

**ESTADISTICA DEL OLEAJE EN LA BAHIA DE TODOS SANTOS, B.C.,  
DE SEPTIEMBRE DE 1986 A AGOSTO DE 1987**

**OCEAN WAVE STATISTICS FOR TODOS SANTOS BAY, B.C.,  
FROM SEPTEMBER 1986 TO AUGUST 1987**

Asdrúbal Martínez Díaz de León <sup>1</sup>  
Cauhtëmoc Nava Button <sup>2</sup>  
Francisco Javier Ocampo Torres <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones Oceanológicas  
Universidad Autónoma de Baja California  
Apartado Postal 453  
Ensenada, Baja California, México

<sup>2</sup> Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada  
Apartado Postal 2732  
Ensenada, Baja California, México

Martínez Díaz de León, A., Nava Button, C. y Ocampo Torres, F.J. Estadística del oleaje en la Bahía de Todos Santos, B.C., de septiembre de 1986 a agosto de 1987. Ocean wave statistics for Todos Santos Bay, B.C., from September 1986 to August 1987. Ciencias Marinas, 15(3): 1-20, 1989.

**RESUMEN**

Se describen y analizan en función del tiempo; la altura significativa, el período de cruces por cero y el espectro de energía, del oleaje registrado de septiembre de 1986 a agosto de 1987 en una estación localizada dentro de la Bahía de Todos Santos, B.C. Asimismo se presentan las distribuciones de frecuencia de ocurrencia de alturas y períodos, así como su distribución conjunta.

La altura significativa describió una variación estacional. El valor máximo (2.1m), se presentó en invierno y el mínimo (0.4m), en verano. Los valores extremos del período fueron de 5 y 18s, y ambos se presentaron en otoño.

La distribución conjunta de alturas y períodos no presentó una relación unívoca pero sí dependiente de la estación del año.

**ABSTRACT**

The significant height, zero crossing period and energy spectrum of ocean waves recorded from September 1986 to August 1987 at a station located in Todos Santos Bay, B.C., are described and analysed as a function of time. The occurrence frequency distributions of heights and periods are also presented, as well as their joint distribution.

The significant height showed a seasonal variation. The maximum value (2.1m) occurred in winter and the minimum (0.4m) in summer. The extreme period values were 5 and 18s and both occurred in autumn.

The joint distribution of heights and periods did not present a univocal relationship but did depend on the season.

## INTRODUCCION

La variabilidad de las características del oleaje impide que el diseño de cualquier estructura que se pretenda realizar en la zona costera o en mar abierto, pueda hacerse basándose en mediciones de oleaje tomadas durante períodos de tiempo cortos (del orden de meses), o en base a extrapolaciones de una zona de medición a otra. Por lo tanto es necesario contar con información de oleaje local de varios años para aumentar la confiabilidad en los cálculos de las olas de diseño (Rosen y Kit, 1981). Gunnar (1984), destaca que en el Mar del Norte, por ejemplo, sólo se podría obtener una descripción adecuada del oleaje si se contara por lo menos con 30 años de información, ya que el número de tormentas ocurridas en un año varía con periodicidad del orden de decenas de años.

En el caso particular de la Bahía de Todos Santos, Baja California, las últimas tormentas con olas de alturas extremas ocurrieron aisladamente en enero de 1983 y enero de 1988, ocasionando graves desastres en la zona portuaria, así como en otras localidades a lo largo de la costa. No obstante la importancia de estos eventos, sólo existe alguna información visual, a partir de la cual no es posible el diseño adecuado de estructuras costeras.

Por lo anterior es necesario dar énfasis a la importancia de conocer los parámetros estadísticos del oleaje estimados a partir de datos obtenidos durante largos períodos de tiempo (del orden de décadas). Sin embargo, en la mayoría de los casos, una vez que se presenta la necesidad de llevar a cabo la construcción de cualquier estructura oceánica o costera, es casi imposible retrasarla por más de siete u ocho meses, por lo que es también de utilidad el analizar y presentar las características del oleaje observado durante períodos cortos, por ejemplo un año, como es el caso de este trabajo, el cual forma parte de un proyecto a largo plazo para la obtención de estadística de oleaje.

## MATERIALES Y METODOS

La información de oleaje analizada fue obtenida en la estación ROMPEOLAS 1, ubicada dentro de la Bahía de Todos Santos, B.C. (Fig. 1). En esta estación se instaló un

## INTRODUCTION

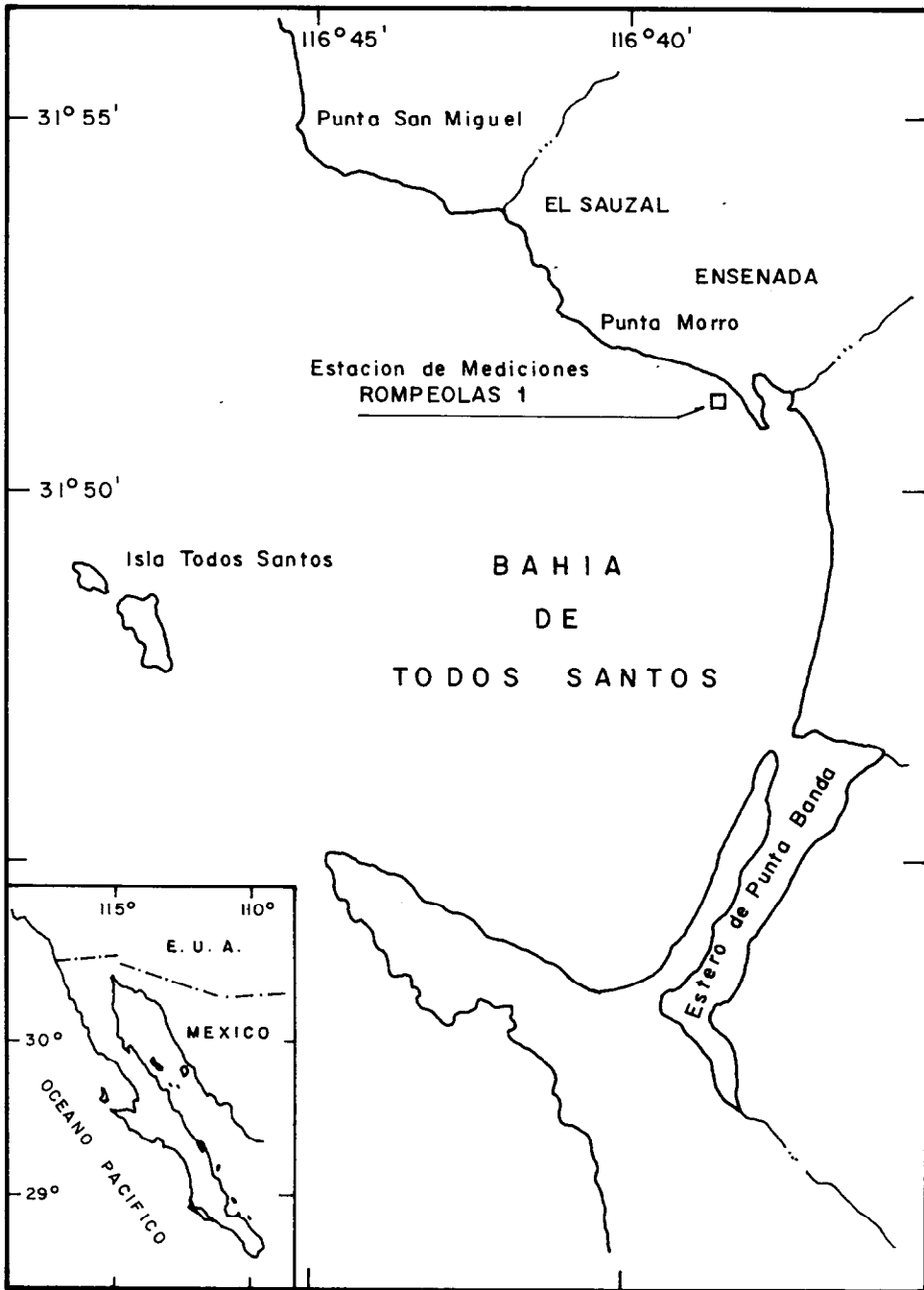
Due to the variability of wind wave characteristics, it is not possible to design any structure to be built in a coastal zone or open sea based on wave measurements taken during short periods of time (of the order of months), or based on extrapolations of one measuring zone to another. Therefore, it is necessary to have local wave information obtained over several years in order to increase the reliability of the calculations of design waves (Rosen and Kit, 1981). Gunnar (1984) points out that in the North Sea, for example, a suitable description of wind waves could only be obtained from information covering at least 30 years, since the number of storms which occur in a single year vary with periodicities of the order of tens of years.

In the particular case of Todos Santos Bay in Baja California, Mexico, the last storms with extremely high waves occurred in January 1983 and January 1988, causing serious problems in the port as well as in other sites along the coast. Despite the importance of these events, only scattered subjective information exists, from which it is impossible to adequately design coastal structures.

Hence, it is necessary to emphasize the importance of knowing the statistical parameters of ocean waves from the data obtained during long periods (of the order of decades). However, in most cases, once it is necessary to build an oceanic or coastal structure, it is then nearly impossible to postpone its construction for more than seven or eight months. Therefore, the recording and analysis of wind wave characteristics observed during short periods, for example one year, as in the present study, is also useful. This work forms part of a long-term project to obtain wind wave statistics.

