacific is simidiurnal, while in the Caribbean varies according to the latitude and the bathymetric basin in which it is found. In this last region the tidal wave can be mixed (a combination of semidiurnal and diurnal types) or semidiurnal pure. Some stations may show seasonal variations in the tidal wave according to the phases of the moon. It was found that the stations positioned in open coasts in the Pacific Ocean had smaller tidal range than those stations inside of semi-enclosed bodies of waters as bays and gulfs. Some stations in the interior of the Gulf of Panama showed very high tidal ranges associated possibly to resonance interactions of the tidal wave with the continental shelf and the geometry of the gulf. In the Caribbean Sea the tides seemed to resonance according to the basin and sea floor batimetry in which they are found. In some stations the oceanic and atmospheric forces as wind, atmospheric pressure, waves and currents, might generate the so called "weather tides" that could explain the major tidal range found in some of them.

Palabras clave: mareas, predicciones, Caribe y Pacífico, Centroamérica.

Key words: tides, predictions, Caribbean and Pacific, Central America.

*email-olizano@cariari.ucr.ac.cr

I. Introducción

Las mareas, que son las variaciones del nivel del mar, generadas principalmente por la fuerza de atracción gravitacional de la luna en primer término, y el sol en segundo lugar, pueden ser localmente modificadas por aspectos océano-meteorológicos [10, 16, 17]. La amplitud de la marea es amplificada según esta se propaga hacia las regiones costeras, como consecuencia de la conservación del flujo de energía de la onda de marea que experimenta asomamiento [5, 16], y es incrementada según la extensión y profundidad de la plataforma continental sobre la cual se propaga. También se incrementa hacia el interior de cuerpos semi-cerrados de agua como golfos y bahías. En estas regiones, especialmente con conexiones restringidas hacia el mar abierto, las mareas experimentan compresión lateral de la onda [5], lo que genera aumento en su altura. La fricción también produce desfases de llenado y vaciado en estos cuerpos [5]. Por otro lado, la onda de marea también puede experimentar refracción, reflexión y resonancia en su propagación a través de la plataforma continental. La reflexión por ejemplo, puede generar ondas atrapadas en la costa que aumentan la altura de la marea [16]. Fenómenos atmosféricos también generan variaciones en el nivel del mar, como el viento, las presiones atmosféricas y las corrientes marinas.

A falta de registros frecuentes y confiables sobre el nivel del mar en la Centroamérica, las predicciones mareales elaboradas para una vasta red de estaciones en la región [1], constituyen la mejor fuente información para caracterizar el comportamiento mareográfico en las costas centroamericanas.

En el presente trabajo se muestra el análisis estadístico de las predicciones de marea que proveen programas de computadoras personales sobre niveles mareográficos en una red de estaciones en las costas de Centroamérica. Se presentan las características importantes de los niveles mareográficos y sus relaciones con variables océano-meteorológicas para ambas costas de Centroamérica. Las fuerzas que producen las mareas pueden ser expresadas como una suma de constantes armónicas simples que están relacionadas a la posición y movimiento de la luna y del sol alrededor de la tierra [11, 17, 18]. Las componentes principales de la luna (semidiurnas), M_2 (período de 12.4 hrs) y S_2 (12.0 hrs), y del sol (diurnas), K_1 (23.9 hrs) y O_1 (25.82 hrs), son usadas en este artículo para clasificar la marea en estaciones donde han sido calculados estos valores.

Debido a que en general se encuentra poca literatura sobre niveles mareográficos, y mas aún para las costas mencionadas, este trabajo constituye un aporte importante en la región, ya que provee información útil sobre niveles del mar. Estos niveles mareográficos promedio son importantes para el diseño de estructuras costeras como marinas, puertos, muelles, rompeolas, y para el planeamiento de operaciones marinas en los puertos y atracaderos de los países centroamericanos.

II. Materiales y método

Las predicciones mareográficas para Centroamérica y el Caribe fueron obtenidas mediante el programa para PC "Tidal & Currents" [1]. Estas predicciones fueron realizadas con observaciones en estaciones mareográficas regionales llevadas a cabo por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) y la Canadian Hydrographic Service (CHS). Las predicciones incluidas en el programa van desde 1901 hasta el 2099.

Se seleccionaron 30 estaciones mareográficas de referencias y subordinadas desde Guatemala hasta Panamá en el Pacífico y 18 estaciones mareográficas desde Belice hasta Panamá en el Caribe.

Se determinaron los valores promedio de los niveles mareográficos básicos para caracterizar cada estación estudiada. Todos estos niveles están referidos al nivel "0" (cero), llamado el cero de la tabla o de la regla, el cual representa el promedio de bajamares más bajas en el lugar. Este es el nivel "0" con que también son referidas las pleamares y bajamares que se publican en tablas por algunas casas comerciales y que son basadas en estos mismos datos de la NOAA y CHS. Las posiciones geográficas de cada estación y la morfología de las costas fueron identificadas con la ayuda del programa ENCARTA 2005.

