

Un Modelo Numérico para el de Pronostico Operacional de Oleaje en el Mar Caribe

Erick Alfaro

Departamento de Meteorología Marina,
Instituto Meteorológico Nacional
Centro de Investigaciones Geofísicas,
Universidad de Costa Rica

Omar G. Lizano

Centro de Investigaciones Geofísicas, Escuela de Física,
Centro de Investigaciones en Ciencias del Mar y Limnología,
Universidad de Costa Rica

Resumen

Un modelo numérico espectral bidimensional de segunda generación fue adaptado para pronóstico operacional de oleaje en el Mar Caribe.

Los valores de inicialización del modelo son parámetros que diariamente poseen las oficinas de información meteorológica: magnitud y dirección del viento al nivel del mar. El producto obtenido, además de la información básica como altura, dirección y periodo del oleaje en puntos seleccionados, es la distribución espacial de estos parámetros.

Para evaluar los resultados del modelo se compararon la altura y periodo de las olas con el pronóstico suministrado por el National Weather Service (NWS) y los reportes de oleaje de barcos de ocasión.

Abstract

A bidimensional spectral numerical wave model of second generation was adapted to operational wave forecast in the Caribbean Sea.

The input data are the daily parameters using by the meteorological offices: wind speed and direction at the sea level. The output data in addition of the wave height, direction and period in selected points, is the spatial distribution of these parameters.

To evaluate the model results the wave height and period were compared with the National Weather Service forecast and with de occasional ship reports.

INTRODUCCION:

Los estudios sobre predicción de olas en agua profunda se iniciaron durante la Segunda Guerra Mundial, en respuesta a una necesidad crucial de pronosticar oleaje en aguas llanas para la planificación de operaciones militares. Desde entonces, el modelaje del oleaje ha experimentado un progreso significativo.

Los primeros métodos requerían de nomogramas, gráficas y técnicas tabulares para calcular la altura de ola y su período (Sverdrup y Munk, 1947; Bretschneider, 1952). Estos formaron la mayoría de los llamados modelos de altura de la ola significativa. Versiones actualizadas del modelo de Sverdrup y Munk (SMB) (Bretschneider, 1958, 1971) son usadas actualmente por su simplicidad y eficiencia (SPM, 1984).

La aplicación de los conceptos espectrales por Pierson y Marks (1952) marcó el comienzo de una nueva era en pronóstico de olas oceánicas. Una vez aceptado el espectro como un concepto básico en generación de olas, Gelci et al. (1957) propuso la ecuación de balance de energía que forma la base de todos los modelos espectrales contemporáneos de pronóstico de olas. Esta es:

$$\frac{dE}{dt} + V \frac{dE}{dx} = S$$

donde $E = E(w, \Theta, r, t)$, representa la distribución de densidades de energía para todas las componentes de las olas; t = variable temporal; $V(w, \Theta)$ = vector de velocidad de propagación; $S = S(w, \Theta, r, t)$, representa una función neta de todos los procesos que agregan, remueven o distribuyen energía en el espectro; $w = 2 \pi f$ = frecuencia angular; f = frecuencia; Θ = dirección y x = posición.

Con la importancia en la interacción ola-ola en la evolución del espectro de energía de ola, Hasselmann et al. (1973) modificó radicalmente las ideas relacionadas con la creación del espectro de viento-ola. Surgen así los llamados modelos paramétricos (Cuadro 1), de mayor simplicidad computacional, donde el espectro podía ser aproximado por los varios parámetros sin necesidad de resolver la Ecuación 1.

Recientemente se ha trabajado con modelos de pronóstico de oleaje pertenecientes a la tercera generación (WANDI Group, 1988). Estos modelos presentan la ventaja de que no imponen ninguna restricción sobre la forma del espectro de energía de la ola (Abdalla y Özhan, 1993), como si lo hacen los modelos

anteriores (Cuadro 1). El problema de estos modelos mas recientes es el costo computacional, pues son ejecutados en supercomputadoras. Las versiones existentes para computadoras personales son versiones extremadamente limitadas (Abdalla y Özhan, 1993).