## MATERIALS AND METHODS

The wave information analysed in this study was obtained from the ROMPEOLAS1 station, located in Todos Santos Bay, Baja California (Fig. 1). An autonomous pressure meter (Sea Data Company, type 635-08) with 0.9cm precision, was installed at this station. This instrument was mounted on an aluminium structure on the bottom, at an average depth of 10m.



**Figura 1.** Localización de la estación de mediciones de oleaje ROMPEOLAS1 dentro de la Bahía de Todos Santos.

**Figure 1.** Location of the ROMPEOLAS 1 sampling station in Todos Santos Bay.

medidor de presión autónomo del tipo 635-08 de la compañía Sea-Data, con exactitud de 0.9cm. Dicho sensor está montado en una estructura de aluminio sobre el fondo, a una profundidad promedio de 10m.

Del 1º de septiembre de 1986 al 28 de enero de 1987 el aparato grabó 2048 datos cada ocho horas, con un intervalo de muestreo de 0.5s. A partir del 29 de enero las series se grabaron cada seis horas, con la misma longitud e igual intervalo de muestreo.

Un total de 1312 registros fueron finalmente analizados en el dominio del tiempo y de la frecuencia en una computadora personal, utilizando el paquete de programas SACADO de Martínez-Díaz de León y Nava-Button (1987).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Comportamiento de alturas y períodos

La variación de la altura significativa (Hs) y el período de cruces por cero (Tz) para el año completo de registro, se presentan en las Figuras 2 y 3 respectivamente.

Los valores más grandes de Hs ocurrieron en los meses de diciembre a marzo, los cuales corresponden a la época de invierno y principios de primavera. Las alturas mínimas se presentaron en la época de verano, donde Hs puede considerarse prácticamente constante. Otoño y primavera pueden distinguirse como épocas de transición, ya que en la primera se incrementan los valores de Hs, alcanzando su máximo en invierno, y en primavera se observa el caso contrario antes de los valores mínimos del verano.

Los valores extremos de períodos (Fig. 3) se presentaron en otoño y siendo de 5 y 18s respectivamente. La época de invierno presenta en promedio los valores más largos de Tz y la de verano los más cortos.

Podría esperarse que durante el verano se presentaran los valores más largos de Tz, debido a los períodos asociados al arribo de olas de tormentas del hemisferio sur (Munk y Snodgrass, 1957). Pero nuestros datos sugieren que esta época en particular (verano de 1986)

From 1 September, 1986 to 28 January, 1987, the instrument recorded 2048 data every eight hours, with a sampling interval of 0.5s. From 29 January, the series were recorded every six hours, with the same sampling length and interval.

A total of 1312 recordings were finally analysed as a function of time and frequency with a personal computer, using the "SACADO" software package of Martínez-Díaz de León and Nava-Button (1987).

## RESULTS AND DISCUSSION

### Behaviour of heights and periods

The variation of the significant height (Hs) and the zero crossing period (Tz) for the complete year, are shown in Figures 2 and 3 respectively.

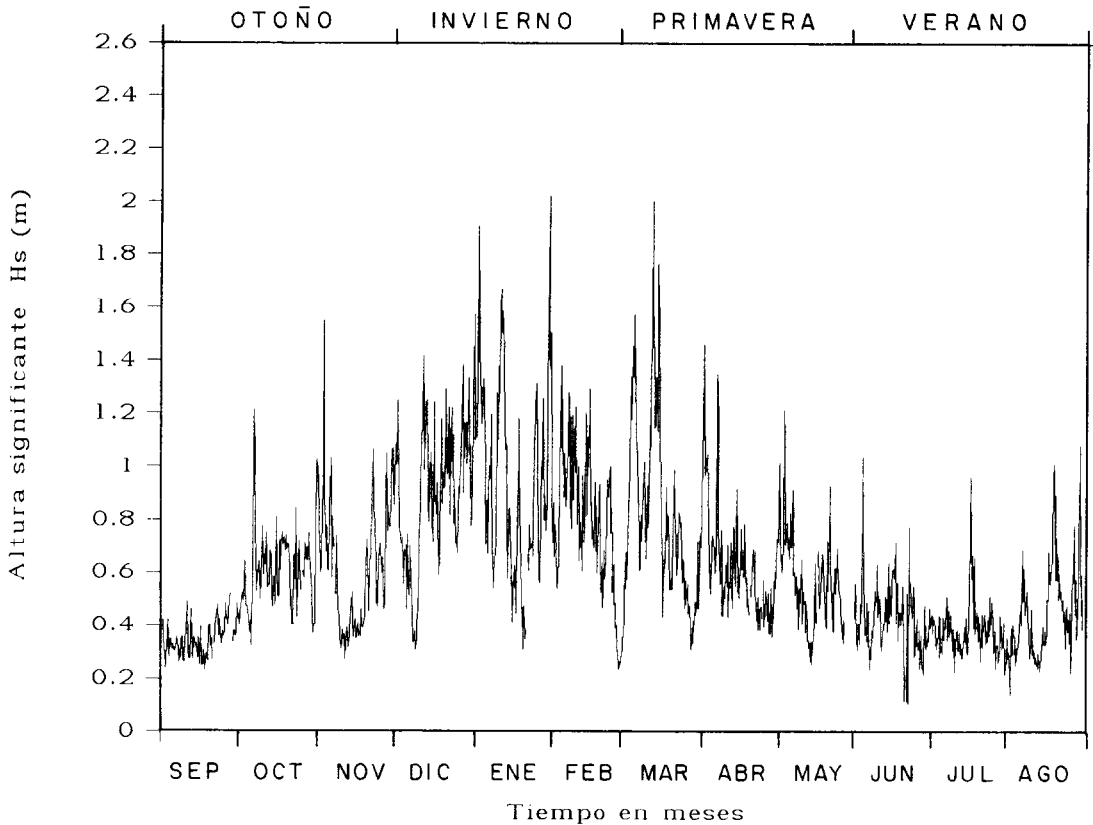
The highest values of Hs occurred in December and March, which correspond to winter and early spring. The minimum heights occurred in summer, where Hs can be considered practically constant. October and spring can be considered transition periods, since in the former the values of Hs increase, reaching a maximum in winter, and in the latter the opposite is observed reaching minimum values in summer.

The extreme values of periods (Fig. 3) were 5 and 18s and both occurred in autumn. On average, the longest values of Tz occur in winter and the shortest in summer.

The longest Tz values could be expected to occur in summer due to the periods associated with the arrival of storm waves from the southern hemisphere (Munk and Snodgrass, 1957). However, our data suggest that this season in particular (summer 1986) can be characterized by a marked absence of important storms in that southern region.

### Hs and Tz distribution

The Hs occurrence frequency distribution is shown by means of a histogram in Figure 4, in which a unimodal form in the distribution can be seen. This facilitates the



**Figura 2.** Altura significativa en la estación ROMPEOLAS1, de septiembre de 1986 a agosto de 1987.

**Figure 2.** Significant height at the ROMPEOLAS 1 station, from September 1986 to August 1987.

puede caracterizarse por una marcada ausencia de tormentas importantes en aquella región austral.

#### Distribución de Hs y Tz

La distribución de frecuencia de ocurrencia de Hs se presenta en forma de histograma en la Figura 4, en donde se observa una forma unimodal en la distribución, lo cual facilita el ajuste de funciones de probabilidad al tratar de caracterizar el comportamiento de las alturas. No obstante la estimación de las olas de diseño resultaría con una confiabilidad muy pobre ya que las olas de tormentas (Hs grandes), resultan poco frecuentes.

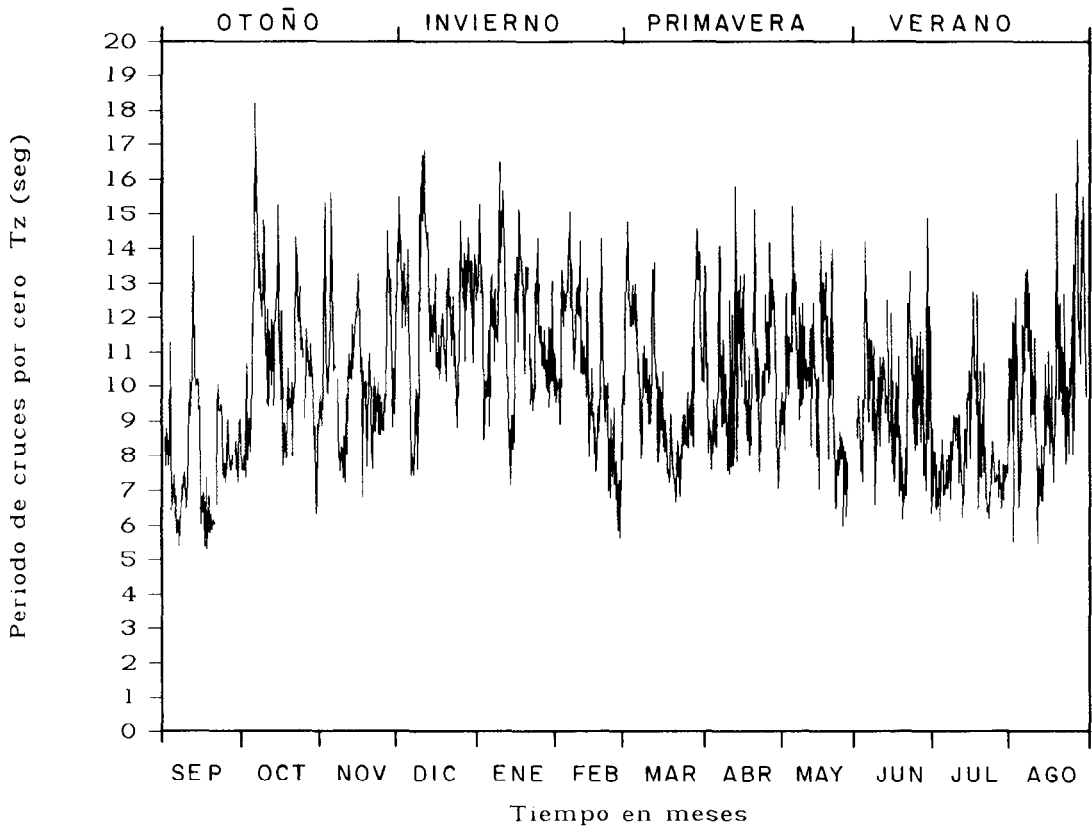
La Figura 5 presenta la frecuencia de ocurrencia de los períodos Tz.

fitting of probability functions on trying to characterize the behaviour of the heights. Nevertheless, the estimate of the design waves would be unreliable since the storm waves (large Hs) are not very frequent.