III. Resultados

Variación de la onda de marea en la costa Pacífica de Centroamérica:

La variación de la onda de marea para 4 estaciones representativas en la costa pacífica se muestra en la Figura 1.

Es evidente en las figuras anteriores que el comportamiento de las mareas para todas las estaciones, es el de marea astronómica semidiurna pura (ciclos de mareas de aproximadamente 12 horas), variando solamente en amplitud en los diferentes casos. Muestran la desigualdad diurna, con máximos diurnos debido al refuerzo de los constituyentes de periodicidad diurna [7]. Además, se observa la variación quinquenal asociada con las fases de la luna, específicamente con la declinación lunar, dado que la luna en su rotación alrededor de la tierra implica una posición al norte y al sur del ecuador. Las mareas son por supuesto, de mayor ámbito alrededor de la luna nueva y luna llena, llamadas mareas vivas. Son de menor amplitud alrededor de los cuartos crecientes y menguantes, denominadas mareas muertas. Mayores ámbitos se presentan alrededor de la etapa de luna llena, asociada con la mayor fuerza gravitacional cuando la luna está en su perihelio (más cerca de la tierra). Dada la fricción de las mareas sobre las cuencas oceánicas [10], [16], las mareas más altas se dan uno o dos días después de la luna llena o la luna nueva.

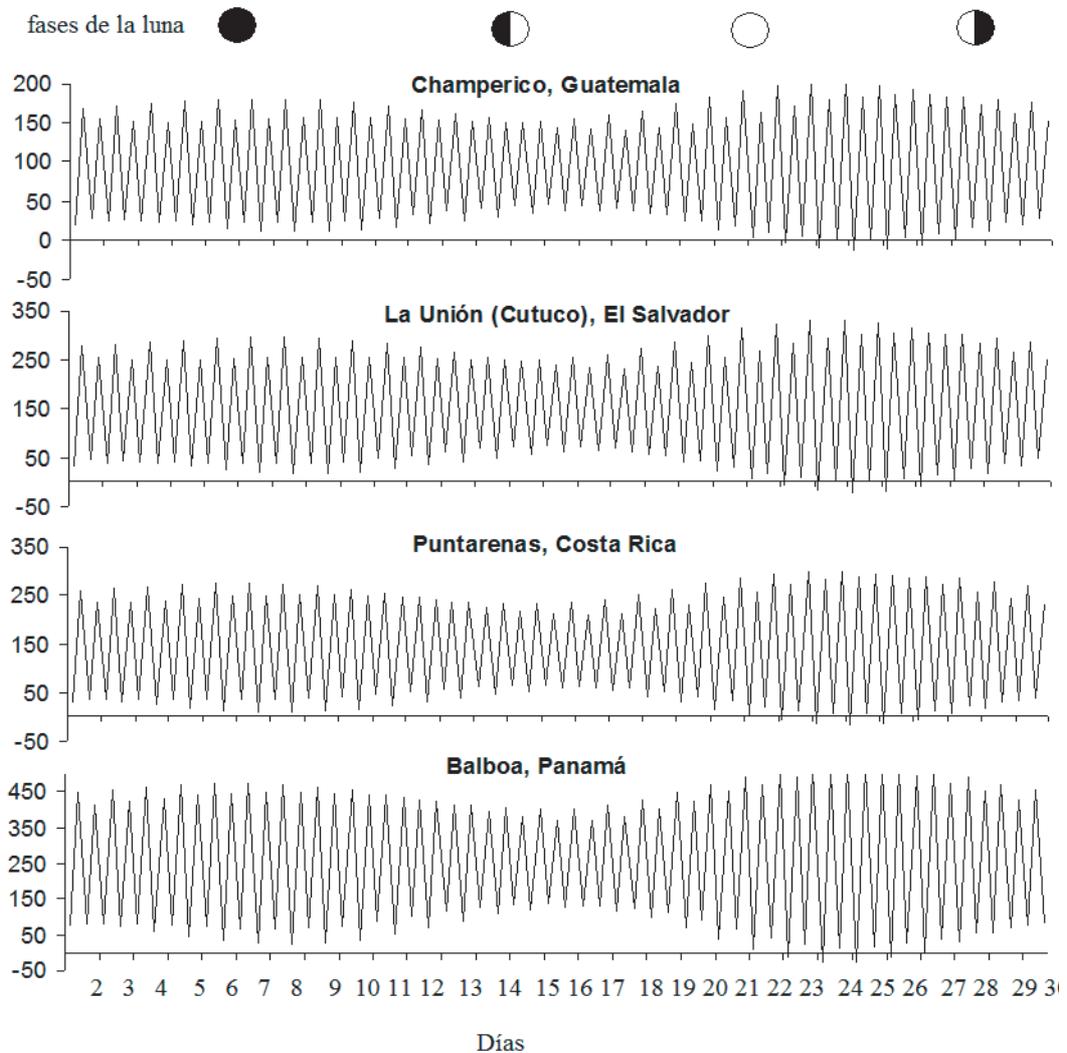


Figura 1. Predicción de mareas durante el mes de junio del 2005 para estaciones del Pacífico de Centroamérica.

