

LAS MAREAS EN COSTA RICA

Luis M. Murillo Bolaños

Programa de Investigaciones en Ingeniería Costera
y Naval. PIICAN
Sedes Universitarias de Limón y del Pacífico
Escuela de Física

RESUMEN

Se describen los aspectos esenciales y técnicos de las mareas en Costa Rica. Se explica su naturaleza física y los aspectos prácticos de este tipo de conocimiento. Se describen las periodicidades presentes en la oscilación mareal y la naturaleza del problema hidrodinámico que representan las mareas. Se describen resultados de proyectos de investigación aplicada a las costas nacionales como las tablas mareales y se aclaran aspectos catastróficos como los maremotos y las inundaciones.

ABSTRACT

Practical aspects needed to understand the tidal oscillation in Costa Rica are presented. The physical nature of the hydrodynamical problem that explains the reasons behind the variations are discussed at an introductory level to promote local research in this field of applied science. Results of local research efforts are mentioned as are the tide tables and possible catastrophic results due to tsumanies.

¿Qué son las Mareas?

Se piensa comúnmente que las mareas son ese subir y bajar continuo del nivel del agua del mar que observamos en nuestras costas. Hay dos aspectos fundamentales en el fenómeno de las mareas: la variación periódica de **alturas** del nivel del mar observada cerca de las costas y las **corrientes** marinas cambiantes y giratorias que se observan en todo el mar particularmente cerca de las costas.

Las mareas son grandes ondas hidráulicas con longitudes de cientos de kilómetros y períodos de varias horas, causadas por el balance de las fuerzas de atracción gravitacional y centrífuga que se manifiestan en las órbitas de la luna, el sol y la tierra. La rotación propia de la tierra **no** tiene mayor efecto sobre las mareas en un sitio particular, la fuerza centrífuga sin embargo sí. Las mareas ocurren en todo el mundo con mayor o menor grado, dependiendo de las condiciones del lugar considerado (Tamaño, profundidad, forma, latitud, conexión al mar etc.)

¿Para qué sirve el conocimiento mareográfico y cómo se entiende?

El conocimiento de las mareas es importante para el transporte marítimo, planear desembarcos y arribos, el turismo, para el diseño de las construcciones costeras, marinas, muelles, atracaderos, para la pesca, el manejo de puertos, la planificación de la localización, magnitud y periodicidad de las descargas municipales de aguas de desecho tratadas o no al mar y hoy día las mareas se usan hasta para producir energía. Su estudio data desde la antigüedad aunque no fue sino

con el advenimiento de las ciencias modernas que se comenzó a entender porque ocurren de las mareas en términos exactos. Todo comenzó con sabios europeos como Isaac Newton, Lagrange, Doodson y muchos más.

Sin embargo aun hoy día al final del siglo 20 e inicio del 21, con todo el conocimiento científico e ingenieril que existe, las mareas no se pueden predecir completamente desde un punto de vista teórico o analítico, a menos de que se usen métodos estadísticos y mediciones empíricas en el sitio de interés, junto con el así llamado “análisis armónico”. Actualmente existen modelos de computadora cada vez más hábiles que pueden calcular las mareas con más precisión y en tres dimensiones (Ray, 1993).

Existe mucha y muy buena literatura para el lector técnicamente interesado como el Manual de Predicción de las Mareas (Shureman 1958) y adaptaciones de estos procedimientos estándar para usos ingenieriles como los propuestos por Murillo (1990). Hay muchos otros artículos científicos nacionales y extranjeros escritos con fines de cálculo y análisis. Se sugiere al lector revisar artículos como los de Murillo (1991 y 1993a y 1993b) y Gutiérrez y Soley (1988) a nivel nacional y Ray (1993) a nivel internacional. Murillo 1993b aplica un novedoso procedimiento para calcular las mareas, usando una variación del clásico método de análisis armónico llamado el método de las “frecuencias escondidas” para predecir las mareas de Puerto Moreno, en el interior del Golfo de Nicoya, en donde se piensa construir un puente. Los artículos se pueden conseguir en la biblioteca Tinoco de la Universidad de Costa Rica en San José o en las bibliotecas de las Sedes de Limón y del Pacífico de la UCR.

Rudimentos del conocimiento humano sobre las mareas

En este artículo introductorio solamente indicaremos lo más esencial de las mareas. Ya las leyes de Kepler, que estudiamos en el colegio, nos indican que las órbitas de los planetas y la luna son ELÍPTICAS. Además estas órbitas se encuentran en planos inclinados con respecto del plano ecuatorial terrestre y entre si. Es por esto que el balance de fuerzas gravitacionales y centrífugas de las órbitas está cambiando constantemente, pues la posición relativa de la luna y el sol varía constantemente respecto a puntos en la superficie de la tierra. Al variar la distancia varía la fuerza de atracción mutua entre los cuerpos celestes (según la teoría de gravitación universal de Newton) y el equilibrio dinámico tiene que acomodar esta situación. Como el agua es fácilmente deformable y existen algunos componentes de fuerza tangenciales a la superficie húmeda de la tierra, esta se deforma por la acción de las fuerzas gravitacionales y centrífuga y se crean así las mareas.