Figure 5 shows the occurrence frequency of the Tz periods.

#### Joint distribution of Hs and Tz

It is possible to get an idea of the relation between the wave height and the period during the different seasons from the scatter diagrams presented in Figure 6. Each one represents a pair of Hs and Tz values. The darker regions represent higher occurrence of certain data pairs (Hs, Tz). The most



**Figura 3.** Período de cruces por cero en la estación ROMPEOLAS1, de septiembre de 1986 a agosto de 1987.  
**Figure 3.** Zero crossing period at the ROMPEOLAS1 station, from September 1986 to August 1987.

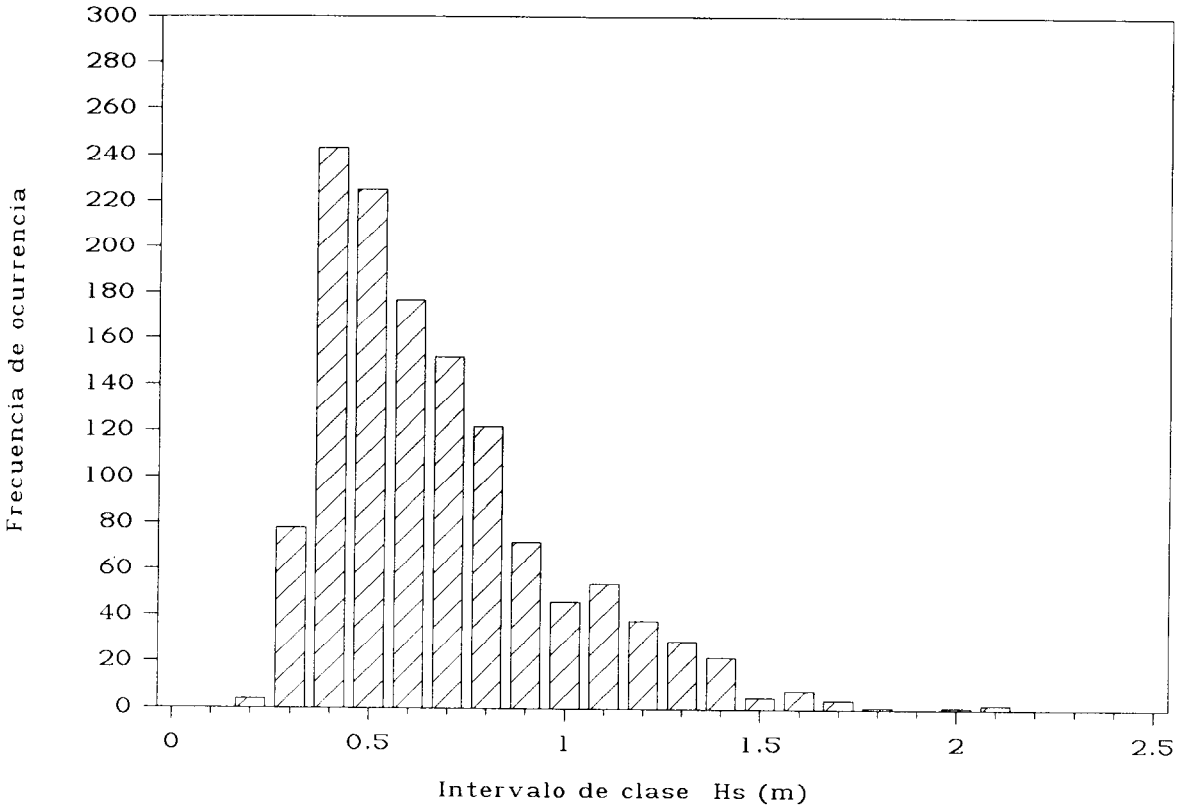
**Distribución conjunta de Hs y Tz**

Se puede obtener una idea de la relación entre la altura del oleaje y el período en las diferentes épocas del año, a partir de los diagramas de dispersión presentados en la Figura 6. Cada cuadro representa una pareja de valores Hs y Tz. Las regiones más oscuras representan mayor ocurrencia de ciertas parejas de valores (Hs,Tz). El caso más evidente es el del verano en donde el oleaje de Hs = 0.5m y Tz de 6 a 11s se presentó con mayor ocurrencia.

La carencia de una relación unívoca entre la altura y el período del oleaje se presentó en todos los casos. Sin embargo se

evident case is that of summer in which the waves of Hs = 0.5m and Tz of 6 to 11s occurred more frequently.

The lack of a univocal relationship between the height and wave period was found in all cases. However, it can be seen that small heights (Hs = 0.5m) are associated to a wide range of period values (Tz of 5 to 14s), while the periods of greater heights (Hs = 1.5m) are found scattered within a more restricted Tz range. This behaviour agrees with the joint behaviour of heights and periods theory proposed by Longuet-Higgins (1975), which predicts a variation of the period which is inversely proportional to the height of the wind waves.



**Figura 4.** Histograma de frecuencia de ocurrencia de la altura significativa en la estación ROMPEOLAS 1, de septiembre de 1986 a agosto de 1987.

**Figure 4.** Occurrence frequency histogram of the significant height at the ROMPEOLAS1 station, from September 1986 to August 1987.

puede observar que las alturas pequeñas ( $H_s = 0.5\text{m}$ ) se asocian a un intervalo amplio de valores del período ( $T_z$  de 5 a 14s), mientras que los períodos de alturas mayores ( $H_s = 1.5\text{m}$ ) se encuentran dispersos dentro de un intervalo más restringido de  $T_z$ . Este comportamiento concuerda con la teoría del comportamiento conjunto de alturas y períodos propuesta por Longuet-Higgins (1975), la cual predice una variación del período inversamente proporcional a una altura dada del oleaje.

#### Alturas y períodos asociados a eventos extremos

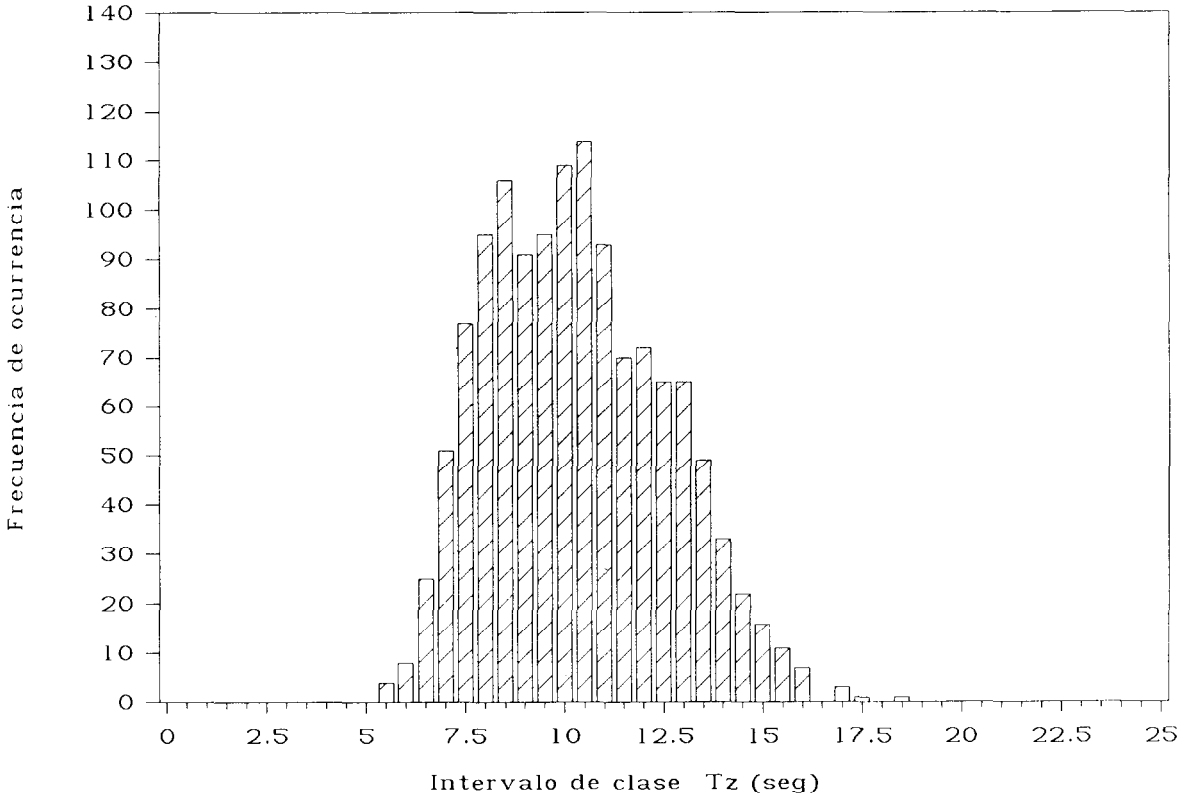
Como se mencionó anteriormente la altura significativa del oleaje que se presentó

#### Heights and periods associated to extreme events

As mentioned previously, the significant height of the waves which occurred throughout the year was relatively low. However, in order to distinguish some characteristics related to storm waves, those records in which  $H_s$  was greater than 1.5m were selected for a more detailed analysis.