El criterio que comúnmente es usado para clasificar la marea es el número de forma N_f [5] el cual es la razón de la suma de las amplitudes de las constituyentes principales diurnas O_1 y K_1 sobre la suma de las amplitudes de las constituyentes semidiurnas M_2 y S_2 [11]. Según este criterio los valores de N_f caracterizan una marea tal que: 0.0-0.25 = semidiurna, 0.25-1.5 = mixta, predominantemente semidiurna; 1.5-3.0 = mixta, predominantemente diurna; >3.0 = diurna. Valores de estas constituyentes encontrados en la literatura [8] y en Internet (<http://co-ops.nos.noaa.gov>) permiten calcular N_f para algunas estaciones como se muestra en el Cuadro 1. Es evidente, según este criterio, que todas las estaciones del Pacífico que se muestran ahí, tienen un valor que las define como semidiurnas puras.

CUADRO 1

VALORES DE NF PARA ALGUNOS LUGARES DE LAS COSTAS PACÍFICAS Y CARIBEÑAS DE CENTROAMÉRICA.

Lugar	Nf	Clasificación
Pacífico		
Puerto Quetzal, Guatemala	0.185	semidiurna
La Unión, El Salvador	0.114	semidiurna
Corinto, Nicaragua	0.144	semidiurna
Puntarenas, Costa Rica	0.122	semidiurna
Quepos, Costa Rica	0.114	semidiurna
Caribe		
Puerto Cortés, Honduras	0.605	mixta, predomin. semidiurna
Limón, Costa Rica	1.886	mixta, predomin. diurna

Niveles mareográficos en la costa Pacífica de Centroamérica:

Las características principales de las predicciones de marea y los valores promedio de los niveles mareográficos asociados de las estaciones existentes en esta región, se muestran en el Cuadro 2.

CUADRO 2

CARACTERÍSTICAS DE LOS NIVELES MAREOGRÁFICOS DE LAS ESTACIONES DEL PACÍFICO DE CENTROAMÉRICA

País	Nombre	Tipo	Posición		Valores Promedio				
			Lat (N)	Long (O)	RP (cm)	PS (cm)	MP (cm)	PP (cm)	PB (cm)
Guatemala	Champerico	A	14°18'	091°56'	152	185	91	167	15
	Puerto de San José	A	13°55'	090°50'	152	185	91	167	15
El Salvador	Acajutla	A	13°35'	089°51'	158	195	97	176	18
	La Libertad	A	13°29'	089°19'	164	204	100	182	18
	La Unión (Cutuco)	SA	13°20'	087°49'	246	304	152	275	29
Honduras	Amapala	SA	13°18'	087°39'	243	298	149	270.5	27.5

Continúa...

CUADRO 2

CARACTERÍSTICAS DE LOS NIVELES MAREOGRÁFICOS DE LAS ESTACIONES DEL PACÍFICO DE CENTROAMÉRICA

País	Nombre	Tipo	Posición		Valores Promedio				
			Lat (N)	Long (O)	RP (cm)	PS (cm)	MP (cm)	PP (cm)	PB (cm)
<i>Continuación...</i>									
Nicaragua	Corinto (Isla Cardón)	A	12°29'	087°10'	185	228	115	207.5	22.5
	San Juan del Sur	A	11°15'	085°53'	189	231	115	209.5	20.5
	Puerto Somoza	A	12°12'	086°46'	179	222	109	198.5	19.5
Costa Rica	Cocos Island	A	05°33'	086°59'	213	259	131	237.5	24.5
	Golfo Santa Elena	SC	10°56'	085°49'	228	268	134	248	20
	Bahía Culebra	SC	10°38'	085°40'	228	274	137	251	23
	Puntarenas	SC	09°58'	084°50'	228	280	140	254	26
	Puerto Herradura	SA	09°39'	084°40'	228	280	137	251	23
	Quepos	A	09°24'	084°10'	207	256	128	231.5	24.5
	Bahía Uvita	SA	09°09'	083°45'	228	280	137	251	23
	Golfito, Golfo Dulce	SC	08°39'	083°11'	234	289	176	293	59
Panamá	Puerto Armuelles	SA	08°16'	082°52'	231	292	146	261.5	30.5
	Isla Parida	SA	08°08'	082°19'	249	304	152	276.5	27.5
	Bahía Honda	SA	07°46'	081°31'	253	329	161	287.5	34.5
	Isla Cebado	SA	07°31'	081°13'	253	329	161	287.5	34.5
	Punta Mala	A	07°28'	080°00'	246	320	158	281	35
	Bahía de Chame	SC	08°41'	079°45'	381	493	246	436.5	55.5
	Taboga	SC	08°46'	079°33'	381	493	246	436.5	55.5
	Naos Island	SC	08°55'	079°32'	378	475	237	426	48
	Balboa	SC	08°57'	079°34'	384	499	249	441	57
	Río Chepo	SC	08°59'	079°07'	381	493	246	436.5	55.5
	Isla del Rey	SC	08°18'	078°54'	326	423	210	373	47
	Punta Garachine	SC	08°05'	078°25'	332	432	213	379	47
	Bahía Pina	SC	07°34'	078°11'	320	417	207	367	47