El tratamiento de estas variaciones es posible con matemáticas apropiadas, como podemos notar en el Manual de Shureman o en Murillo (1993c, 1997,). Sin embargo lo más importante es que esta variación de las mareas ocurre de una forma ordenada y existen entonces las así llamadas frecuencias y fases de oscilación, o “constantes armónicas”, de cada componente armónico que, una vez medidas y analizadas, nos permiten predecir las mareas con precisión hacia el futuro.

El Cuadro No.1 muestra una tabla de mareas calculada en la Universidad de Costa Rica, Sede del Pacífico, para el mes

de marzo del 2000 en Puerto Moreno, en el Golfo de Nicoya Superior. La Figuras No.1-4 muestran las corrientes principales superficiales del Golfo de Nicoya durante una marea típica 2, 6, 8 y 10 horas luego de marea alta en Puntarenas durante una marea de amplitud común. Las corrientes parecen alinearse a lo largo del eje del Golfo; sin embargo en un punto fijo las corrientes están girando todo el tiempo formando elipses que ponen a girar las estructuras que flotan en el agua como los barcos estacionarios amarrados con una sola ancla. Esto es importante y nos puede indicar la dirección de la corriente pues el barco se alinea siempre contra la velocidad de la corriente.

Estos cálculos hidrodinámicos se pueden hacer hoy día en la computadora con relativa facilidad, debido al avance de la ciencia y tecnología de los últimos 100 años. Existen modelos de circulación propuestos para la Zona de Limón (Murillo, 1999) que se encuentran en proceso de verificación y que serán de gran importancia para la construcción de emisarios submarinos y la planificación de las rutas de barcos y atracaderos. Procedimientos modernos de diseño marino ya se pueden ejecutar en el país y para esto se usa intensamente la computadora (Murillo 1998,a-f).

A todos aquellos interesados en poder realizar estos cálculos en su casa o empresa mediante el uso de una computadora personal, les ofrecemos el paquete predictivo de las mareas en la Universidad de Costa Rica, Vicerectoría de Investigación, Sección de Extensión Tecnológica o en la Sede de Puntarenas. Para poder correr el paquete deberán poseer una computadora personal con procesador numérico.

Las mareas en Costa Rica

En Costa Rica las mareas han sido estudiadas mayormente en la Costa Pacífica y hoy día existen varios estudios sobre las mareas del Golfo de Nicoya que quisiéramos discutir brevemente aquí.

Las mareas del Golfo de Nicoya según Murillo (1991) están dominadas por la componente armónica M_2 (Semidiurna lunar principal) que tiene un período de 12.42 horas y una amplitud de poco más de un metro. Esta marea, según Murillo (1993a y b), se propaga a lo largo del Golfo de Nicoya amplificándose significativamente hasta que llega a Puerto Moreno, a donde llega a veces unos 45 minutos más tarde que en Puntarenas y en donde comienza a decaer y perder energía. La velocidad de la ola de marea decrece pero la velocidad de la corriente aumenta con la reducción de la profundidad. De allí que se puedan observar fuertes corrientes en el interior del Golfo de Nicoya tal y como se observa en las Figuras No.1-4.

En la parte inferior del Golfo de Nicoya (e.d. Golfo de Nicoya Inferior o GNI) las corrientes de marea dan vueltas rotando constantemente y poseen una estructura vertical muy diferenciada. Por ejemplo las aguas del mar al entrar al Golfo se mueven distancias verticales de hasta 15 metros. Las corrientes mareales submarinas no coinciden necesariamente con las corrientes superficiales. Es por esto que muchos pescadores que trabajan en la entrada del Golfo, notan como el barco en que se encuentran se mueve, arrastrado por la corriente de marea en una dirección en la superficie, pero la red abajo del agua se mueve en otra dirección muy diferente. Esto tiene que ver técnicamente con un modo de oscilación

llamado “modo baroclínico” y su estudio envuelve muchas matemáticas complejas pero interesantísimas.

La periodicidad de las Mareas

Las mareas cambian constantemente pero este cambio es ordenado y en consecuencia calculable y entendible usando métodos de análisis matemáticos apropiados. Veamos la Figura No. 5 adjunta al final. Esta Figura No. 5 contiene un gráfico de las mareas de Puerto Moreno, en el extremo interior del Golfo de Nicoya, en la Costa Pacífica de Costa Rica. Notemos en esta figura como las mareas son siempre cambiantes aumentándose y disminuyéndose diariamente. Sin embargo, hay cierto orden en el cambio.