A storm can usually be identified as an event in which the height and period present simultaneous peaks (Carmel *et al.*, 1985). These events are shown in Figure 7(a-i).

In all cases, the period peaks agree with the height peaks, except the one in Figure 7e where  $T_z$  increased up to a value greater than



**Figura 5.** Histograma de frecuencia de ocurrencia del período de cruces por cero en la estación ROMPEOLAS 1, de septiembre de 1986 a agosto de 1987.

**Figure 5.** Occurrence frequency histogram of the zero crossing period at the ROMPEOLAS 1 station, from September 1986 to August 1987.

durante todo el año de mediciones fue relativamente baja. Sin embargo, para distinguir algunas características relacionadas con el oleaje de tormentas, se seleccionaron para un análisis más detallado, partes de los registros en que Hs fue mayor que 1.5m.

Normalmente una tormenta puede ser identificada como un evento en el que la altura y el período presentan picos simultáneos (Carmel *et al.*, 1985). Estos eventos se muestran en la Figura 7(a-i).

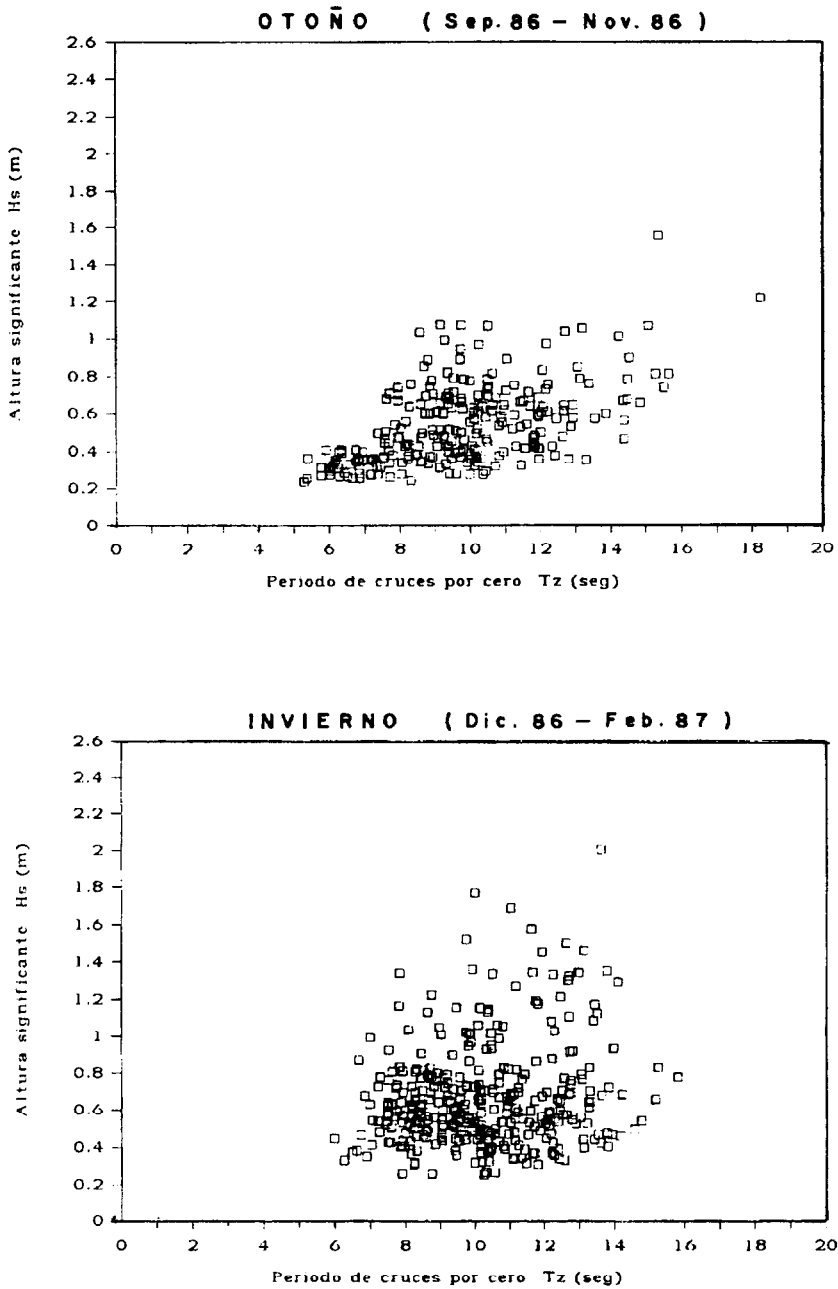
En todos los casos los picos en el período concuerdan con picos en la altura, excepto el de la Figura 7e en donde Tz aumentó hasta un valor mayor que 14s pero no se observó ningún incremento considerable en Hs.

14s but no considerable increase was observed in Hs.

The relationship between Tz and Hs for those events which lasted more than 24 hours is shown in Figure 8(a-e). The arrows indicate the sequence of the occurrence of the data pairs. In all cases, as Tz increases Hs also increases, at least during the first part of the event (that is until the Tz maximum occurs). The longest events recorded (Fig. 8a,e) lasted approximately 30 hours.

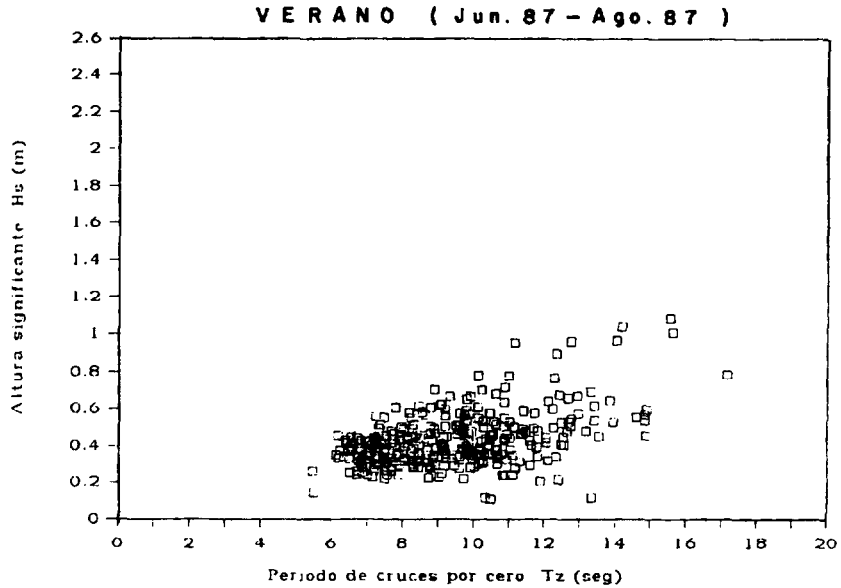
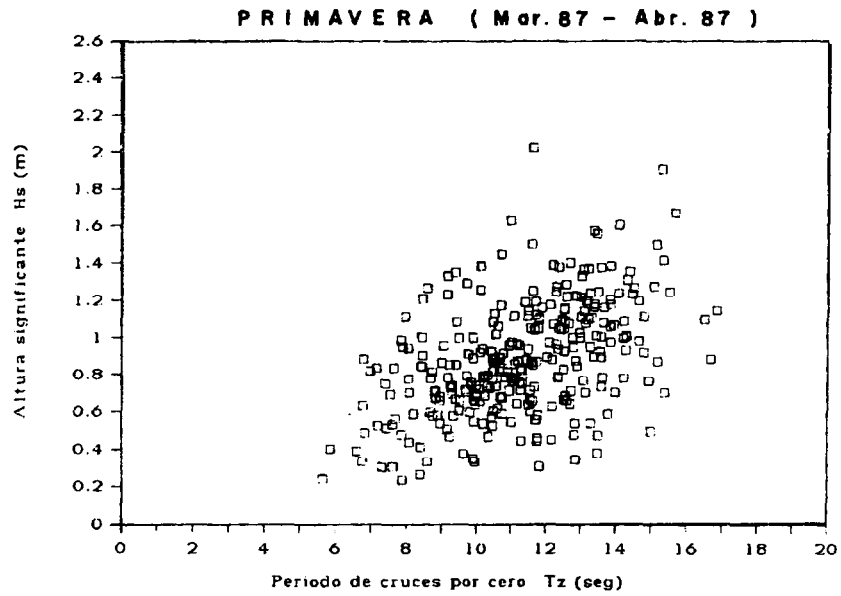
The sequence in the occurrence of the pairs (Tz, Hs) which we present coincides partially with that observed by Carmel *et al.* (1985), even though they report wave periods associated to the spectral peak. In this study some time sequences of (Tz, Hs) describe an





**Figura 6.** Distribución conjunta de alturas  $H_s$  y periodos  $T_z$  en las diferentes estaciones del año en la estación ROMPEOLAS 1.