Tipo de costa: A: abierta, SA: semi-abierta, SC: semi-cerrada. Lat (N): latitud norte. Long (O): longitud oeste. RP: rango promedio, PS: promedio de sicigias, MP: marea promedio, PP: promedio de pleamares, PB: promedio de bajamares

La mayoría de estas estaciones muestran valores de marea promedio de sicigias (PS) mayores que el promedio de pleamares (PP). Es decir, las mayores mareas se generan alrededor de la luna llena o la luna nueva. La excepción es Bahía Golfito, donde el promedio de las mareas de pleamares son mayores que las mareas de sicigia. Un estudio particular del comportamiento de la marea en este lugar alrededor de la

luna llena o luna nueva, muestra que las alturas de la marea continúan siendo altas y mayores los días siguientes de las mareas de sicigias. Esto podría estar relacionado a la morfología de Bahía Golfito que es muy cerrada dentro de otro cuerpo semi-cerrado como lo es el Golfo Dulce.

Las características más importantes de los niveles mareográficos en las estaciones estudiadas son mostradas en el Cuadro 2. Los mayores ámbitos de marea se presentan en regiones clasificadas como de tipo SA y SC, siendo las de mayor ámbito las que están dentro del Golfo de Panamá. La estación de Balboa en Panamá presenta el mayor ámbito promedio de marea (3.84 m), cuyo valor máximo de marea de sicigia alcanza casi los 5 m (4.99 m). Esto es probablemente generado por interacciones de la onda de marea con la plataforma continental en esa región, relacionadas a la morfología y batimetría del Golfo de Panamá.

Específicamente en Costa Rica, el valor de ámbito promedio de la marea para Puntarenas es 2.28 m, el cual concuerda con el valor de 2.3 m calculado por el Instituto Geográfico Nacional y por Murillo [13]. Los valores de niveles mareográficos, como el promedio de mareas de sicigia (2.8 m), ya había sido mencionados en trabajos sobre el Golfo de Nicoya [18]. Otro, talvez desconocido y muy útil en aplicaciones costeras, es por ejemplo, la marea promedio (1.4 m), la cual es una aproximación del nivel medio del mar [5], [16].

Variación de la onda de marea en la costa Caribeña de Centroamérica:

La variación de la onda de marea de estaciones representativas para la cuenca del Caribe se muestra en la Figura 2:

En la costa Caribeña hay una variación en el comportamiento de la onda de marea según la latitud y/o la cuenca batimétrica en la que se encuentre. La estación representativa de Belice City (Figura 2-A) muestra una marea mixta principalmente semidiurna. Este mismo comportamiento lo muestran las demás estaciones desde Belice hasta la estación de Harbor Bay en Honduras. Kjerfve [13] con datos observados en la región, sitúa también a estas estaciones como mixtas con variación principalmente semidiurna. Puerto Cortés, dentro de estas mismas estaciones características, respalda este criterio con su valor de forma $N_f = 0.605$. (Cuadro 1).

Una onda de marea distinta presentan las estaciones desde Cabo Gracias a Dios (Figura 2-B) hasta San Juan Norte, en Nicaragua. En la onda de marea la desigualdad diurna alcanza un 80% de los máximos diurnos. Aunque no se encontró referencias del número de forma N_f para alguna estación de esta región, se deduce de este estudio que tiene la forma de una marea semidiurna.

Las estaciones desde Puerto Limón (Figura 2-C) en Costa Rica hasta la estación en Bahía de Caledonia en Panamá muestran una onda de marea similar entre ellas, diferenciándose solo en la magnitud del ámbito de marea. Estas estaciones presentan algunas veces una marea mixta y semidiurna otras. Alrededor de los cuartos de luna