Para entender mejor este cambio en las alturas se definen varios términos como *Nivel Medio* de las aguas, que es la altura promedio del mar, *Nivel de Siciguas*, que es un nivel de referencia para medir las alturas del mar localizado unos 1.4 metros bajo el nivel medio del mar en la costa pacífica de Costa Rica. El Nivel de Siciguas corresponde con el nivel medio de las bajamares extremas o mayores. Las mareas de un día difieren de las mareas del día anterior. Existe un atraso de más o menos unos 50 minutos de un día a otro. Esto básicamente se debe a que la luna gira lentamente (27.3 días por vuelta completa) alrededor de la tierra y se retrasa $24/27.3 = 0.88$ horas cada día o sea unos 50 minutos.

Las mareas dependerán de la posición de la luna y el sol. Cuando ambas se encuentren en cuadratura (primer y tercer cuarto lunar), es decir, haciendo un ángulo recto con la tierra en el centro, sus efectos se contrarrestan un poco causando las

mareas pequeñas. Cuando se alinean es decir durante la una llena y luna nueva, se producen las mayores mareas. Pero esto sucede dos veces cada mes en consecuencia cada quince días hay mareas grandes y pequeñas.

Pero la luna se mueve alrededor de la tierra en órbitas elípticas y dura casi un mes en dar vuelta completa. Cuando la luna se encuentra cerca de la tierra (Perigeo) se intensifican las mareas y cuando se encuentra lejos se presentan las mareas pequeñas. Como esto sucede dos veces al mes (dos veces por vuelta) cada quince días hay mareas grandes.

Algo parecido sucede con el sol, solo que aquí el ciclo es anual, es decir, cada seis meses hay mareas grandes durante el perihelio (punto de máximo acercamiento del sol) y pequeñas durante el afelio (punto de máxima lejanía del sol). En la costa pacífica norte de Costa Rica las mayores mareas se dan en marzo-abril debido en parte a los vientos que en estos meses tienen algún componente norte fuerte. Mareas grandes se vuelven a dar alrededor de setiembre-octubre de cada año. Durante la marea baja la altura de estas mareas pueden quedar por debajo del nivel de Sicigias y entonces aparecen en la tabla con valores negativos. Es decir que con respecto del nivel de referencia del promedio de bajamares extremas o referencia de Sicigias, la profundidad medida es hacia abajo o sea negativa.

Además de los ciclos cortos anuales y subanuales, existen ciclos de varios años de duración que determinan el comportamiento general de las mareas al pasar de los años. Uno con nueve años, otro con diecinueve años y otro con 21,000 años de duración según el análisis clásico de Doodson. Es decir que nosotros para obtener dos mareas iguales deberíamos

esperar 21,000 años... nada menos. El lector cuidadoso podrá notar algunos de estos ciclos menores en la Figura No. 5.

El estudio de estos ciclos con frecuencias fijas conocidas o medibles, se conoce como análisis armónico de frecuencias conocidas y es muy usado en la Ingeniería Costera moderna.

El problema hidrodinámico

Cerca de las costas el cálculo de las mareas es un problema hidrodinámico, es decir su solución depende de varias fuerzas que actúan sobre las masas de agua costeras como la misma marea oceánica, las fuerzas de fricción, pendiente, de inercia, del viento, presión atmosférica y las fuerzas de Coriolis. Para analizar el comportamiento de las mareas en las zonas costeras interiores se recurre comúnmente a las ecuaciones de balance de fuerzas y de conservación de masa (ver por ejemplo Murillo, 1991 y 1993a, 1997). En promedio, sin embargo, entran a jugar otras fuerzas adicionales un papel preponderante como las fuerzas originadas en la estratificación de los fluidos, la turbulencia y efectos de superficie o Froude .

Las corrientes promedio mensuales de la marea, o circulación gravitacional, que es altamente dependiente de la estratificación, determinan mayor o menormente el grado y el sentido de propagación de los desechos que las ciudades echen al mar y esto es de gran importancia para la ingeniería sanitaria. En promedio, el agua cercana a la superficie sale más hacia el mar abierto de lo que entra al estuario considerado y las aguas del fondo entran más al estuario de lo que salen durante la marea saliente. Esto

puede crear problemas graves de sedimentación de puertos, esteros y atracaderos. Además el efecto de Coriolis desvía un poco la corriente hacia la derecha (Costa Rica se encuentra en el hemisferio norte) así que la marea entrante entra más por la derecha de un estuario, como el Golfo de Nicoya en la Costa Pacífica de Costa Rica. Este efecto es especialmente fuerte en estuarios grandes de 10 o más kilómetros de ancho. Durante la marea saliente las corrientes se intensifican un poco más por la izquierda del estuario.

