

La Predicción Continua de las Mareas para las Costas Costarricenses para los años 1991-2000

Luis Murillo B.*

Se extiende la validez de los procedimientos presentados por el autor en esta revista (Vol. 7, No. 1) hasta el año 2000, introduciéndose a su vez un programa BASIC de fácil ejecución en calculadoras programables de bolsillo. El procedimiento permite calcular las alturas del agua debidas a las Mareas Astronómicas en las costas de Costa Rica con un error máximo de 0,15 m. Mediante la reintroducción de los valores del Factor de Declinación Lunar y la Fase de Declinación Lunar, se pueden hacer las predicciones para cualquier época del año.

En las costas americanas las alturas del agua usualmente se calculan usando los métodos de Shureman (1958). Las alturas de la marea según esta publicación están dadas por

$$h = h_0 + \sum F_i A_i \cos [w_i t + (v_0 + u) - e_i] \quad \text{Ecuación 1}$$

en donde

h_0 representa la altura media sobre el nivel de referencia del lugar,
 A_i es la amplitud del componente armónico i ,
 F_i es el factor de declinación nodal para la componente i ,
 w_i es la velocidad del componente i en grados/hora,
 $(V_0 + u)_g$ es el argumento de equilibrio en Greenwich, Inglaterra para la componente armónica i
 e_i es la época del componente i ,
 t es el tiempo local con base en 24 horas.

Un procedimiento de fácil y rápida aplicación ingenieril fue presentado por el autor anteriormente (Murillo, 1984). Estos procedimientos basados en la Ecuación 1, pueden ser fácilmente generalizados hasta el año 2000, mediante la actualización de los Cuadros 1, 2, 3 y 4.

El valor de Factor de Declinación F actualizado (Cuadro 1 en Murillo, 1984) para los 11 componentes principales se presenta en el Cuadro 1.

El cuadro 2 presenta los valores actualizados de las Fases Corregidas según Murillo (1984).

Los valores de las Fases Corregidas se calcularon de acuerdo con Murillo (1984) según la fórmula expuesta en el Cuadro 2.

El valor actualizado de las correcciones a la Fase debidas a la Declinación Lunar, valores anuales y mensuales, calculados para los años 1991-2000, se muestran en los Cuadros 3 y 4.

Para aplicar el método presentado en Murillo (1984) y actualizado en esta publicación, se pueden usar las calculadoras programables de bolsillo que comúnmente utilizan el lenguaje de programación BASIC. El Cuadro 5 presenta un pequeño programa BASIC que usa solo 6 componentes armónicos. El usuario puede copiar en la memoria de su calculadora este programa y correrlo para predecir las mareas en Costa Rica hasta el año 2000. Las amplitudes usadas corresponden a las de Puntarenas en la costa pacífica de Costa Rica.

* Ph.D en Ingeniería Oceánica, Universidad de Rhode Island, 1991. Bajo proyectos #808 88 423 y #806 91 918 de la Vicerectoría de Investigación, Universidad de Costa Rica, San Pedro, San José.

CUADRO 1. Factor de Declinación Lunar F.

Compo- nente	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
K ₁	1,051	1,015	0,976	0,937	0,905	0,886	0,883	0,897	0,926
K ₂	1,115	1,016	0,922	0,842	0,785	0,754	0,750	0,772	0,821
O ₁	1,081	1,024	0,960	0,894	0,844	0,812	0,808	0,832	0,879
M ₂	0,988	1,000	1,013	1,024	1,032	1,037	1,038	1,034	1,027
N ₂	0,988	1,000	1,013	1,024	1,032	1,037	1,038	1,034	1,027
S ₂	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
V ₂	0,988	1,000	1,013	1,024	1,032	1,037	1,038	1,034	1,027
L ₂	1,248	0,898	0,801	1,077	1,208	1,107	0,921	0,895	1,096
Sa	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
μ ₂	0,988	1,000	1,013	1,024	1,032	1,037	1,038	1,034	1,027
Ssa	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

CUADRO 2. Valores actualizados de las Fases Corregidas.

Epocas corregidas para cada componente armónico

$$e' = -E + w \cdot S / 15 - p \cdot L$$

en donde E representa la Epoca Greenwich, w la velocidad, S el meridiano temporal para Costa Rica (90°, 6 horas oeste), p es el índice del constituyente, L es la Longitud absoluta de Costa Rica (84.82°)

M ₁	-71,76
S ₂	-125,84
N ₂	-38,6
K ₁	-343,68
K ₂	-117,96
O ₁	-23,56
v ₂	-43,07
L ₂	-124,618
Sa	-166,65
μ ₂	-12,93
Ssa	-196,11
2N ₂	-5,47

Para usar el programa anterior el usuario deberá:

- 1) De ser necesario, editar el valor correcto de la profundidad del nivel de referencia para el lugar (H)
- 2) Cambiar los factores de reducción F para todos los componentes que se deseen usar según el Cuadro 1 para el año de la predicción

- 3) Reintroducir los valores del argumento de la Fase de Declinación en el programa MAREAS. Estos valores deberán corresponder con el año (P's) y el mes (M's) de la predicción deseada para cada componente según los Cuadros 4 y 5
- 4) Correr el programa
- 5) Si desea mayor exactitud en la predicción de la Marea Astronómica, deberá usar más componentes armónicos. Para esto deberá incrementar el tamaño de las matrices A, W, E, P, F y M e introducir los valores según los Cuadros 1 a 4.