**Figure 6.** Joint distribution of heights  $H_s$  and periods  $T_z$  during the different seasons at the ROMPEOLAS 1 station.



**Figura 6. (Continuación)**

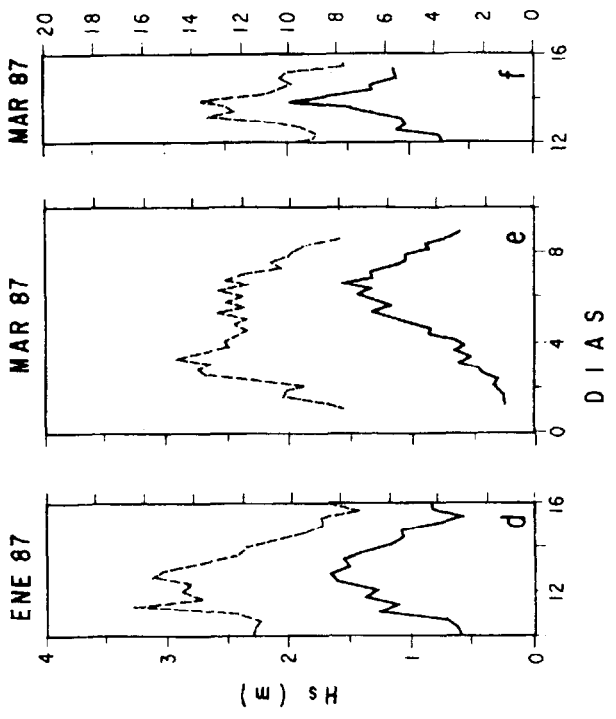
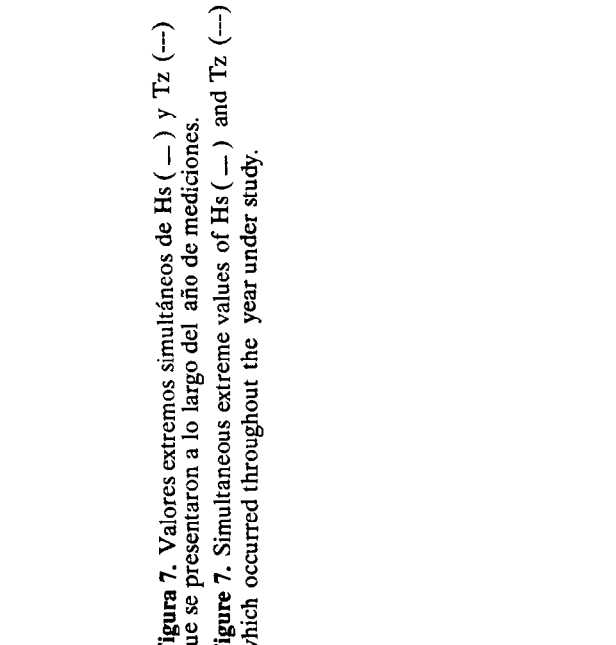
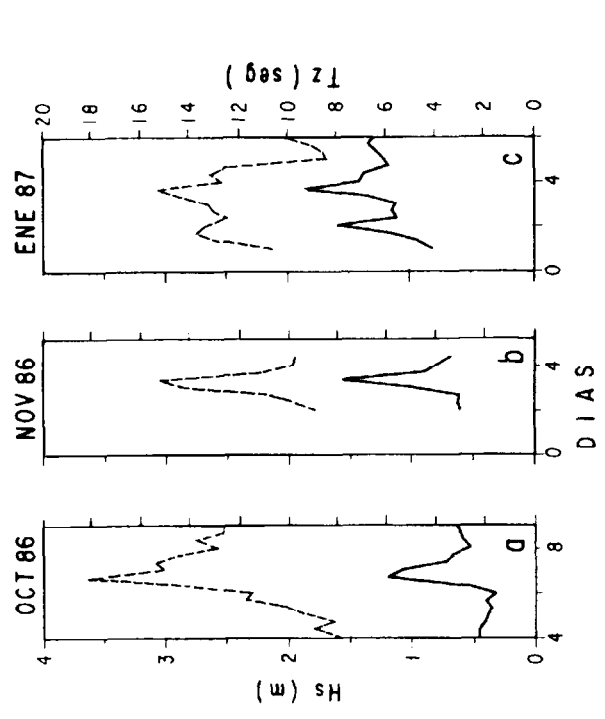
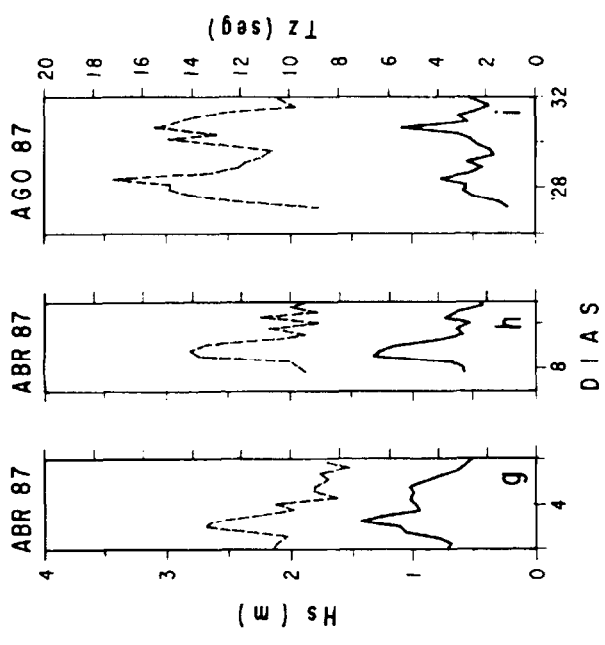


Figura 7. Valores extremos simultáneos de Hs (—) y Tz (---) que se presentaron a lo largo del año de mediciones.  
 Figure 7. Simultaneous extreme values of Hs (—) and Tz (---) which occurred throughout the year under study.

La relación entre Tz y Hs para aquellos eventos en los que su duración fue mayor que 24 horas se muestra en la Figura 8(a-e). Las flechas indican la secuencia en la ocurrencia de las parejas de valores. En todos los casos al aumentar Tz ocurre un aumento asociado en Hs, al menos durante la primera parte del evento (es decir hasta que ocurre el máximo de Tz). Los eventos más largos registrados (Fig. 8a,e) tuvieron una duración de 30 horas aproximadamente.

La secuencia en la ocurrencia de las parejas (Tz,Hs) que presentamos coincide parcialmente con lo observado por Carmel *et al.* (1985), no obstante que ellos reportan los períodos del oleaje asociados al pico espectral. En este trabajo algunas secuencias en el tiempo de (Tz,Hs) describen un "ciclo abierto". Estos autores indican que el comportamiento de (Tz,Hs) está relacionado al efecto de saturación, que limita el crecimiento del espectro. Sin embargo el sentido de nuestra secuencia es contrario a lo observado por Carmel *et al.* (1985). Esto significa que en algunos casos la altura durante la etapa final del evento fue normalmente mayor a la altura de la fase inicial.

En algunos de los eventos analizados (Fig. 8a,b,d), se observa una fase inicial en la que se incrementa considerablemente el valor de Tz, mientras que Hs aumenta sólo ligeramente o permanece prácticamente constante. La dispersión del oleaje indicaría que los períodos mayores debieran arribar primero. Así sería el caso de una tormenta lo suficientemente lejana como para permitir una cierta dispersión detectable mediante las mediciones realizadas. Sin embargo, los resultados sugieren que el oleaje observado fue generado en una tormenta muy cercana (menos de 6000km) a nuestra estación de mediciones, como para que el proceso de dispersión se detectara.

En resumen, mediante este análisis podemos distinguir algunas etapas en la evolución de esos eventos:

- 1) Aumento de Tz mientras que Hs permanece prácticamente constante.
- 2) Aumento en ambos, Tz y Hs.
- 3) Coincidencia del máximo de Tz y de Hs.

"open cycle". These authors indicate that the behaviour of (Tz, Hs) is related to the saturation effect, which limits the growth of the spectrum. However, our sequence goes in the opposite direction to that observed by Carmel *et al.* (1985). This means that in some cases the height during the final stage of the event was normally greater than the height of the initial phase.

In some of the analysed events (Fig. 8a,b,d), an initial phase is observed in which the Tz value increases considerably while Hs increases only slightly or remains practically constant. Wind wave dispersion would indicate that the higher periods should come first. This would be the case of a sufficiently distant storm so as to allow a certain dispersion detectable through the measurements. However, the results suggest that the wind waves observed were generated in a storm so close (less than 6000km) to our sampling station that the detection of wave dispersion was almost impossible.