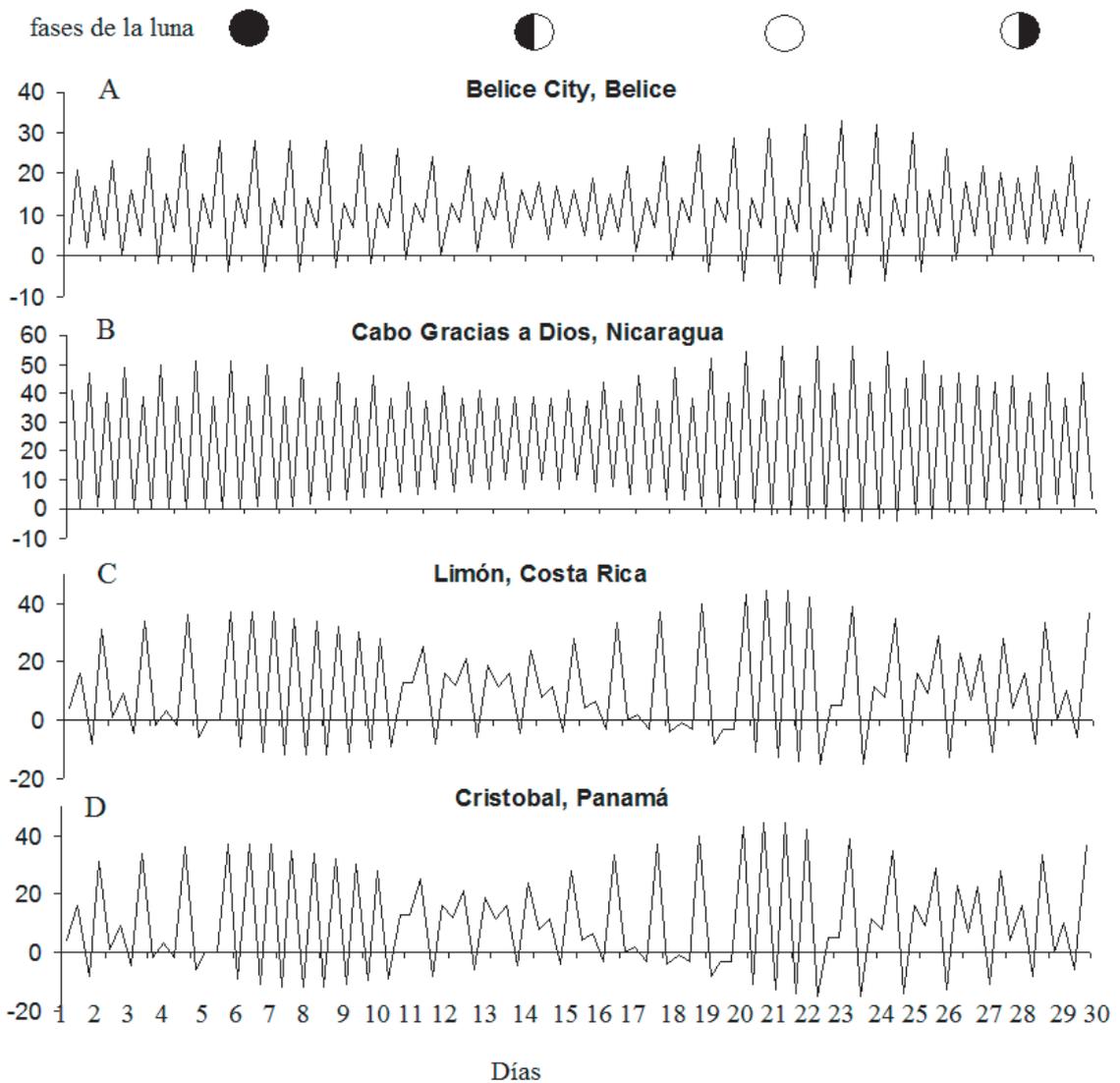


Figura 2. Predicción de marea durante el mes de junio del 2005 para estaciones del Caribe.

se genera una marea mixta cuya desigualdad diurna apenas se manifiesta con una pequeña subida o bajada de la marea. Los días siguientes a la luna llena y nueva, ocurre una marea más bien semidiurna pura. El valor de forma N_f (Cuadro 1) sitúa a esta estación de Puerto Limón como una marea mixta predominantemente diurna.

Niveles mareográficos en la costa Caribe de Centroamérica:

Las principales características de estas estaciones se muestran en el Cuadro 3.