Si se desean predicciones para otros lugares de las costas nacionales, además de Puntarenas, se deberán introducir los valores correspondientes a las Amplitudes de los Componentes Armónicos del lugar (las A's de MAREAS). Existen publicaciones nacionales en donde se dan los valores de las amplitudes para Quepos y Limón por ejemplo (i.e. Gutierrez A. y Soley J. 1988, *Ciencia y Tecnología* 12 (1-2): 117-131). El conocimiento de estos valores posibilitará el uso de los procedimientos presentados aquí y en Murillo (1984), a escala nacional para cualquier costa.

CUADRO 3. Cambio de Fase Declinacional Anual.

Compo- nente	Valor anual									
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
K ₁	18,0	18,7	19,4	18,0	15,6	12,2	9,5	6,0	3,2	1,5
K ₂	216,6	217,6	218,5	215,4	210,3	204,0	199,2	192,7	187,2	183,4
O ₁	339,0	78,7	154,0	256,1	359,7	104,8	185,2	290,5	34,6	137,2
M ₂	0,5	101,3	177,6	278,0	18,2	118,3	194,0	294,0	34,2	134,5
N ₂	336,7	348,8	323,3	334,9	346,4	357,8	331,7	83,0	354,5	6,1
S ₂	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
v ₂	22,7	313,1	207,5	137,4	67,0	356,6	250,4	180,0	109,6	39,4
L ₂	212,4	49,0	205,8	30,4	229,4	66,7	242,7	59,3	244,2	83,7
Sa	280,2	279,9	290,7	280,4	280,2	279,9	280,7	280,4	280,2	280,0
Z	358,9	200,5	353,2	194,3	35,3	236,1	28,2	229,0	69,9	271,0
Ssa	200,3	199,8	201,3	200,8	200,4	199,9	201,4	200,9	200,4	200,0

CUADRO 4. Cambio de Fase de Declinación Mensual.

Compo- nente	Valor mensual											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
K ₁	0,0	30,56	58,15	88,71	118,28	148,83	178,4	208,96	239,51	269,08	299,64	329,21
K ₂	0,0	61,11	116,31	177,42	236,56	297,66	356,8	57,91	119,02	178,16	239,27	298,41
O ₁	0,0	293,62	303,34	236,96	195,94	129,56	88,55	22,16	315,78	274,77	208,39	167,37
M ₂	0,0	324,17	1,49	325,66	314,22	278,39	266,95	231,12	195,30	183,85	148,02	136,58
N ₂	0,0	279,16	310,66	229,82	186,42	105,58	62,18	341,34	260,50	217,11	136,27	92,87
S ₂	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
v ₂	0,0	333,36	53,82	27,18	36,24	09,6	18,66	352,02	325,38	334,44	307,81	316,87
L ₂	0,0	9,19	52,33	61,54	82,02	91,21	111,71	120,90	130,09	150,59	159,78	180,29
Sa	0,0	30,56	58,15	88,71	118,28	148,83	178,40	208,96	239,51	269,08	299,64	329,21
μ ₂	0,0	288,35	2,98	291,33	268,44	196,79	173,90	102,24	30,59	7,70	296,05	273,16
Ssa	0,0	61,11	116,31	177,72	236,56	297,66	356,80	57,91	119,02	178,16	239,27	298,41

CUADRO 5. Programa BASIC con 6 componentes armónicos para predecir las mareas en la costa pacífica de Costa Rica.

Programa para medir las mareas en Costa Rica en BASIC (en radianes para enero 1992)
Por Ing. Luis Murillo B., Ph.D., Universidad de Costa Rica