In short, through this analysis we can distinguish a number of stages in the evolution of the events:

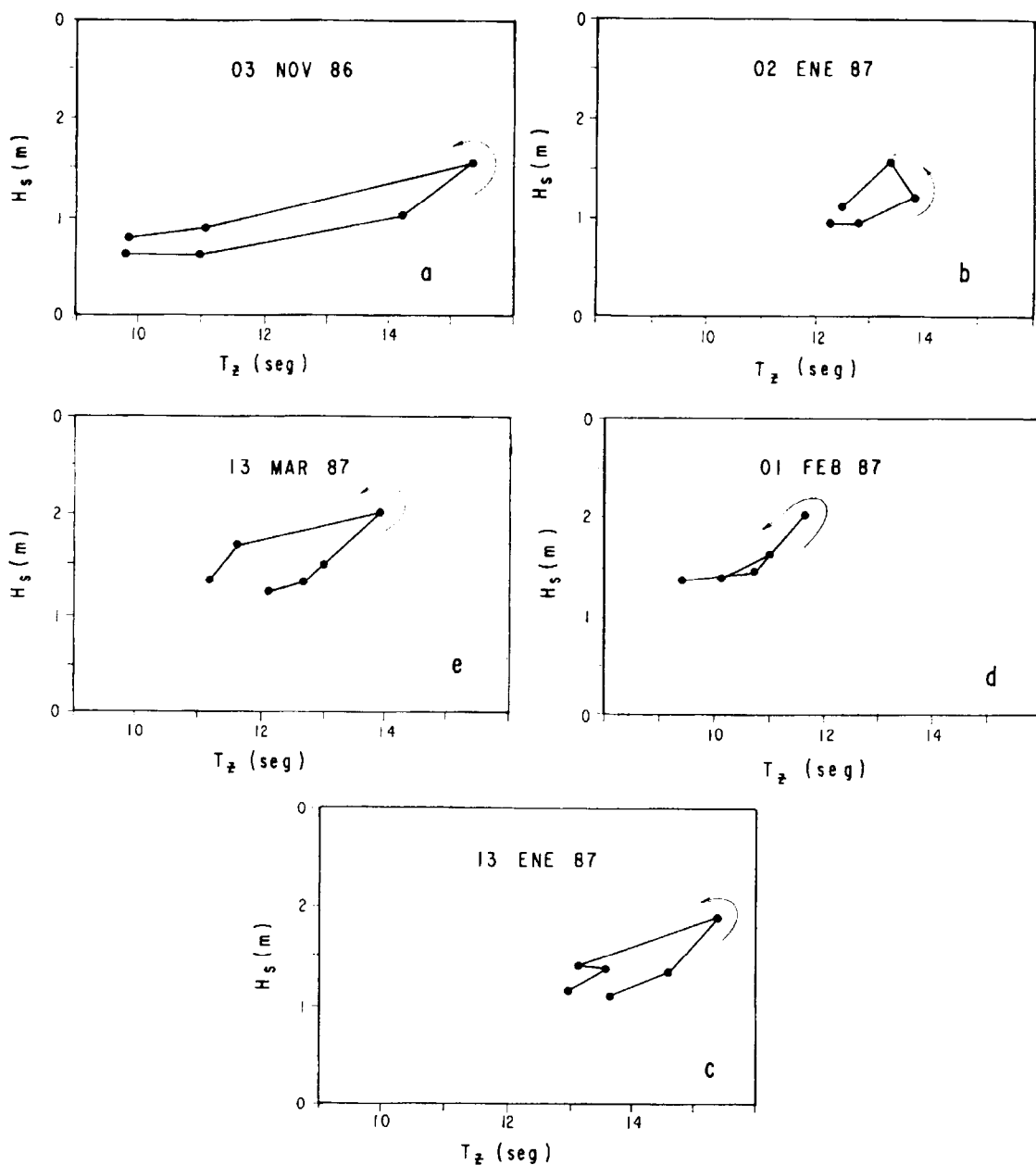
- 1) Increase of Tz while Hs remains practically constant.
- 2) Increase of both Tz and Hs.
- 3) Coincidence of the maxima of Tz and Hs.
- 4) Decrease of both Tz and Hs.
- 5) Decrease of Tz, Hs practically constant.

Of the five events presented, all except that of 2 January (Fig. 8a) showed stages 2, 3 and 4. Three coincided with stage 1, while only that of 3 November also showed the last stage.

### Spectral characteristics

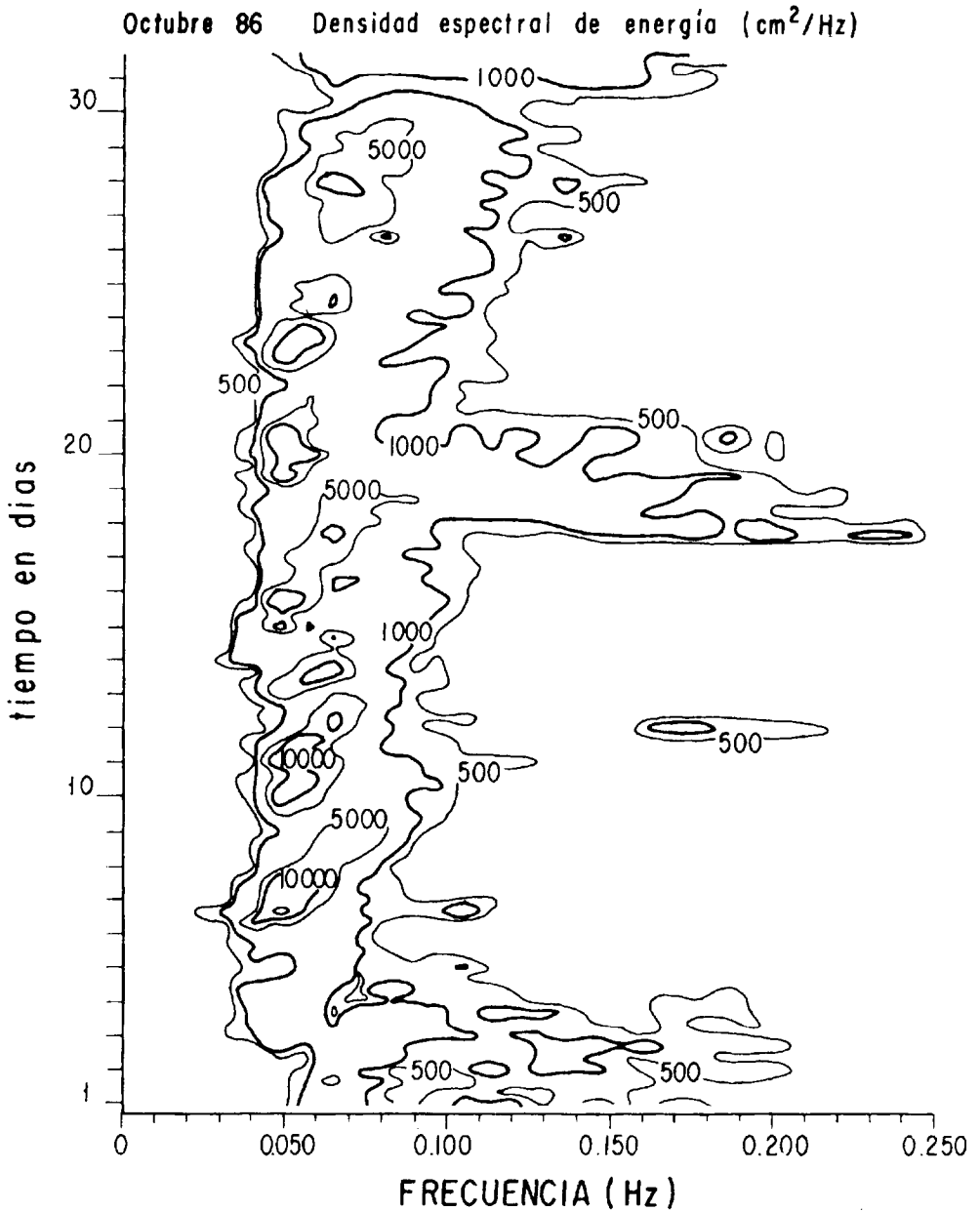
In Figures 9, 10, 11 and 12, graphs are presented with contours of equal spectral density for the sequence of spectra ( $E(f)$  vs.  $f$ ) as a function of time corresponding to the different stages of the measuring period. The contours in the graphs correspond to 500, 1000, 5000 and 10000  $\text{cm}^2/\text{Hz}$ .