En virtud de las ventajas computacionales, en la confiabilidad del modelo (Recio, 1981) y aprovechando la experiencia en aplicaciones anteriores (Lizano, 1990; 1991), un modelo discreto-espectral de segunda generación fue seleccionado para adaptarlo a nuestra región. El objetivo de este trabajo es proveer un método al SERMAR¹ del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) para suministrar información del oleaje diario en apoyo de las actividades marítimas, científicas, de protección y ordenamiento costero y de defensa civil.

MATERIALES Y METODOS

El modelo numérico utilizado en este estudio fue creado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América (Recio y Tracy, 1983) y modificado por Lizano (1988).

El área seleccionada para la adaptación del modelo se muestra en la Figura 1. El tamaño de la rejilla para los datos de entrada del viento que se muestra en esta figura es de 2.5 grados, 150 millas náuticas aproximadamente. El tamaño de la rejilla se escogió de esa forma para poderlo usar con otros pronósticos de viento existentes actualmente como el distribuido por la National Oceanographic and Atmospheric Agency (NOAA) y distribuido vía WEFAX. Los puntos marcados con el numero 1 en el extremo superior derecho de la Figura 1 corresponden dentro de la geometría del modelo al agua y los marcados con 0 corresponden a la tierra.

El modelo utilizado en este estudio resuelve la ecuación (1) como una función de un numero de bandas de frecuencia o periodos de la ola y bandas de direcciones que incluyen los 360 de posibles direcciones geográficas de dispersión de las olas. De esta forma para resolver el espectro de energía se utilizan 20 frecuencias discretas (0.04-0.23 Hz), cada 22.5 grados o 16 direcciones (Lizano, 1990), dando 320 ecuaciones que resolver en cada punto del enrejillado.

El punto, cuyas coordenada geográficas son 82.5° O y 10.0° N (centro de Limón), fue seleccionado para obtener las características del oleaje, de manera que sea usado en forma

¹ El Programa SERMAR (Servicio Mereografico y del Estado de Mar) es un convenio interinstitucional a cargo de la Universidad Nacional (UNA), el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) y la Universidad de Costa Rica (UCR).

operacional por el Departamento de Meteorología Marina del IMN para su pronóstico diario.

Los datos de entrada que se utilizan en el modelo, magnitud y velocidad del viento, fueron obtenidos de los mensajes meteorológicos de pronóstico para agua profunda FZUS8 (KMIA), el cual es preparado por el NWS en Miami, Florida, y distribuido por la red meteorológica vía Washington. El KMIA divide al Mar Caribe en tres áreas (ver figura 1), a saber el sector Noroeste (sector NW, al norte de 15° N y al oeste de 75° O), el sector Suroeste (sector SW, al sur de 15° N y al oeste de 75° O) y el sector este (sector E, al este de 75° O). El mensaje contiene el pronóstico de dirección y un rango de magnitud del viento válido hasta para 30 horas. Además contiene los pronósticos respectivos de las alturas de la olas. En el modelo se utilizó el promedio del rango de la magnitud del viento pronosticado por el NWS y el promedio de la altura reportada por el mismo mensaje se utilizó para comparar los pronósticos de oleaje realizados. Este mensaje es elaborado cada seis horas por lo que el tiempo entre simulaciones del modelo fue ajustado también para ese mismo intervalo.

Aunque el espectro de mar de viento (sea) y la marejada de fondo (swell) se analizan para el cálculo de altura de ola, el modelo no cuenta con un algoritmo para propagar independientemente la marejada de fondo. De esta forma la altura significativa de ola esta dada por:

$$H = \sqrt{H_{sea}^2 + H_{swell}^2}$$

donde H_{sea} : altura observada del mar de viento y H_{swell} : altura observada de la marejada de fondo.

Información de oleaje observada por los barcos de ocasión también fue utilizada para comparar los resultados del modelo. Se obtuvieron los mensajes sinópticos BBXX transmitidos en tiempo real vía Washington y recopilados por el Departamento de Meteorología Sinóptica del IMN. Estos mensajes contienen la información de altura y periodo para el mar de viento y la marejada de fondo. La altura significativa observada por los barcos fue tomada para este estudio como la dada por la ecuación anterior (Ecuación 2). Mientras que el periodo del oleaje fue calculado como un promedio aritmético simple del periodo del mar de viento (t_{sea}) y del periodo de la marejada de fondo (t_{swell}) dado por:

$$\bar{t} = \frac{t_{sea} + t_{swell}}{2}$$

RESULTADOS

El modelo fue adaptado para realizar pronóstico de oleaje operacionalmente en la región que muestra la Figura 1. El modelo puede ser alimentado con información de viento cada 6 horas y realizar pronóstico cada 3 horas (hasta por un período de 72 horas) accedendo al pronóstico automáticamente los resultados de los pronósticos de oleaje anteriores. De esta forma el modelo alcanza el estado de maduración pesando los campos de oleaje simulados anteriormente.