CUADRO 3

CARACTERÍSTICAS DE LOS NIVELES MAREOGRÁFICOS DE LAS ESTACIONES DEL CARIBE DE CENTROAMÉRICA

País	Nombre	Posición		Valores Promedio				
		Lat (N)	Long (O)	RP (cm)	PS (cm)	MP (cm)	PP (cm)	PB (cm)
Belice	Belize City	17°30'	088°11'	18	21	12	21	3
	Punta Gorda	16°06'	088°49'	18	24	12	21	3
Guatemala	Río Dulce Entrance	15°50'	088°49'	36	45	21	39	3
Honduras	Puerto Cortés	15°50'	087°57'	15	18	6	13.5	-1.5
	Port Royal, Isla de Roatán	16°24'	086°20'	36	42	18	36	0
	Puerto Castilla	16°00'	086°02'	18	24	12	21	3
	Isla de Guanaja	16°29'	085°54'	30	39	18	33	3
	Harbor Bay, Great Swan Island	17°24'	083°56'	21	27	12	22.5	1.5
Nicaragua	Cabo Gracias a Dios	15°00'	083°10'	36	48	24	42	6
	Puerto Cabezas	14°01'	083°23'	42	57	27	48	6
	Cayos de Perlas	12°25'	083°25'	27	39	18	31.5	4.5
	Isla del Maíz Grande	12°10'	083°03'	27	39	9	22.5	-4.5
	Bluefields, Lagoon entrance	12°00'	083°42'	21	30	12	22.5	1.5
	San Juan del Norte (Greytown)	10°55'	083°42'	21	33	15	25.5	4.5
Costa Rica	Puerto Limón	10°00'	083°02'	21	36	15	25.5	4.5
Panamá	Bocas del Toro	09°21'	082°15'	24	36	18	39	-3
	Cristóbal	09°21'	079°55'	21	33	12	22.5	1.5
	Bahía de Caledonia	08°54'	077°41'	21	33	12	22.5	1.5

Es oportuno resaltar que los ámbitos de estas mareas son mucho menores que los de la costa Pacífica. El máximo valor es 57 cm en Puerto Cabezas, Nicaragua, comparadas con 499 cm en la costa Pacífica de Panamá.

Los ámbitos promedio de marea en el Caribe son variables, siendo algunos valores altos, como los de la estación de Río Dulce Entrance en la costa Caribeña de Guatemala, probablemente debido a que es una estación en el interior de una bahía semi-cerrada. Algunos otros valores altos podrían estar relacionados a procesos resonantes locales asociados con su medio ambiente batimétrico y/o a otros procesos océano-meteorológicos.

Una estación peculiar es la de Bocas del Toro en Panamá, que al igual que la estación de Bahía Golfito en Costa Rica en la costa Pacífica, muestra un promedio de pleamar mayor que el promedio de las mareas de sicigias. Esta estación está situada hacia el interior de una bahía rodeada de islas. Es posible que también la gran fricción de la marea pueda contribuir con este comportamiento en esta región.

IV. Discusión

Situando las estaciones en un mapa batimétrico como el que muestra la Figura 3, es posible entender el comportamiento de algunos ámbitos de marea de las estaciones estudiadas. De esta manera, y posicionándolas en un mapa con mayor resolución, se clasifica como abiertas (A), Cuadro 1, a aquellas estaciones que están frente a la costa, expuestas a mar abierto, semi-abiertas (SA) a aquellas que están en bahías o golfos con conexión directa a mar abierto, y semi-cerradas (SC), a aquellas que están en cuerpos de agua, bahías o golfos que no tienen conexión directa a mar abierto. Todas las estaciones clasificadas como A (excepto Punta Mala en Panamá), son las que poseen los ámbitos de marea más bajos de todas ellas. Le siguen en amplitud de marea, las estaciones que son clasificadas como SA, cuyas posiciones están hacia el interior de cuerpos de agua semi-abiertos. Por último, las estaciones clasificadas como SC, son las estaciones que están en cuerpos de agua semi-cerrados. Estas son las que presentan los ámbitos de marea más altos de todas ellas. De especial mención son las estaciones hacia el interior del Golfo de Panamá (desde Bahía Chame hasta Bahía Pina), cuyos ámbitos de marea son los más altos. Aunque es necesario un estudio más detallado sobre posición, distancia y profundidad de la plataforma continental frente a todas estas estaciones, es evidente, como muestra la Figura 3, el mayor ancho de la plataforma y la compresión lateral que experimentaría una onda frente al Golfo de Panamá. Esto podría explicar parte los altos ámbitos de marea en esta región. Aunque no se conoce algún estudio particular sobre el comportamiento de las mareas en esta zona, los modelos oceánicos de mareas y las observaciones de los satélites ERS 1 y TOPEX/POSEIDON [2], [3], [8], [9], ubican esta zona entre Panamá y Colombia, como una de las de mayor variación en el planeta. Es posible que otras interacciones (resonancia, ondas atrapadas, etc., [5], [14]), pueda estar generándose en esta región los cuales pueden contribuir con el aumento en los ámbitos de marea observados.

Una peculiaridad muestran las estaciones de Bahía Golfito en la costa Pacífica de Costa Rica y Bocas del Toro en Panamá. En ellas, el valor promedio de pleamares es mayor que el promedio de las mareas de sicigia. Dado que las dos estaciones se sitúan hacia el interior de bahías poco profundas, con una comunicación muy restringida hacia mar abierto, es posible que la gran fricción que se genera en estos cuerpos de agua durante la marea bajando, especialmente alrededor de las mareas extremas de sicigia, produzca tiempos de vaciados mayores que el siguiente tiempo de marea alta, produciendo esto una acumulación de masas de agua en el interior de la bahía. Esto