10 DIM A(6):DIM W(6):DIM E(6):DIM P(6):DIM F(6):DIM M(6)

15 H=1,39

21 A(1)=.1160:W(1)=15.04:E(1)= -
343.68:P(1)=18.70:F(1)=1.015

22 A(2)=.0970:W(2)=30.08:E(2)= -
117.96:P(2)=217.6:F(2)=1.016

23 A(3)=.0450:W(3)=13.91:E(3)= -
21.22:P(3)=078.7:F(3)=1.024

24 A(4)=1.063:W(4)=28.98:E(4)= -
71.76:P(4)=101.3:F(4)=1.0

25 A(5)=0.217:W(5)=28.44:E(5)= -
38.60:P(5)=348.8:F(5)=1.0

26 A(6)=0.253:W(6)=30.00:E(6)= -
125.84:P(6)=.0000:F(6)=1.0

27 M(1)=0.0:M(2)=0.0:M(3)=0.0:M(4)=
0.0:M(5)=0.0:M(6)=0.0

50 INPUT "INTRODUZCA EL DIA DESEADO==>", D

51 INPUT "HORA ==>", R

52 INPUT "MINUTOS====>", U

53 T=(D-1)*24+R+U/60

60 S=0.0

62 FOR I=1 TO 6

64 X=W(I)*T+P(I)+M(I)+E(I)

65 X=(X/360-INT(X/360))*360

66 X=X*2*3, 141592654/360

67 S=S+F(I)*A(I)*COS(X)

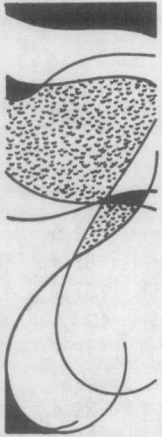
68 NEXT I

70 L=H+S

90 PRINT "NIVEL DEL AGUA ==>";L;" metros"

100 GOTO 3

110 END.

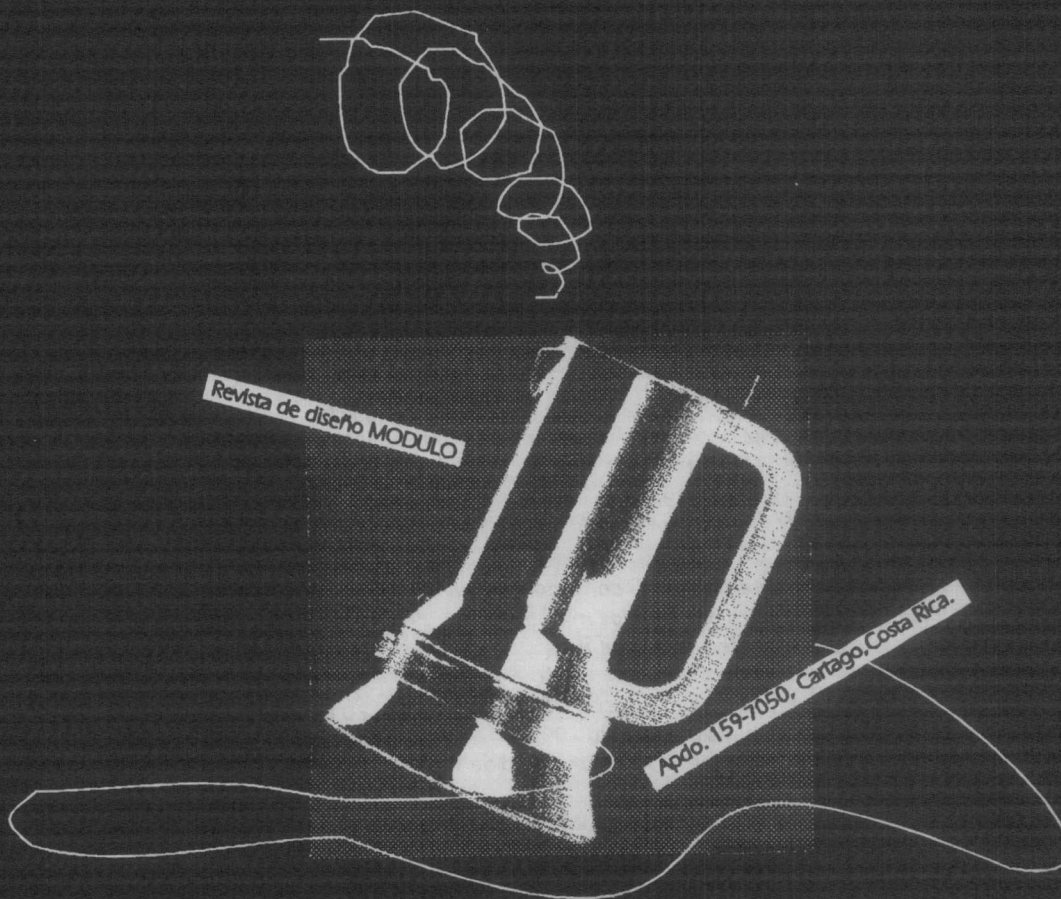


En la Universidad de Costa Rica se han desarrollado otros programas un poco más complejos que calculan los anteriores parámetros tabulados en los Cuadros 1 a 4. Estos programas se pueden correr en computadoras personales con compilador para Microsoft Fortran. Cualquier usuario interesado puede solicitar al teléfono 24 3 710 (ref. Programas de Mareas del Ing. Murillo) o escribir al Centro de Investigaciones en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) o el Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI).

LITERATURA CITADA

Murillo L.M., 1984: *La predicción Continua de las mareas en Puntarenas para los años 1983-1990. Tecnología en Marcha*. Vol.7(1), abril-junio 1984.

Shureman P., 1958. *Manual of Harmonic Analysis and Prediction of Tides*. US Department of Commerce, Coast and Geodetic Survey. Special Publication No. 98. Washington, U.S.A.



MODULO