La comparación de los resultados del modelo con la información de oleaje pronosticada por el NWS (KMIA) y los informes de barcos de ocasión se muestran en el Cuadro 2.

La comparación entre los distintos métodos de determinar altura de oleaje se muestran en la Figura 2. Como se puede notar en esta figura los resultados son comparables para la mayoría de los datos, siendo mayor el ajuste entre los valores del KMIA y del modelo, que entre éstos y las observaciones de los barcos.

En la comparación de estos resultados debe tomarse en cuenta al menos dos cosas:

- 1- Que los resultados del modelo de generación de olas dependen exclusivamente de los valores de viento que lo alimentan, en este caso los reportes del KMIA. La validez de estos informes no la estamos evaluando.
- 2- Los barcos de ocasión usualmente eluden las condiciones marítimas severas por lo que la información de oleaje suministrada por ellos esta sesgada, usualmente, hacia valores mas bajos (Jardine, 1979), como también sobrestima los valores altos (De Graauw, 1986).
Por otro lado, algunas veces los valores reportadas son muy puntuales y probablemente representando un fenómeno muy particular en una escala de tiempo mucho mas pequeña que la considerada por un informe de KMIA (12 o 24 horas).

CONCLUSION

Por primera vez en Costa Rica se adapta un modelo numérico, en forma operacional, para el pronóstico de oleaje en agua profunda en el Mar Caribe. El modelo puede ser utilizado para obtener información en todo el Caribe. Una vez sean confiables los resultados, el pronóstico puede distribuirse a nivel regional según se requiera. Además puede ser adaptado a otros cuerpos de

agua como lagos (Lago Arenal en Costa Rica y Lago de Nicaragua).

Los productos obtenidos a través de los programas adaptados en FORTRAN son de gran importancia sobre todo para el análisis y atención de situaciones de emergencia en nuestro país, como ocurrió durante la tormenta tropical Bret en agosto de 1993, sobre la que cual simulamos oleaje. Los resultados también son utilizados por el IMN en su asistencia técnica a la Comisión Nacional de Emergencias para la defensa civil, obras portuarias, pesca artesanal, y en un futuro próximo, para planificación del tráfico de barcos en los puertos de Limón y Moín.

En general, aunque los resultados resultan comparables, es necesario otros métodos de evaluación y comparación (como pronósticos de viento y oleaje de la NOAA o del National Fleet Numerical Center). Es necesario estudiar una serie mayor, con información de oleaje mas precisa, con mediciones en al menos dos puntos, de manera que los resultados puedan ser mas confiables y puedan distribuirse a nivel nacional y regional.

REFERENCIAS

- Abdalla S. y Özhan E., 1993. Third-Generation Wind-Wave Model for Use on Personal Computers. J. of Waterway Port Coastal and Ocean Engineering, 119(1), 1-14.
- Baer, L., 1962. An Experiment in Numerical Forecasting of Deep Water Ocean Waves Report LMSC-801296. Lockheed Missile and Space Company, San Diego, Calif.
- Barnett, T., 1968. On the generation, dissipation and prediction of ocean wind waves. J. Geophys. Res., 73, 513-529.
- Bretschneider, C., 1952. The generation and decay of wind waves in deep water. Trans. Am. Geophys. Union, 33(3), 381-389.
- Bretschneider, C., 1958. Revisions in Wave Forecasting; Deep and Shallow Water. Paper presented at 6th International Conference of Coastal Engineering. ASCE, Florida.
- Bretschneider, C., 1970. Revision in Wave Forecasting, Deep and Shallow Water. Proc. of 6th Conference on Coastal Engineering. ASCE, Council of Wave Research, 30-67.
- Cardone, V., Pierson, W. y Ward E., 1976. Hincasting the directional spectra of hurricane-generated waves. J. Petrol. Technol., 28, 385-394.
- Cardone, V. y Ross, D., 1979. State-of-the-art wave