La marea además se deforma no linealmente al subir por un estuario largo como el Golfo de Nicoya y sus aguas se mezclan con las aguas que se quedaron y no pudieron salir en la marea anterior. Esta deformación y mezcla puede llevar a amplificaciones fuertes de la marea. Murillo (1993a) muestra que una marea típica de solo 3 metros en Puntarenas, se convierte en una amenazante marea de 5 m en Punta de Piedra, en el interior del Golfo de Nicoya. Murillo (1993a) también calculó que la marea avanza a 1.4 kilómetros cada minuto en la parte cercana a Puntarenas pero que luego de Punta Morales la marea avanza dos veces más rápido. Existen efectos costeros a nivel centroamericano con dependencias latitudinales globales cuantificables como se explica en Murillo 1997. Debido a este fenómeno las mareas de mar abierto se amplifican hacia el sur, hacia el Golfo de Panamá.

Las mareas en la zona de Limón en la Costa Atlántica son muy inferiores a las del Pacífico con amplitudes que rara vez superan los treinta centímetros. Sin embargo la circulación local es fuertemente dependiente de ellas y esencialmente Murillo 1999, logra probar que, a pesar

de su mínima altura, las corrientes muestran una fuerte dependencia de las alturas de marea con una fase variable y corrientes giratorias con velocidades máximas de 20 a 30 centímetros por segundo.

El maremoto o marea extraordinaria

Existe un aspecto de mucho interés civil en todo esto y es el peligro de lo que ocurriría en caso de un maremoto o una ola de marea extraordinaria de origen sísmico. La mayoría de las mareas “ordinarias” se originan en la luna y el sol pero también existen mareas originadas en movimientos sísmicos submarinos que son comunes en América Central. También existen mareas o oscilaciones propias (Seiches) que se excitan por la forma y tipo de perturbación atmosférica que a veces afecta a los Golfos y Bahías. Un maremoto medio de unos dos metros de altura, duraría unos 55 minutos en subir hasta Puerto Moreno. Uno de mayor tamaño duraría unos minutos menos y ambos se amplificarían un 40% o más. Como están las cosas actualmente, muchas zonas y poblados aledaños al Golfo de Nicoya se inundarían y habría gran destrucción. La ola mayor ocurriría en el interior del Golfo.

Los “seiches” no son de gran peligro en esta zona del mundo, pero pueden alterar grandemente el comportamiento de cuerpos de agua pequeños y semicerrados como los puertos y las dársenas de volteo y enrumbamiento de barcos comerciales. Condiciones meteorológicas pueden generar seiches u oscilaciones propias en golfos, dársenas y bahías, en especial cuando los cambios meteorológicos de vientos o presión tengan períodos cercanos al período de “resonancia”

del golfo o la bahía. Para el Golfo de Nicoya se puede calcular un período resonante “fundamental” de unas 5 horas para la condición de límite abierto y de 3 horas para la condición de límite cerrado.

Las mareas en el resto del Litoral Pacífico

Las mareas en el resto del Litoral Pacífico nacional son muy parecidas a las de Puntarenas aunque no iguales. En Rincón de Osa, Quepos, Golfito y Tambor las mareas ocurren unos cuantos minutos antes que en Puntarenas son todas de más o menos la misma altura (Murillo 1997). Al norte del país en la Costa Pacífica, las mareas coinciden bastante con las del sur y son de una amplitud parecida a Puntarenas. Las pequeñas diferencias temporales son de pocos minutos. Las corrientes si pueden ser muy diferentes. En el interior del Golfo Dulce, por ejemplo, comparando con el Golfo de Nicoya, hay corrientes muy diferentes. Esto por cuanto el Golfo Dulce es mucho más profundo (≈ 200 m). Esto causa corrientes de *menor* magnitud y una *ola de marea rápida* casi simultánea en todo el Golfo Dulce. En el Golfo Dulce hay un retraso mucho menor que en los extremos del Golfo de Nicoya cuya parte interior es diez veces menos profunda que su entrada.

Al sur del Istmo Centroamericano, en el Golfo de Panamá si se observan mareas mucho más grandes que en Costa Rica, sin embargo en todo el litoral pacífico de Centroamérica las mareas ocurren con pocas horas de diferencia (Murillo 1997).

Debido a esta simultaneidad aparente de las mareas uno bien puede imaginarse que la marea oceánica corresponde con una ONDA ESTACIONARIA que abarca

todo el litoral tico de sur a norte (Murillo 1997). En estas ondas estacionarias, muy conocidas por los científicos e ingenieros costeros y navales del mundo, que trabajan diseñando y construyendo puertos y obras costeras y barcos, el agua sube y baja al unísono en todo lugar. Las pequeñas diferencias en los tiempos de las mareas de solo minutos que se observan, puede que solo dependan del hecho de que puertos como Puntarenas o Rincón, se encuentran dentro de una bahía o golfo que se conecta con el mar. La ola de marea entonces, antes de llegar al sitio considerado, debe primero penetrar hasta el interior de esos cuerpos de agua semicerrados atrasándose un poco.

