

CARACTERISTICAS DEL REGIMEN DE OLAS EN SAN CRISTOBAL ISLAS GALAPAGOS

Por:

SILVIA MARÍA ESPIN (1)

JORGE NATH (1)

RESUMEN

Un estudio de las características del régimen del oleaje en la isla San Cristóbal fue realizado durante el período comprendido entre diciembre de 1990 y diciembre de 1991. Los datos fueron obtenidos con un sensor de presión instalado en el veril de 9 m. en Bahía Naufragio, obteniéndose un registro de 2436 datos de alturas significativas y períodos medios.

Del análisis de las series de alturas, períodos y los vientos de la región se determinó que las olas registradas corresponden a un régimen estacional ya que las de mayor altura y menores períodos se presentaron durante la época seca (de Mayo a Septiembre), con la intensificación de los vientos del sur y sureste, y las de menor amplitud y grandes períodos en la época húmeda. El arrecife de Schiavoni que se encuentra frente a la bahía actúa como zona de rompiente de las olas que vienen de aguas más profundas provocando olas de poca altura y grandes períodos.

Se realizó además una predicción de olas de retorno mediante los métodos probabilísticos de Weibull, Drapper, Log-log y Lon-log, determinándose que el de Drapper presenta la mejor recta de ajuste para los puntos de probabilidades calculadas. Los cálculos fueron hechos para períodos de 1, 10 y 25 años.

ABSTRACT

From December 1990 to December 1991, heights and periods of waves of San Cristobal Island were measured with a wave and tide recorder, installed at about 9 m. depth at Wreck Bay.

Series analysis of heights and periods determined the seasonal wave behavior in San Cristobal Island in agreement with the wind seasonal field. The Schiavoni reef in front of the Bay, showed his influence on the heights and periods of the waves arriving to the coast.

Besides, a returned wave prediction was done using the probabilistic methods of Weibull, Drapper, Log-log and Lon-log, concluding that the Drapper method presents the best linear fit to the probability points calculated. This approximation was made for periods of 1, 10 and 25 years.

INTRODUCCION

Estudiar las características del régimen de olas de las regiones cercanas a las costas en términos de altura, período y dirección se vuelve de gran importancia para el conocimiento de los procesos tanto hidrodinámicos como morfológicos de las zonas costeras y de circulación de las aguas.

Estudios de olas han sido realizados para la costa central del Ecuador y fueron publicados por Allauca y Cardin (1987), estos permitieron observar las características del oleaje de importantes áreas costeras en vías de desarrollo.

En cuanto a la región insular, poca ha sido la contribución a este conocimiento, es entonces que INOCAR, a partir de diciembre de 1990, inicia los estudios de altura de olas en las Islas Galápagos, con la instalación de un ológrafo en Bahía Naufragio de la Isla San Cristóbal, a fin de conocer las características del régimen de olas para realizar el tendido de una tubería submarina en Puerto Baquerizo Morenó. El período de medición estuvo comprendido entre diciembre de 1990 y diciembre de 1991, obteniéndose un registro de 2436 datos de alturas significativas y períodos de olas.

(1) Instituto Oceanográfico de la Armada. INOCAR. P.O. Box 5940 Guayaquil- Ecuador

Los métodos que se emplean en este análisis son: el estadístico que nos permite conocer las condiciones predominantes del oleaje para este período de medición y el método de predicción para el cálculo de alturas de olas de retorno y la probabilidad de su ocurrencia para períodos de 1, 10 y 25 años.