- prediction methods and data requirements. En: Ocean Wave Climate, Ed. M. D. Earle and A. Malahoff, Plenum Press, N. Y., 61-91.
- Cavaliere, L. y Rizzoli, P., 1978. A wind waves prediction model in the Adriatic sea. En: Turbulent Fluxes The Sea Surface, Wave Dynamics and Prediction. Ed. A. Favre, K. Hasselmann, Plenum Press, 629-645.
- Collins, J. y Viehman, M., 1971. A simplified empirical model for hurricane wind fields. Paper No. OTC 1346. Offshore Technology Conference.
- De Graauw, A., 1986. Wave statistics based on ship's observations. Coastal Eng., 10, 105-118.
- Ewing, J., 1971. A numerical wave prediction method for the North Atlantic Ocean. Deut. Hydrogr. Z., 24, 241-261.
- Ewing, J., Weare, T. y Worthington, B., 1979. A Hindcast Study of Extreme Wave Conditions in the North Sea. J. Geophys. Res., 84, 5739-5747.
- Gelci, R., Cazale, H. y Vassal J., 1957. Prevision de la houle. La methode des densites spectroangulaires. Bull. Inform. Comite Central Oceanogr. d'Etude Cotes 9.
- Golding, B., 1978. A Deep-Dependent Wave Model for Operational Forecasting. En: Turbulent Fluxes Through the Sea Surface, Wave Dynamics and Prediction, Ed. A. Favre and K. Hasselmann, Plenum Press, N. Y., 503-606.
- Golding, B., 1983. A wave prediction system for real time sea state forecasting. Quart. J. R. Met. Soc., 109, 393-416.
- Günter, H., Rosenthal, W. y Richter, K., 1978. Parametrical numerical wave prediction tested in wind situations varying in space and time. En: Turbulent Fluxes Through the Sea Surface, Wave Dynamics and Prediction. Ed. A. Favre and K. Hasselmann. Plenum Press, N. Y., 607- 617.
- Günter, H., Rosenthal, W., Weare, T., Worthington, B., Hasselmann, K. y Ewing, J., 1979. A hybrid parametrical wave prediction model. J. Geophys. Res., 84, 5727-5738.
- Günter, H. y Rosenthal, W., 1984. A shallow water surface wave model based on the TEXEL-MARSEN-ARSLOE (TMA) wave spectrum. Proc. 20 th Congress, IAHR, Moscow, 1983.
- Hasselmann, K., Ross, D., Muller, P., y Sell, W., 1976. A Parametric Wave Prediction Model. J. Phys. Oceanogr. 6, 200-228.

- Hasselmann, K., Barnett, T., Bowws, E., Carlson, H., Cartwright, D., Enke, K., Ewing, J., Gienapp, H., Hasselmann, D., Kruseman, P., Meerburg, A., Muller, P., Olbers, D., Richter, K., Sell, W. y Walden, H., 1973. Measurements of wind-wave growth and swell decay during the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP). Deut. Hydrogr. Z., Supplement A {8, 12.
- Jardine, T., 1979. The Reliability of Visually Observed Wave Heights. Coastal Eng., 3, 33-38.
- Lizano, O., 1988. Modelo de predicción de olas generadas por huracanes en el Mar Caribe. Tesis de Doctorado, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez. 118 p.
- Lizano, O., 1990. Simulación de oleaje durante el Huracán Joan (1988) a su paso por el Mar Caribe de Costa Rica. Geofísica (33), 105-126.
- Lizano, O., 1991. Simulación de oleaje durante el Huracán David a su paso por el Mar Caribe al sur de Puerto Rico. Ciencia y Tecnología (XV)(1-2), 5-12.
- Pierson, W., Newmann, G. y James, R., 1955. Practical Methods for Observing and Forecasting Ocean Waves by Means of Spectra and Statistics. H. O. Publication 603, U. S. Naval Oceanographic Office, NSTL Station, Miss.
- Pierson, W., Tick, L. y Baer, L., 1966. Computer-based procedures for predicting global wave forecasts and wind field analyses capable of using wave data obtained by space craft. Proc. Nav. Hydrodyn. Symp., 6th, 499-529.
- Resio, D., 1981. The estimation of wind-wave generation in a Discrete Spectral Model. J. of Phys. Oceanog., 11(4).
- Resio D. y Tracy B., 1983. A Numerical Model for Wind-Wave Prediction in Deep Water. Wave Information Study Report 12, U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station. Vicksburg, Miss. 73 p.
- Resio, D. y Vincent, C., 1977. A numerical hindcast model for wave spectra on water bodies with irregular shoreline geometry. Report 1: Test of nondimensional growth rates. Misc. Paper H 77-9, Hydraulics Lab., U. S. Army Engineer Waterways Experiment Station. 53 p.
- Ross, D. y Cardone, V., 1978. A Comparison of Parametric and Spectral Hurricane Wave Prediction Products. En: Turbulent Fluxes Through the Sea Surface, Wave Dynamics and Prediction. Plenum Press, N. Y., 647-665.
- Sverdrup, H. y Munk, W., 1947. Wind, sea and swell: theory of relation for forecasting. H. O. Publication