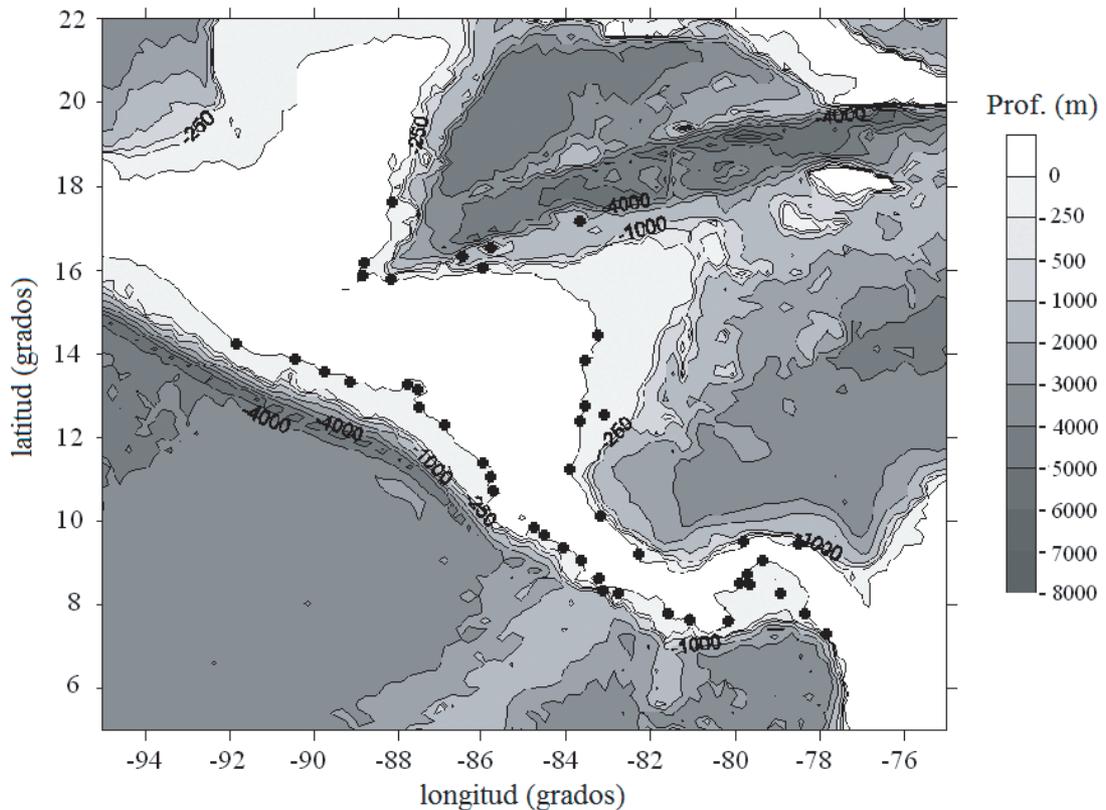


Figura 3. Contornos (m) batimétricos y posiciones aproximadas de las estaciones mareográficas alrededor de Centroamérica.

podría mantener los niveles del mar muy altos después de los días de luna llena hacia el interior de las bahías y producir ese promedio de pleamares tan particular.

Siempre emerge la pregunta del por qué las mareas del Pacífico tienen más rango que las del Caribe. Las ondas de marea en su propagación hacia la costa, pueden experimentar varios procesos océano-atmosféricos que pueden aumentar la energía de la onda de marea. No se conoce algún estudio particular que haya investigado en las plataformas centroamericanas estos procesos y que pueden explicar la amplitud de las mareas, como por ejemplo, la del Golfo de Panamá. Algunos de estos procesos parecen generarse en esta región dada la forma de la plataforma continental y morfología de la costa. En un principio se podría sospechar que están relacionados a la posición de los principales puntos anfídromicos [10], [16]. Un punto anfídromico, o punto nodal, es aquel alrededor del cual gira la marea, la marea es teóricamente "0" en este punto. Entre más largo se está del punto anfídromico, mayor es la amplitud de la marea. La posición del punto anfídromico de la constituyente principal M_2 de marea en el Pacífico difiere en la literatura [8], [10], [11], [17]. Mediante modelación numérica Pugh [16] sitúa el punto anfídromico de la M_2 más cercano a Centroamérica en 105° O

y 0° N. Esta posición es reforzada más recientemente por Kantha [8], [9], con modelación numérica y mediciones con satélite. En el Caribe, Kjerfve [5] lo sitúa alrededor de 68° O y 18° N, lo cual es similar por lo reportado en Kantha [9]. Como las diferencias de distancia a la costa de los puntos anfidrómicos del Caribe y Pacífico no son muchas, las diferencias en los de mareas se deben a alguno de los procesos de asomeramiento de la onda de marea sobre la plataforma continental del Pacífico Centroamericano como se ha señalado.