AREA DE ESTUDIO

Bahía Naufragio se encuentra ubicada en la parte suroeste de la Isla San Cristóbal de la Provincia Insular de Galápagos, figura 1; siendo ésta la isla más oriental del archipiélago. En esta bahía se encuentra ubicado Puerto Baquerizo Moreno que es uno de los puertos más importantes de las islas. Es de destacar la ubicación de la isla San Cristóbal ya que tiene sobre su parte occidental a todas las demás islas del archipiélago, que le dan características físicas particulares tanto en circulación, calidad de sus aguas, y en la propagación de ondas marinas que arriban a sus costas. En cuanto al fondo marino, según la carta IOA 20001, se observa que la topografía del área interior de la Bahía es muy regular, con profundidades que varían suavemente entre los 5 y 10 metros, pero hacia el exterior ya se encuentran mayores profundidades de hasta 16 metros. Frente a la bahía se encuentra el arrecife

Schiavoni, que se presenta como una barrera natural formándose una zona de rompientes que juega un papel importante en la propagación y arribo de las ondas marinas hacia la costa.

METODOLOGIA

Los datos de altura y período de olas se obtuvieron con un sensor de presión modelo SBE 26 autocontenido, el cual fue instalado en el veril de 9 m. de profundidad, referidos al MLWS, en la parte interior de la bahía y frente al arrecife de Schiavoni, en las coordenadas $0^{\circ}53'35.11''$ S y $89^{\circ}36'48.7''$ W, (Fig. 1).

El sensor fue programado para realizar mediciones de altura de olas cada 3 horas durante 10 minutos continuos de registro y a intervalos de 5 segundos, además toma un dato de altura de marea y temperatura subsuperficial del mar cada hora.

El período de cada ola medida fue calculado por medio del análisis espectral para cada una de las series de 10 minutos registradas por el sensor. Este cálculo se hizo con el programa WAVE26 que se basa en el empleo de la transformada rápida de Fourier y la ventana espectral de Hanning.

RESULTADOS Y DISCUSION

CARACTERISTICAS DE LAS SERIES DE ALTURAS Y PERIODOS DE OLAS Y VIENTOS DE SAN CRISTOBAL

La serie de datos consta de valores de altura significativa, que fueron calculados con el promedio del 33% de las olas más altas registradas durante los 10 minutos de medición, y períodos medios que corresponden al promedio de los períodos medidos en el mismo intervalo de tiempo.

Los datos de altura significativa fueron recopilados en una gran serie que fue promediada a alturas diarias (Fig. 2), con el fin de observar la tendencia estacional del régimen del oleaje en esta zona.

Una serie de tiempo con la magnitud de los vientos en San Cristóbal se empleó para hacer una relación vientos - olas, ésta va desde los años 1980 hasta 1990, teniendo así una visión general de la predominancia de vientos en esta región tanto en años normales como en años de eventos El Niño. Es de destacar que los vientos de mayor predominancia en esta serie de 10 años, fueron los del sur y sureste, mientras que sus opuestos, o sea los del norte, no tuvieron mayor presencia como se observa en la figura 3.