En el Litoral Atlántico de Costa Rica las mareas son mucho menores y tienen una amplitud de poco más o menos un tercio de un metro o sea un pie. Problemas portuarios tienen que ver más con el oleaje incidente que con las mareas. Oscilaciones resonantes del tipo de Helmholtz (en donde la variación de altura es completamente simultánea y está gobernada por la relación de áreas de la superficie de la bahía y el área transversal del canal de entrada) pueden jugar un papel importante en un puerto dado. Sin embargo es muy conocido que las oscilaciones propias de la dáseña de Moín comúnmente rompe amarras de barcos anclados. En un futuro se debería estudiar este fenómeno y su posible predicción. La Figura No. 6 muestra un modelo de circulación local para Moín propuesto por Murillo 1999. Se notan vórtices variables y corrientes de marea dominantes que van hacia el Noreste y el Noroeste con magnitudes máximas de 20 a 30 cm/s.

Cuando la perturbación meteorológica (ed. vientos o presión atmosférica) que llega a una pequeña bahía cerrada, tiene períodos cercanos a la frecuencia

de oscilación de Helmholtz, se puede notar como esta se agita rápidamente y se mueve como una “tina de baño” que se vacía y se llena parcialmente. Para el Golfo Dulce se puede calcular que el período resonante de Helmholtz es de una media hora. El interior de una ensenada o un puerto puede ser a veces agitado por olas de períodos largos (i.e. de 15 segundos o más). Una dársena de volteo o una zona de atraque puede tener un período propio de oscilación de Helmholtz de esta magnitud y cuando esto sucede hay gran conmoción en el puerto. Los barcos revientan las amarras y hasta puede haber choques y agitación inesperada.

Ejemplo de Cálculos Posibles sobre las mareas en Costa Rica

El siguiente Artículo (1997m: *Ondas Estacionarias en el Pacífico y sus Aplicaciones a la Ingeniería de Costas*: ITCR, *Tec.enMarcha*, (Vol 13/1)) presenta una posible metodología para la predicción de las mareas en todo el litoral nacional. Estos métodos se basan en procedimientos teóricos internacionalmente aceptados por institutos y centros de investigación en Oceanografía Física e Ingeniería Costera internacionales. La literatura del artículo muestran las fuentes y los desarrollos del artículo son propios y personales del autor.

Bibliografía

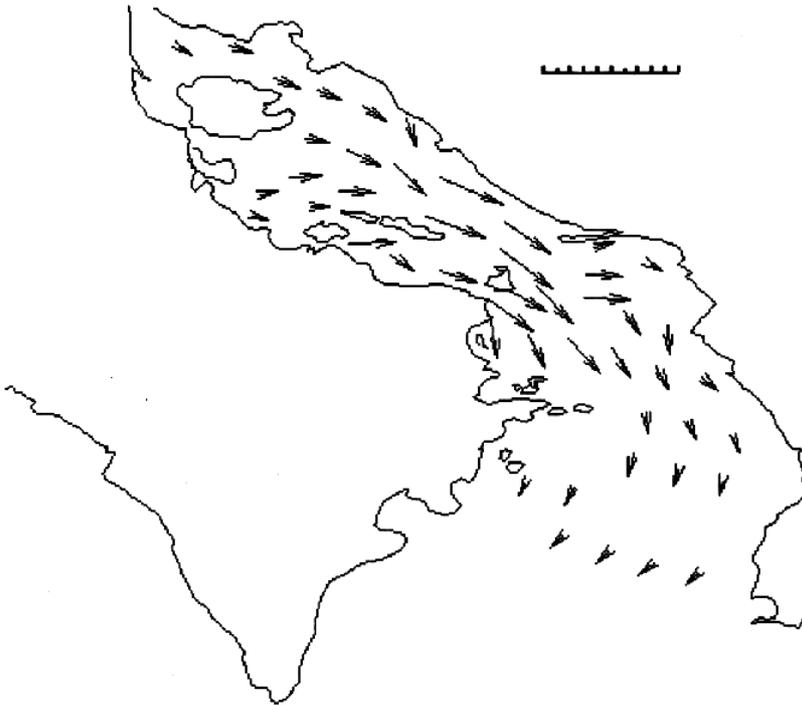
- Gutiérrez E.A., Soley J.F., 1988: “Características del Nivel del Mar en los Litorales Costarricenses”. *Ciencia y Tecnología* 12 (1-2), p. 117-131.
- Murillo L.M., 1999: *Un Modelo Inicial para la Circulación Local en Moín, Limón, Costa Atlántica de Costa Rica*. Top. Meter. Oceanogr (en public.)
- Murillo L.M., 1998c: *Diseño Numérico de Tablestacas en la Costa Pacífica de Costa Rica*, *Tecnología en Marcha*, ITCR (en publicación).
- Murillo L.M., 1998 a,b: *Análisis de Muelle Tender. Reporte N°.1, 2: Diseño y Comportamiento Hidrostático, Diseño, Capacidad de Carga y Comportamiento Hidrostático Proyecto Cooperativo Incop-UCR*.
- Murillo L.M., 1998d: *Calculando Dispersión Local para el Emisario Submarino de Limón, Costa Rica.*, *Tecnología en Marcha*, ITCR (en publicación)
- Murillo L.M., 1998e: *Análisis Estructural de una Marina. Ingeniería.* (en publicación).
- Murillo L.M., 1998f: *La Predicción de las Corrientes y Mareas en el Muelle Nacional de Puntarenas.* Ingeniería .
- Murillo L.M., 1990: “La predicción continua de las mareas para las costas costarricenses para los años 1991-2000”. *Tecnología en Marcha*, Vol. 11(4)
- Murillo L.M., 1991: “La circulación de las mareas en el Golfo de Nicoya”. *Tecnología en Marcha*. Vol. 10(4)., p. 51-76
- Murillo L.M., 1993a: “Hidráulica Mareal del Golfo de Nicoya”. *Ingeniería*, Vol 1993.
- Murillo L.M., 1993b: “Periodicidades escondidas en las mareas de Puerto Moreno”. *Tecnología en Marcha* 12(3).
- Murillo L.M., 1997: *Ondas Estacionarias en el Pacífico Tico y sus Aplicaciones a la Ingeniería de Costas*. ITCR, *Tec.en Marcha*, (Vol 13/1)
- Ray R.D., 1993: *Global Ocean Tide Models on the Eve of Topex/Poseidon. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Oceanic Engineering*, Vol. 31, N0.2 , Marzo, pp. 355-364.
- Shureman, P., 1958: “*Manual of Harmonic Analysis and Prediction of Tides*”. U.S. Department of Commerce. Special Publication No. 98, Washington D.C.