601, U. S. Naval Oceanographic Office, Washington, D. C.

SWAMP Group: Hasselmann, K., Hasselmann, S., Joseph, P., Kawai, S., Komen, G., Lawson, L., Linne, H., Long, R., Lybanon, M., Macland, E., Rosenthal, W., Toba, Y., Uji, T., y de Voogt, W., 1985. Sea Wave Modelling Project: An intercomparison study of wind-wave prediction model. Plenum Press. N. Y., 256 p.

SWIM Group: E. Bows, J. Ewing, J. Ephraums, P. Francis, H. Gunter, P. Jansen, G. Komen, W. Rosenthal, and W. de Voogt., 1985. A Shallow Water Intercomparison of Wave Prediction Models. Quart. J. R. Met. Soc., 111, 1087-1112.

Shore Protection Manual, 1984. U. S. Army Coastal Engineering Research Center, 2 Vols, U. S. Government Printing Research Center, Washington, D. C.

WANDI Group, 1988. The Wan Model - A Third Generation Ocean Prediction Model. J. of Physical Oceanography. 18, 1775-1810.

Weare, T. y Worthington, B., 1978. A Numerical Model Hindcast of Severe Wave Conditions for the North Sea. En: Turbulent Fluxes Through the Sea Surface, Wave Dynamics and Prediction, Ed. A. Favre and Hasselmann, Plenum Press, N. Y., 617-628.

Wilson, B., 1955. Graphical approach to the forecasting of waves in moving fetches. Tech Memo. 73, U. S. Army Beach Erosion Board, Washington, D. C., 31 p.

Wilson, B., 1961. Deep Water Wave Generation by Moving Wind Systems. J. Waterways, Harbor and Coastal Engineering Div. ASCE, WW2, 113-141.

Wilson, B., 1965. Numerical Prediction of Ocean Waves in the North Atlantic for December, 1961. Deut. Hydrogr. Z. 18, 114-130.

CUADRO 1

MODELOS DE PREDICCIÓN DE OLEAJE
(Modificado de Lizano, 1988)

Referencia	Descripción
Sverdrup y Munk (1947) Bretschneider (1952,1958, 1970) US Army Coastal Engineering Research Center (1984)	Altura de ola significativa y período determinado de ecuaciones empíricas o monogramas.
Wilson (1955, 1961,1965)	También basado en relaciones empíricas. Alturas de ola significativa y período determinado graficamente o por computadora, pero para un campo de viento que varía con tiempo y espacio.
Pierson et al. (1955)	Primer método práctico para estimar el espectro de energía. Relaciones empíricas especificadas por monogramas y ecuaciones.
Gelci et al. (1957)	Modelos de espectro direccional de energía que descansan sobre funciones empíricas simples para una función generadora neta "S" (ec. 1) . Las primeras versiones representan el primer uso de computadoras en el modelaje de olas.
Baer (1962) Pierson et al. (1966) Cardone et al. (1976)	Espectro discreto direccional de energía que siguieron los trabajos de Baer (1962) y Pierson et al. (1966). Se inician los modelos llamados de la primera generación.
Barnett (1968) Ewing (1971)	Espectro discreto direccional de energía que incluyen la parametrización de interacciones ola-ola.
Collins y Viehnaman(1971) Cavalieri y Rizzoli(1978) Golding (1978)	Modelos de espectro discreto direccional que incluyen algunos efectos de aguas llanas.
Hasselmann et al. (1973, 1976)	Representación paramétrica de un espectro de frecuencia de energía para el cual los interacciones ola-ola son muy importantes. La solución por parámetros requiere menos tiempo computacional que los discretos espectrales. Inicio de los modelos llamados de la segunda generación.
Resio y Vincent (1977)	Desarrollaron recientemente modelos de energía que le da importancia a las interacciones ola-ola.