At the beginning of autumn (Fig. 9) narrow spectra are found which evolve towards the end of October, each time acquiring



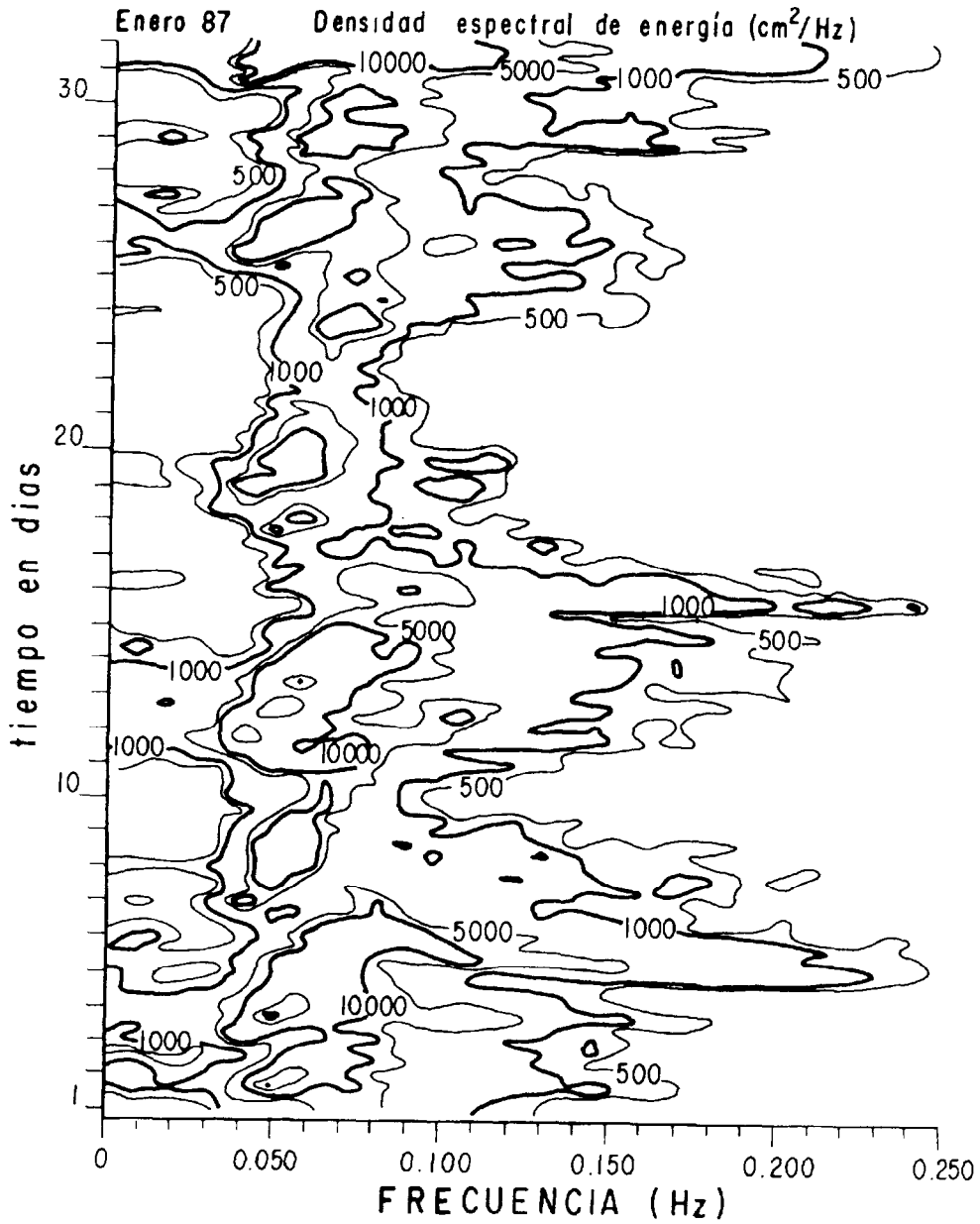
**Figura 8.** Evolución de las parejas de valores  $H_s$  y  $T_z$  en los eventos de tormenta, con duración mayor a 24 horas a lo largo del año de mediciones.

**Figure 8.** Evolution of the data pairs  $H_s$  and  $T_z$  during the storm events lasting more than 24 hours throughout the year under study.



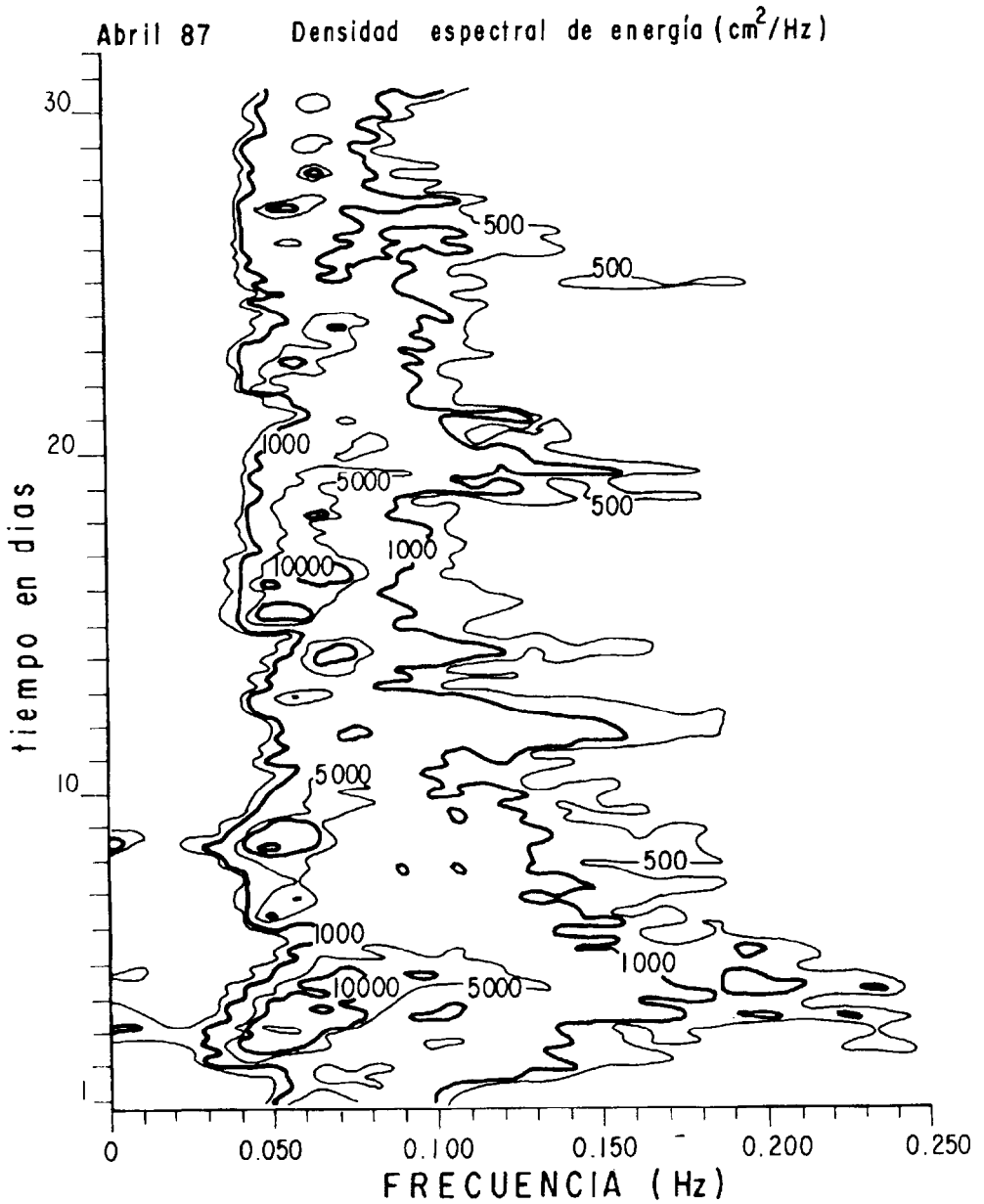
**Figura 9.** Contornos de igual densidad espectral del oleaje medido en la estación ROMPEOLAS1 en el mes de octubre de 1986.

**Figure 9.** Equal spectral density contours of the waves measured at the ROMPEOLAS1 station during October 1986.



**Figura 10.** Contornos de igual densidad espectral del oleaje medido en la estación ROMPEOLASI en el mes de enero de 1987.

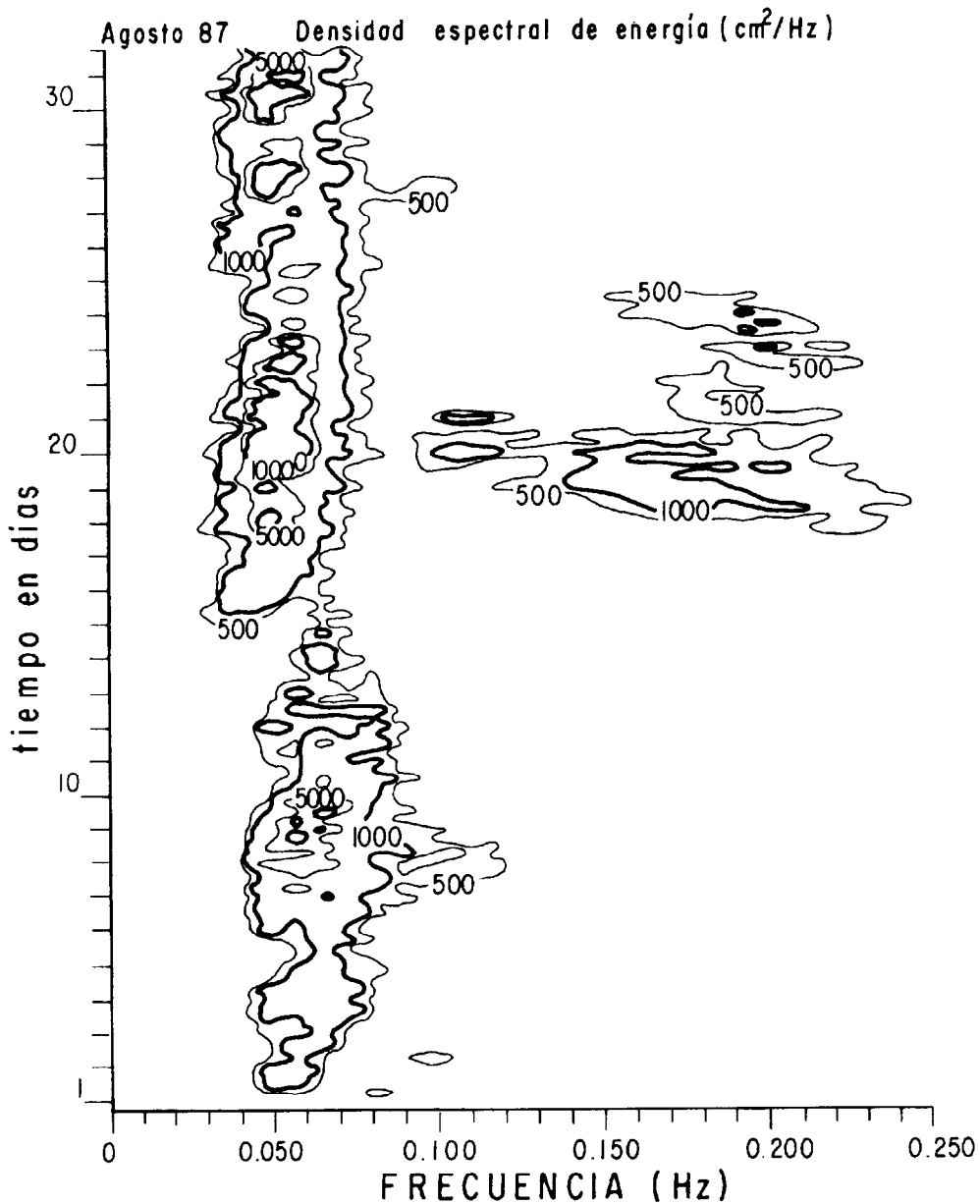
**Figure 10.** Equal spectral density contours of the waves measured at the ROMPEOLASI station during January 1987.