Cuadro No. 1
Tabla de Mareas
Predicciones y lidas para el lugar de: Puerto. Moreno
Altas y Bajamares MARZO 2000

DÍA		HORAS	CM ³	HORAS	CM ³	HORAS	CM ³	HORAS	CM ³
1	M	06:04	69	12:16	255	18:24	72		
2	J	00:40	270	06:58	62	13:10	262	19:16	66
3	V	01:28	277	07:44	53	13:54	273	19:59	57
4	S	02:08	285	08:22	42	14:32	284	20:37	48
5	D	02:44	294	08:56	32	15:06	295	21:11	39
6	L	03:17	303	09:29	22	15:39	305	21:44	30
7	A	03:50	311	10:01	13	16:12	315	22:19	22
8	M	04:25	317	10:35	6	16:47	322	22:55	17
9	J	05:01	319	11:12	4	17:25	325	23:34	16
10	V	05:41	318	11:53	5	18:07	323		
11	S	00:18	18	06:26	313	12:38	12	18:54	318
12	D	01:07	24	07:17	304	13:30	21	19:48	310
13	L	02:04	32	08:16	294	14:30	31	20:49	303
14	A	03:08	37	09:23	289	15:37	37	21:58	301
15	M	04:19	35	10:34	292	16:49	35	23:07	307
16	J	05:28	24	11:44	304	17:57	23		
17	V	00:13	320	06:31	7	12:47	322	18:58	7
18	S	01:12	336	07:28 -	12	13:43	341	19:53	-10
19	D	02:05	352	08:19	-28	14:33	358	20:44	-23
20	L	02:54	362	09:07	-38	15:21	368	21:31	-30
21	A	03:40	365	09:52	-41	16:06	370	22:16	-29
22	M	04:25	361	10:37	-35	16:50	364	23:01	-21
23	J	05:10	349	11:20	-22	17:34	350	23:46	-6
24	V	05:54	331	12:05	-2	18:19	331		
25	S	00:32	14	06:41	309	12:51	21	19:07	308
26	D	01:21	36	07:31	285	13:41	46	19:58	285
27	L	02:15	57	08:27	264	14:38	68	20:56	266
28	A	03:17	73	09:31	249	15:43	83	22:01	253
29	M	04:24	81	10:40	243	16:51	89	23:07	250
30	J	05:28	79	11:45	247	17:54	86		
31	V	00:05	254	06:22	71	12:38	257	18:45	76

Las alturas se dan con referencia al nivel de bajamares extremo medio.

Figura N° 1



Corrientes de marea en el Golfo de Nicoya dos horas después de marea alta en Puntarenas durante una marea típica.