...continuacion Cuadro 1

Gunter et al. (1978, 1979) Modelo híbrido con parametrización de mares de viento, siguiendo los trabajos de Hasselmann et al. (1973, 1976).
Weare y Worthington (1978) Propagación discreta espectral para marejada, y un acoplamiento entre mares y marejadas.
Ewing et al. (1979)

Ross y Cardone (1978) Modelo paramétrico simplificado para el uso de huracanes.
Cardone y Ross (1979)

Resio (1981) Modelo discreto espectral con una parametrización de la interacción ola-ola como función de la velocidad del viento.

Golding (1983) Modelo discreto espectral que incluye efectos de aguas llanas.

Gunter y Rosenthal (1984) Modelos híbridos que incluyen efectos de aguas llanas.

WAMDI Group (1988), Abdalla y Özhan (1993) Modelos espectrales, llamados de tercera generación, que no imponen una forma preestablecida del espectro de energía de ola como los de segunda generación.

CUADRO 2

PARAMETROS UTILIZADOS PARA EVALUAR LOS RESULTADOS
DEL MODELO DE GENERACION DE OLAS

Barcos de ocasion

lat(N)	long(W)	H _{sea} (m)/ t _{sea} (s)	H _{swell} (m)/ t _{swell} (s)	H(m) ²	t(s) ³	dia/mes	hora
							1993 (GMT)
I Simulacion							
21.6	76.2	0.5/2	1.0/5	1.1	3.5	6/5	18:30
11.4	80.2	1.0/10	1.5/15	1.8	12.5	6/5	18:40
20.6	66.1	2.5/4	2.0/6	3.2	5.0	6/5	18:40
18.5	66.7	1.5/4	2.0/4	2.5	4.0	6/5	18:40
13.4	78.6	1.0/2	2.0/5	2.2	3.5	8/5	12:30
16.7	86.0	2.0/4	1.0/5	2.2	4.5	8/5	12:30
12.5	77.8	1.0/3	1.5/4	1.8	3.5	8/5	18:30
12.4	73.5	1.0/3	1.5/8	1.8	5.5	10/5	12:30
12.8	69.9	1.0/2	1.5/3	1.8	2.5	10/5	12:40
16.6	75.9	2.0/4	-	2.0	4.0	10/5	12:30
15.6	69.2	1.0/4	2.0/8	2.2	6.0	10/5	0:30
18.1	74.1	1.5/3	1.0/3	1.8	3.0	10/5	18:30
18.1	68.5	0.5/3	1.5/7	1.6	5.0	10/5	18:30
II Simulacion							
17.7	72.9	1.0/4	1.5/6	1.8	5.0	17/5	18:30
12.5	70.5	1.5/3	2.0/3	2.5	3.0	17/5	18:40
20.1	84.5	1.0/3	1.0/3	1.4	3.0	17/5	18:40
III Simulacion							
14.5	76.6	0.5/3	2.5/6	2.5	4.5	26/5	0:30
13.2	67.9	0.5/3	1.0/4	1.1	3.5	27/5	12:30
14.8	75.2	1.5/6	1.0/5	1.8	5.5	28/5	0:30
12.4	80.8	0.5/2	1.4/8	1.5	5.0	29/5	18:30

² Calculada segun la Ecuacion 2.

³ Calculado segun la Ecuacion 3.

Continuacion Cuadro 2.