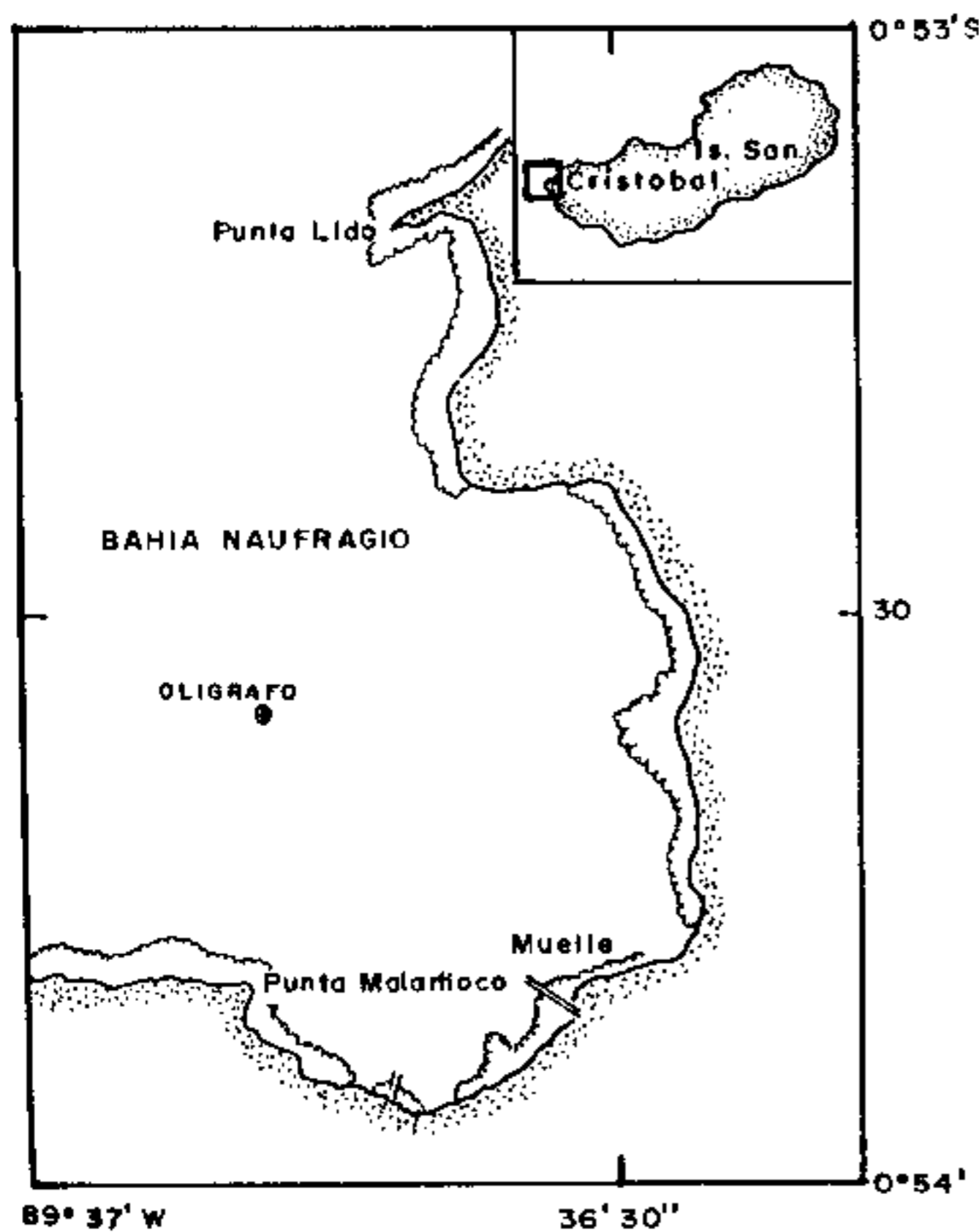


Figura 1 Area de estudio y ubicación del equipo

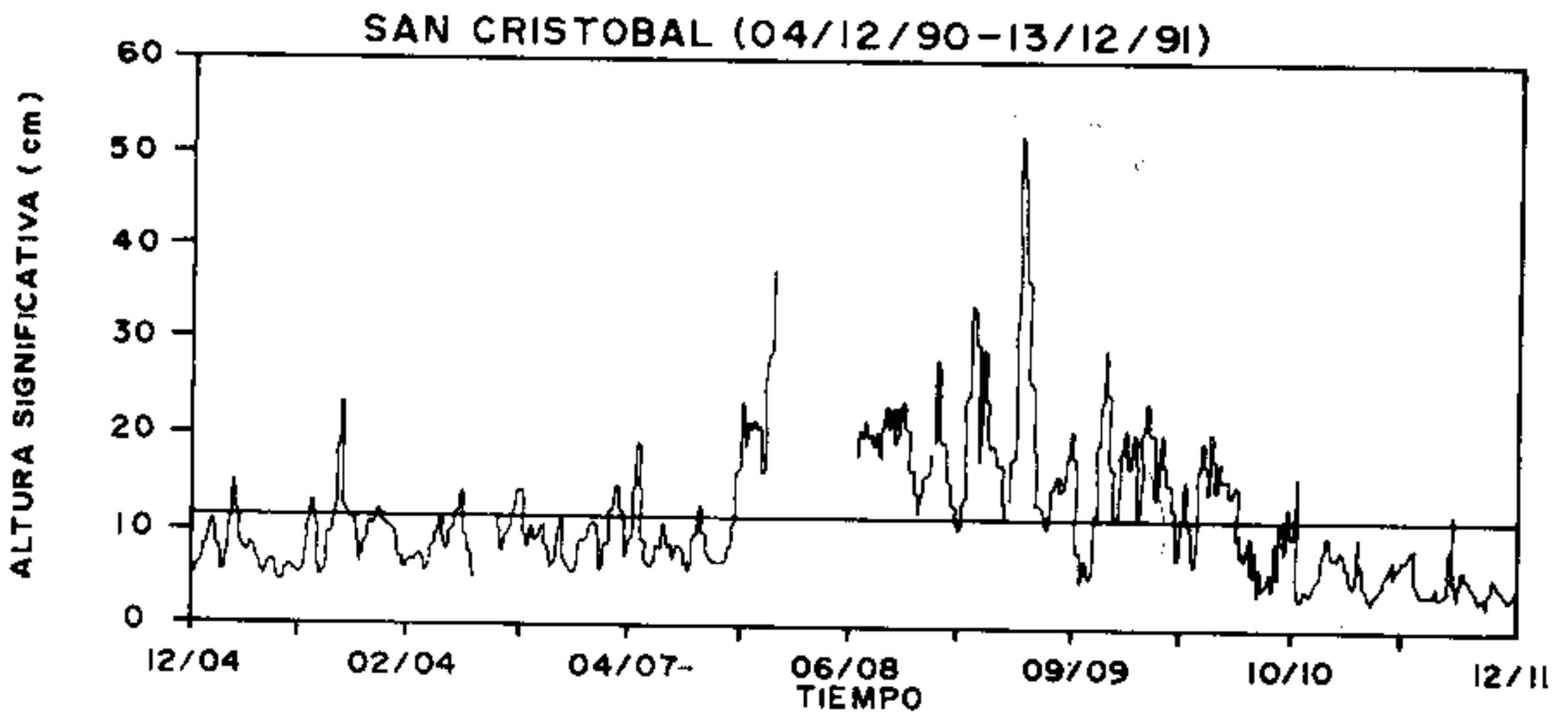


Figura 2 Datos promedios de alturas significativas

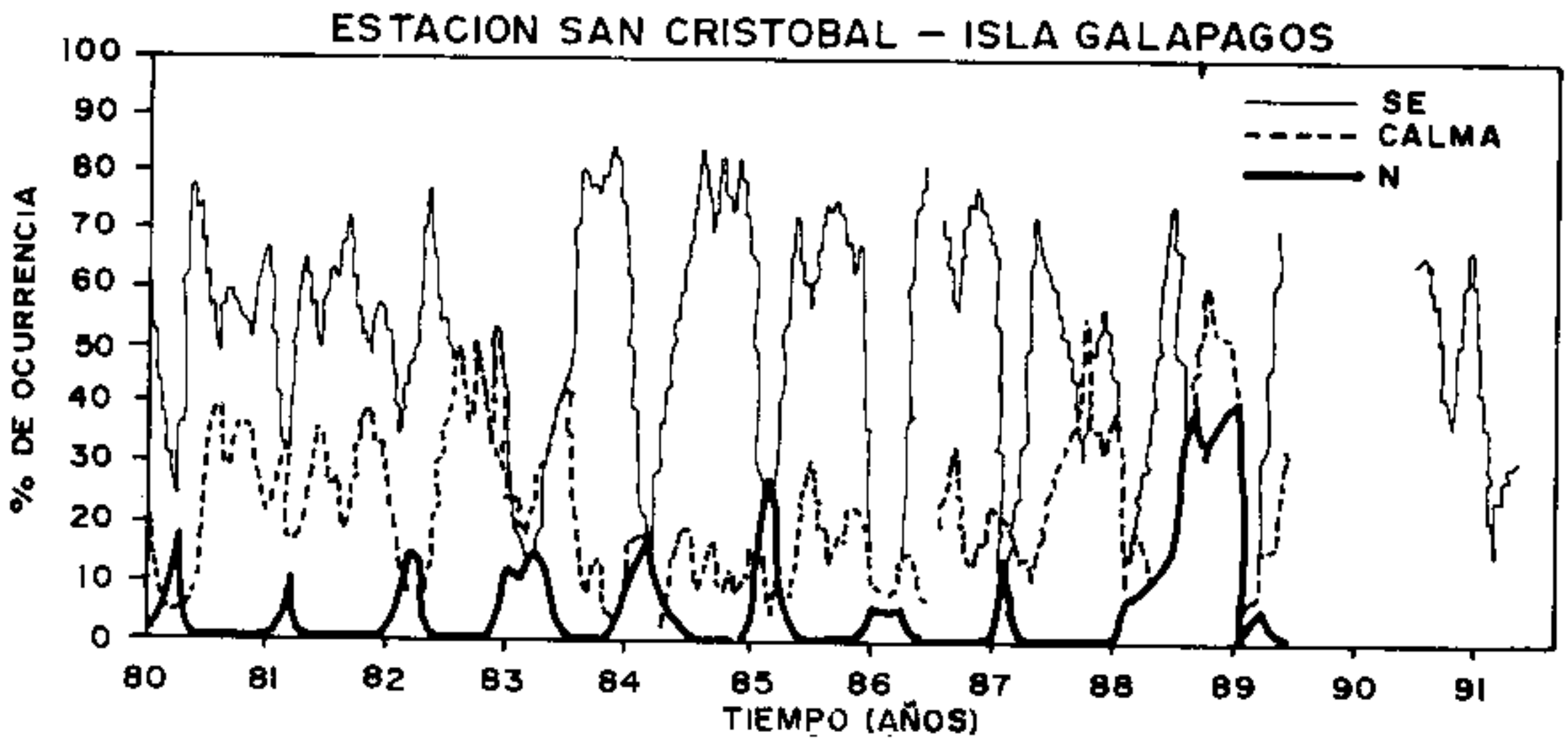


Figura 3 Variación mensual de la ocurrencia de vientos predominantes

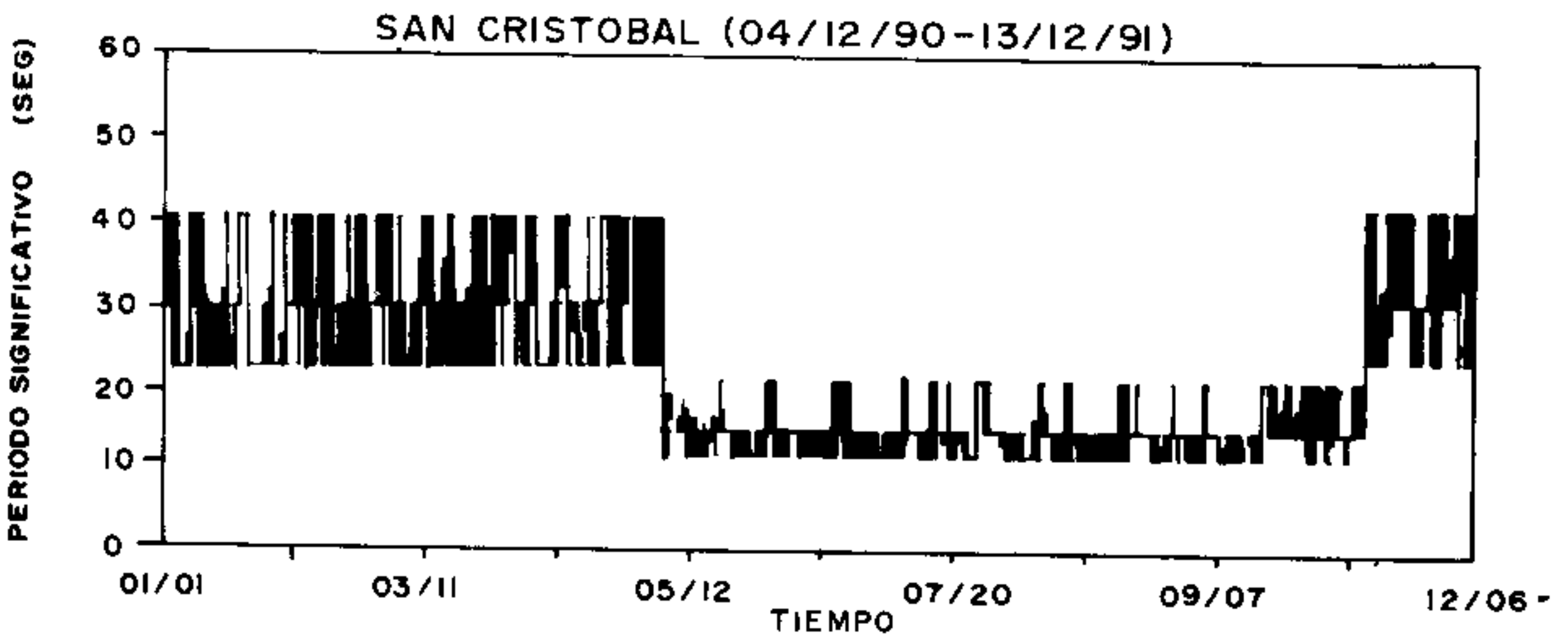


Figura 4 Registro de datos de períodos significativos

En la serie de alturas diarias se observó que los mayores valores van de 37 a 82 cm. y se presentaron de mayo hasta finales de septiembre, coincidiendo con el verano del hemisferio sur y con la intensificación, para estos mismos meses, de los vientos del sur y sureste que predominan generalmente en esta región durante casi todo el año.