Figura N° 2



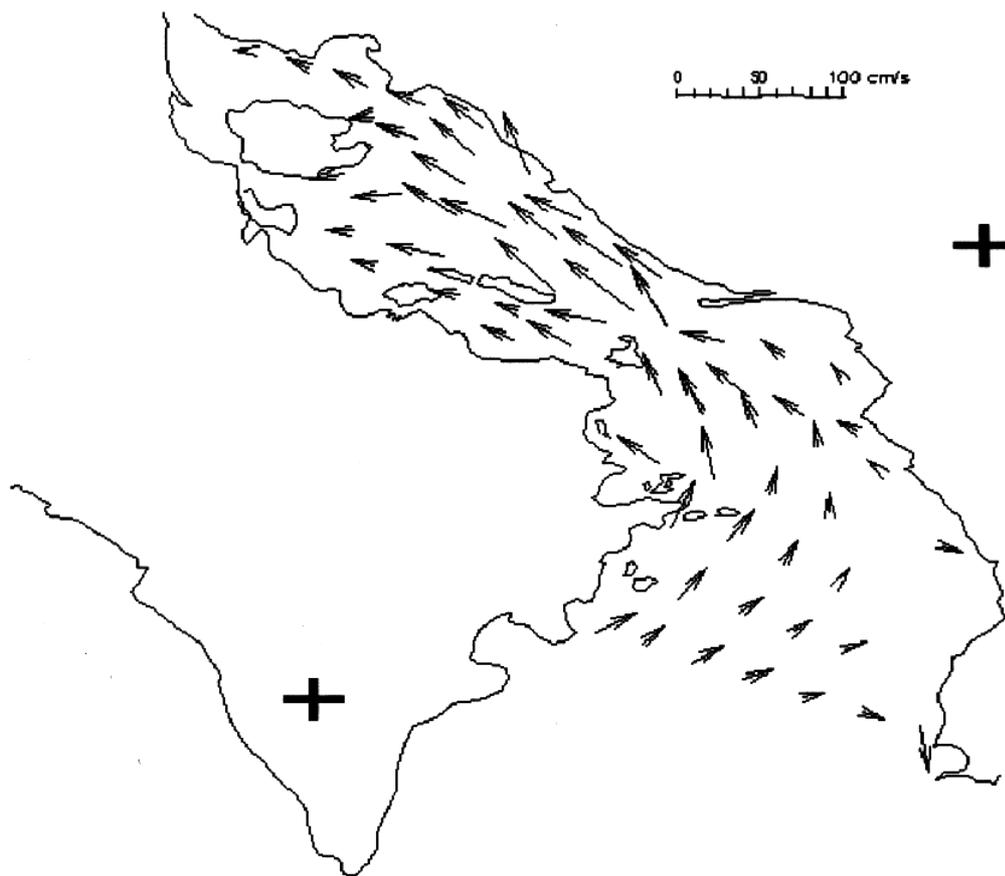
Corrientes de marea en el Golfo de Nicoya seis horas después de marea alta en Puntarenas durante una marea típica.

Figura N° 3



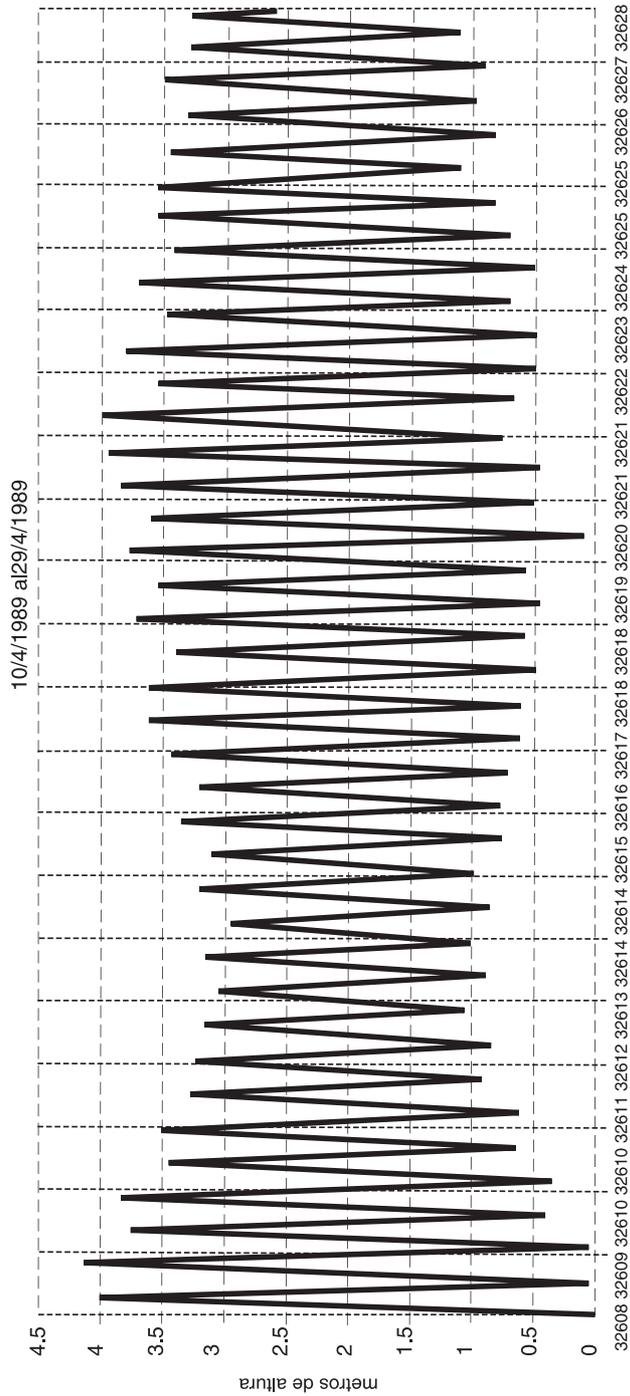
Corrientes de marea en el Golfo de Nicoya ocho horas después de marea alta en Puntarenas durante una marea típica.