Las mareas del Caribe parecen resonar según la diferente cuenca y características batimétricas en las cuales están inmersas. Estaciones al norte de la costa de Honduras como Port Royal (hacia el interior de Isla Roatán), la de la Isla Guanaja y la estación en Puerto Castilla están muy cercanas (Figura 3); sin embargo, muestran valores de mareas muy distintos (Cuadro 3), indicando procesos océano-meteorológicos locales presentes en la variación del nivel del mar de estas estaciones.

Las mareas al sur de Cabo Gracias a Dios, también muestran valores altos en los ámbitos de mareas. Todas estas estaciones están localizadas sobre una zona batimétrica somera, rodeada de islas, cayos y arrecifes (Figura 3), que podrían tener influencia sobre las variaciones del nivel de mar en esa región. Kjerfve [11] señala que es posible que el máximo valor que presenta Puerto Cabezas se deba a un fenómeno local de resonancia del nivel del mar en ese lugar. También Kjerfve [11] menciona que sobre esta región existe una permanencia de vientos alisios y bajas presiones atmosféricas que podrían generar las llamadas mareas "radiativas" o meteorológicas [11], [16], que afectan el nivel del mar, en este caso, aumentando la altura de la onda de marea. Los vientos alisios, por otro lado, generan corrientes marinas en dirección a esta plataforma continental [6]. El mismo viento también genera oleaje hacia la plataforma, cuyos eventos fuertes son significativos. Tanto los vientos como las corrientes y el oleaje en estas latitudes [12], [15], pueden apilar masas de agua sobre las costas de Nicaragua y Honduras, que justifican los altos ámbitos de mareas encontrados en algunas estaciones sobre estos bordes costeros del Caribe de Centroamérica.

Agradecimientos

Al estudiante Melvin Lizano, estudiante de Geografía de la Universidad de Costa Rica, por la colaboración en la elaboración de este artículo. A la Vicerrectoría de Investigación por apoyo a través del proyecto No. 808-A4-082. A los revisores anónimos que con sus observaciones contribuyeron en darle una mejor presentación a este artículo.

V. Referencias

- [1] Anónimo. Tides & Currents for Windows. Noveltec Corporation, Portland, OR., 2002, 52 pp.

- [2] Andersen, O.B. *J. Geophys. Res.* **1995**, 100(C12), 25249-25259.
- [3] Andersen, O.B., Woodworth, P.L., Flather, R.A. *J. Geophys. Res.* **1995**, 100 (C12), 25262-25282.
- [4] Defant, A. *Ebb and Flow*. Ed. Univ. of Michigan Press, Ann Arbor: Michigan, 1958, 121 pp.
- [5] Forrester, W.D. *Canadian Tidal Manual*. Ed. Department of fisheries and oceans. Canadian Hydrographic Service: Ottawa, Ontario, 1983, 138 pp.
- [6] Gallegos, A., Czintron, S. Capítulo 11. Aspectos de la Oceanografía Física Regional del Mar Caribe. *Contribuciones a la Oceanografía Física en México*. Monografía No. 3. Unión Geofísica Mexicana. 1997, pp. 225-242.
- [7] Gutierrez, A., Soley, F.J. *Cienc. Technol.* **1988**, 12 (1-2): 117-131.
- [8] Kantha, L.H. *J. Geophys. Res.* **1995**, 100 (C12): 25283-25308.
- [9] Kantha, L.H, C. Tierney, J.W. Lopez, S.D.Desai, M.E Parkeand L. Drexler. *J. Geophys. Res.* **1995**, 100 (C12), 25309-25317.
- [10] Knauss, J.A. *Introduction to Physical Oceanography*. Ed. Prentice-Hall, Inc.: Nueva York, 1978, 338 pp.
- [11] Hjerfve, B. *J. Geophys. Res.* **1981**, 86 (C5): 25309-25317.
- [12] Lizano, O.G. *Las variables oceanográficas y su aplicación a la construcción de estructuras costeras*. CIMAR, Universidad de Costa Rica. **2002**. Obra didáctica, código Biblioteca Demetrio Tinoco (UCR): 551.470.2. L789v.
- [13] Murillo, L.M. *Tecnología en Marcha*. **1984**, 7 (1), 29-32.
- [14] Murillo, L.M. *Tecnología en Marcha*. **1997**, 13 (1): 3-12.
- [15] Mooers, C.N., Maul, G.A. Chapter 7. Intra-Americas sea circulation. En Robinson, A.R.; Brink, K.H. (Eds.), *The Sea*, Volume 11. John Wiley & Sons: Nueva York, 1990, pp 193-208.
- [16] Pugh, D.T. *Tides, surges and mean sea-level*. John Wiley & Sons: Nueva York, 1987, 472 pp.

- [17] von Arx, W. An Introduction to physical oceanography. Addison-Wesley Publishing Company: London, 1974, 422 pp.
- [18] Voorhis, A.D., Epifanio, C.E., Maurer, D., Dintel, A.I., Vargas, J.A. *Hydrobiologia*. **1983**, 99, 225-237.