**Figura 11.** Contornos de igual densidad espectral del oleaje medido en la estación ROMPEOLAS1 en el mes de abril de 1987.

**Figure 11.** Equal spectral density contours of the waves measured at the ROMPEOLAS1 station during April 1987.





**Figura 12.** Contornos de igual densidad espectral del oleaje medido en la estación ROMPEOLAS1 en el mes de agosto de 1987.

**Figure 12.** Equal spectral density contours of the waves measured at the ROMPEOLAS1 station during August 1987.

- 4) Disminución de ambos, Tz y Hs.
- 5) Disminución de Tz, Hs prácticamente constante.

De los cinco eventos presentados, todos excepto el del 2 de enero (Fig. 8a) mostraron las etapas 2, 3 y 4. Tres coincidieron en la etapa 1, mientras que únicamente el del 3 de noviembre presentó además la última etapa.

#### Características espectrales

En las Figuras 9, 10, 11 y 12 se presentan gráficas con los contornos de igual densidad espectral para la secuencia de espectros ( $E(f)$  vs.  $f$ ) en función del tiempo correspondientes a las diferentes épocas del período de mediciones. Los contornos que se grafican corresponden a 500, 1000, 5000 y 10000  $\text{cm}^2/\text{Hz}$ .

El inicio de la época de otoño (Fig. 9) presentó espectros angostos, los cuales evolucionan hacia el final del mes de octubre, adquiriendo cada vez mayor cantidad de energía en las frecuencias relativamente altas. Nos referimos a este último tipo de espectros como "amplios".

En invierno (Fig. 10) la energía está distribuida en mayor cantidad de bandas de frecuencia, además de contener picos secundarios en las bandas de frecuencia asociadas a ondas infragravitatorias ( $f = 0.01$  a  $0.02\text{Hz}$ ). El caso contrario a la época de otoño se presentó en primavera (Fig. 11). En verano la totalidad de la energía se encontró contenida en las frecuencias relativamente bajas (Fig. 12).

Al presentar los espectros mediante líneas de igual densidad espectral se puede detectar la llegada de oleaje generado en tormentas lejanas, como lo es el caso que se ejemplifica en la Figura 11 con una línea gruesa. Esta línea puede continuarse hasta el eje vertical, donde el punto de intersección indica la fecha de origen de la tormenta. A partir de la variación en frecuencia del oleaje para un cierto lapso de tiempo es posible calcular la distancia entre la tormenta y la estación de mediciones (Munk y Snodgrass, 1957).

a larger amount of energy at relatively high frequencies. We refer to this type of spectra as "wide".

In winter (Fig. 10) the energy is distributed in a larger amount of frequency bands, as well as containing secondary peaks in the frequency bands associated to infragravitative waves ( $f = 0.01$  to  $0.02\text{Hz}$ ). In spring the opposite to autumn occurred (Fig. 11). In summer all the energy was found within the relatively low frequencies (Fig. 12).

On presenting the spectra through lines of equal spectral density, the arrival of waves generated in distant storms can be detected, as in the case illustrated in Figure 11 with a thick line. This line can be continued to the vertical axis, where the intersection point indicates the date of origin of the storm. From the variation in frequency of the waves for a certain lapse of time it is possible to calculate the distance between the storm and the sampling station (Munk and Snodgrass, 1957).

#### CONCLUSIONS

This study is one of the first efforts being made towards the compilation and statistical analysis of ocean surface waves on the Pacific coast of northwestern Mexico. The results should be considered as representative only of the region in which the sampling station is located and are specifically valid for the period of the measurements (September 1986 to August 1987).

The significant height (Hs) showed maximum values during winter and minimum values in summer. The extreme Tz values were 5 and 18s and both occurred during autumn.

The most frequent heights oscillated between 0.4 and 0.5m, while the extreme cases reached values of up to 2.1m, though with a relatively low occurrence frequency.

The joint distribution of heights and periods did not present a univocal relationship, but was found to depend on the season.

No significant wave dispersion was detected, which suggests that the source regions

## CONCLUSIONES

Este trabajo representa uno de los primeros esfuerzos de recopilar y analizar estadística de oleaje en la costa del Pacífico del noroeste de México. Los resultados deben considerarse como representativos sólo de la región en donde se encuentra la estación de registro y específicamente válidos para el período mismo de mediciones (septiembre 1986 a agosto 1987).

La altura significativa ( $H_s$ ) presentó los valores máximos durante el invierno y los mínimos en verano. Los valores extremos de  $T_z$  fueron 5 y 18s, y ambos ocurrieron durante el otoño.

Las alturas mas frecuentes oscilaron entre 0.4 y 0.5m, mientras que los casos extremos alcanzaron valores hasta de 2.1m, aunque con una frecuencia de ocurrencia relativamente baja.

La distribución conjunta de alturas y períodos no presentó una relación unívoca, pero sí dependiente de la época del año.

No se detectó dispersión significativa del oleaje, lo cual sugiere que las regiones de generación estuvieron localizadas cerca de la estación de registro (en la zona noroccidental del Pacífico, por ejemplo).

El análisis espectral del oleaje indicó que durante el invierno los espectros son más amplios que durante el resto del año, además de contener mayor cantidad de energía.

Los resultados sugieren fuertemente que el período de mediciones debe considerarse como una época indicativa de ausencia de eventos extremos importantes, por lo que no deben considerarse representantes del régimen de oleaje que prevalece en la región. Estos argumentos comprueban y permiten insistir en la necesidad de realizar mediciones y análisis de estadística de oleaje durante períodos más largos.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y a la Secretaría de Educación Pública

were located near the sampling station (for example in the northwestern Pacific).

The spectral analysis indicated that during winter the spectra were wider than during the rest of the year, as well as containing the largest amount of energy.

The results strongly suggest that the period under study should be considered as a time characterized by the absence of extreme important events. Therefore, they should not be considered as representative of the wave regimen that prevails in the region. These arguments indicate the need to carry out measurements and statistical analyses for longer periods.

## ACKNOWLEDGEMENTS

To the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología and the Secretaría de Educación Pública for partial financial assistance through projects PCECBNA-021606 and C85-010155, respectively.

To Eduardo Gil S., Rafael Blanco B. and Sergio Larios C. for their collaboration in obtaining and processing the data.

To Sergio Ramos, Fabián Rosas, José M. Domínguez and Gilberto Fuentes for drawing some of the figures presented.

English translation by Christine Harris.

---

ca, por su financiamiento parcial mediante los convenios PCECBNA-021606, y C85-010155 respectivamente.

A Eduardo Gil S., Rafael Blanco B. y Sergio Larios C. por su colaboración en la toma y procesado de los datos.

A Sergio Ramos, Fabián Rosas, José M. Domínguez y Gilberto Fuentes su colaboración al dibujar algunas de las figuras presentadas.

## LITERATURA CITADA

Carmel, Z., Inman, D.L. and Golik, A. (1985). Characteristics of storm waves off the

Mediterranean Coast of Israel. Coastal Eng., 9: 1-19.

Gunnar, H.O. (1984). Wave climate and processes. Ocean Sci. and Eng., 9(1): 1-23.

Longuet-Higgins, M.S. (1975). On the joint distribution of the periods and amplitudes of sea waves. J. Geophys. Res., 80(18): 2688-2694.

Martínez Díaz de León, A. y Nava Button, C. (1987). Sistema de adquisición, clasificación y análisis de datos de oleaje. Instituto de Investigaciones Oceanológicas, UABC, Reporte Técnico 87-03.

Munk, W.H. and Snodgrass, F.E. (1957). Measurements of southern swell at Guadalupe Island. Deep Sea Res., 4: 272-286.

Rosen, D. and Kit, E. (1981). Evaluation of the wave characteristics at the Mediterranean coast of Israel. Israel Journal of Earth-Sciences, 30: 120-134.