Figura N° 4



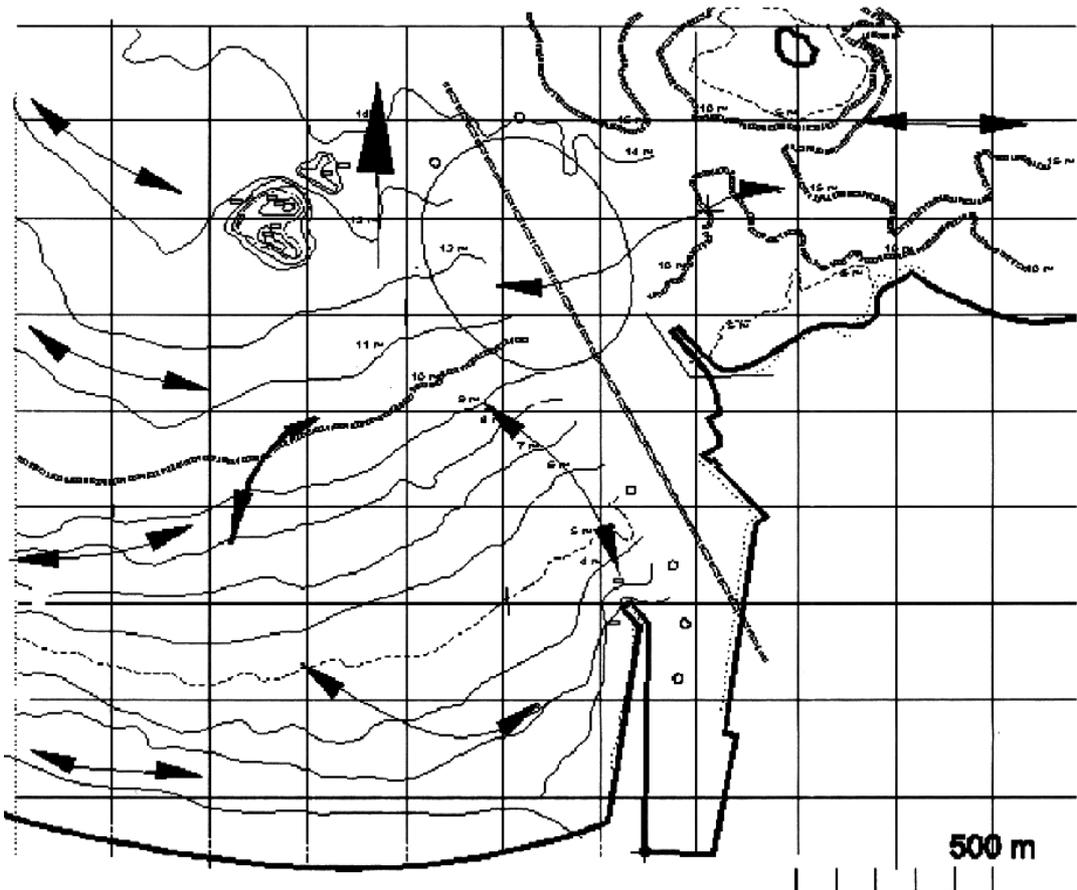
Corrientes de marea en el Golfo de Nicoya diez horas después de marea alta en Puntarenas durante una marea típica.

Figura N° 5



Las mareas en Puerto Moreno del 10 al 29 de abril de 1989. Nótese los ciclos de 15 días y las variaciones diarias. Tiempo diario Juliano.

Figura N° 6



Un Modelo de Circulación Local para Moín, Limón, según Murillo 1999.