KMIA			Modelo		
H(m)	dia/mes 1993	hora (GMT)	H(m)	t(s)	Horas de Simulacion
I Simulacion					
1.0	6/5	18:00	1.9	6.2	60
2.0	6/5	18:00	2.2	6.2	60
2.0	6/5	18:00	2.2	6.2	60
2.0	6/5	18:00	2.1	6.2	60
2.0	8/5	12:00	2.3	6.7	90
1.0	8/5	12:00	1.3	5.3	90
2.0	8/5	18:00	2.3	6.7	96
2.0	10/5	12:00	2.2	6.2	138
2.0	10/5	12:00	2.3	6.7	138
1.8	10/5	12:00	2.3	6.7	138
2.0	10/5	0:00	2.3	6.7	150
2.0	10/5	18:00	2.1	6.7	156
2.0	10/5	18:00	2.1	6.7	156
II Simulacion					
1.7	17/5	18:00	2.2	6.2	48
1.8	17/5	18:00	2.2	6.2	48
1.2	17/5	18:00	1.5	5.3	48
III Simulacion					
1.7	26/5	0:00	2.2	6.2	6
1.8	27/5	12:00	1.6	5.6	18
1.8	28/5	0:00	2.3	6.7	54
1.8	29/5	18:00	2.2	6.2	72

PROYECTO SERMAR - UNA - IMN - UCR

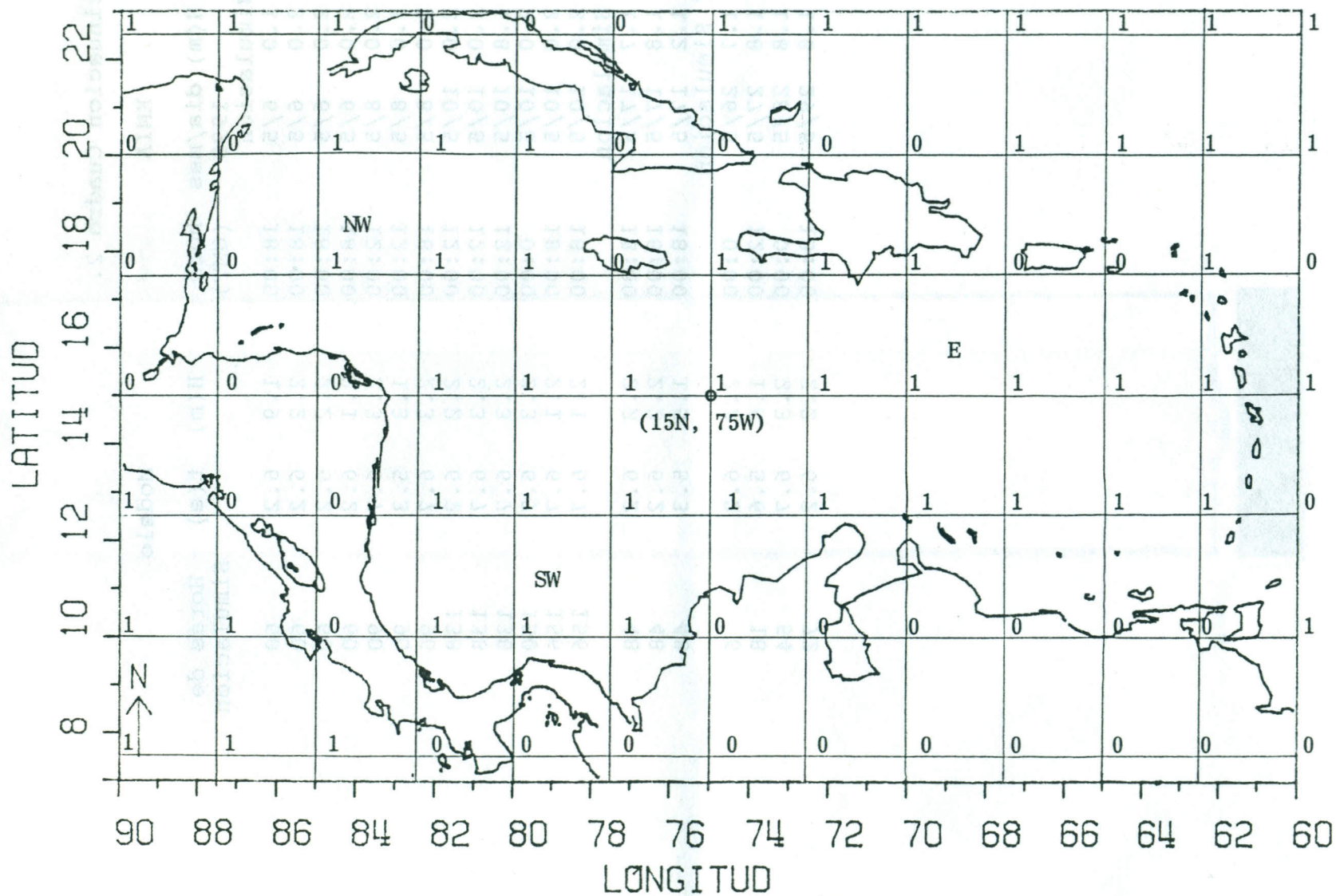


Fig 1

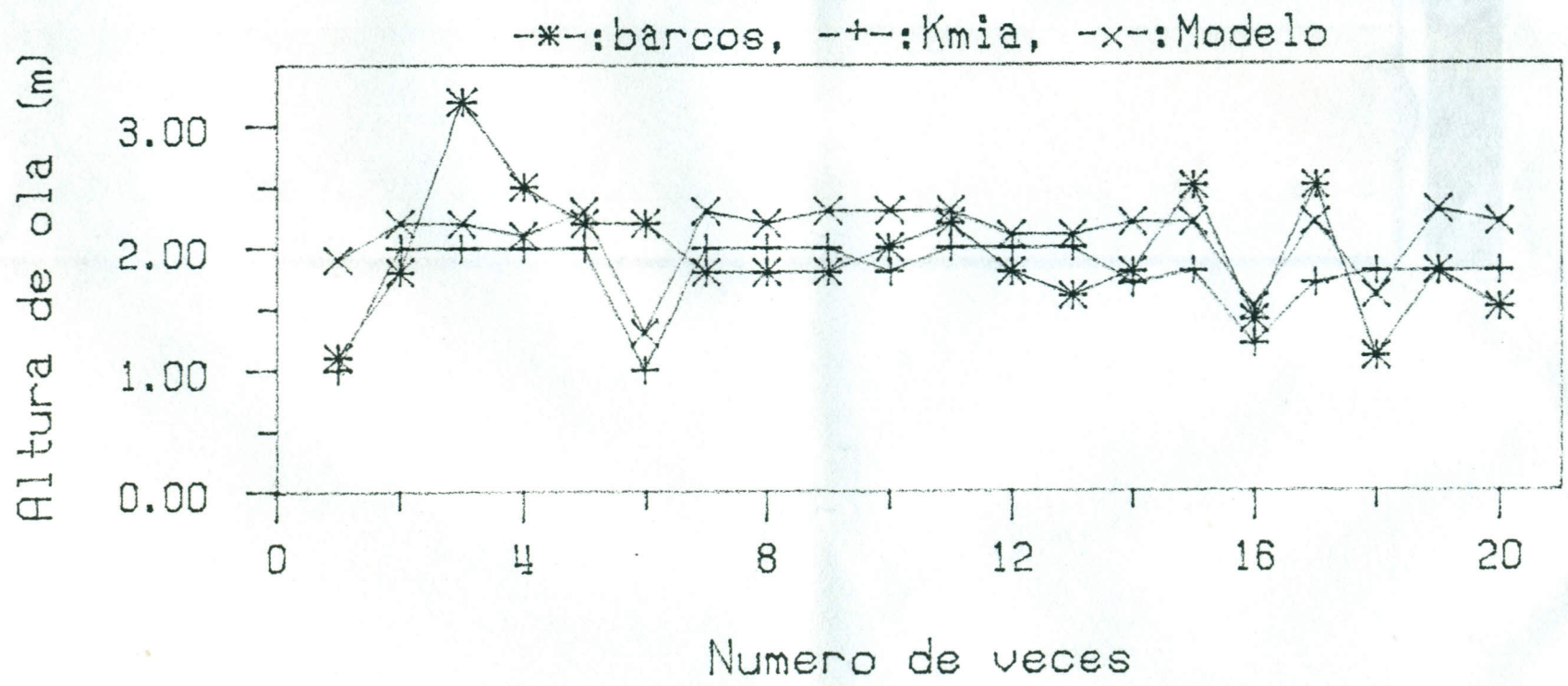


Fig. 2