Durante la época húmeda se observaron alturas menores de 11.75 cm, es decir muy por debajo del valor promedio anual, que coincidió con el debilitamiento de los vientos del sureste y con la presencia de calmas en algunos casos.

En cuanto a los períodos, al igual que con las alturas se creó una serie con todos los datos registrados para todo el año de muestreo, y se los relacionó con las alturas diarias (Fig. 4), observándose que las olas con las mayores alturas, de 37 a 82 cm, coincidieron con los menores períodos de 10 a 20 segundos y aquellas con valores de altura menores a 15 cm. tuvieron períodos mayores a 20 segundos, determinándose así que las olas de mayor altura y menor período para esta región son originadas por la acción del viento y de acuerdo a la clasificación de las olas (M. Grant Gross, 1965), éstas pertenecen a un mar de fondo o de leva; las de períodos más largos son llamadas olas de largo período y como no son tan altas se encuentran entre las olas ordinarias de gravedad.

Es de destacar que en el análisis espectral realizado para el cálculo de los períodos, las olas de menor amplitud se presentaron muy poco energéticas, mientras que las de mayor magnitud tuvieron una energía relativamente más alta pero no tanta como las olas de régimen costero.

ESTADISTICA DE OLAS.-

Del estudio estadístico de los datos se observó que durante el período de medición las alturas variaron en un amplio rango que va desde los 5 cm. hasta los 82 cm., estando las olas de menor amplitud más densamente distribuidas que aquellas de alturas mayores.

En la tabla I se indica que la mayor altura significativa registrada en toda la serie fue de 82 cm., y fue observada en el mes de septiembre, mientras que la mínima altura fue menor a los 4 cm. durante los meses de la época húmeda.

El mayor promedio de altura se presentó durante el mes de julio con un valor de 22.19 cm, mientras que el menor fue en el mes de diciembre con un promedio de 4.18 cm.

FECHA	PROM	MAX	MIN
ANUAL	11.75	82.00	1.00
DIC	7.20	20.00	2.00
ENE	9.72	46.00	3.00
FEB	8.40	24.00	3.00
MAR	9.12	21.00	5.00
ABR	9.58	33.00	4.00
MAY	16.50	48.00	5.00
JUN	19.43	36.00	7.00
JUL	22.19	76.00	3.00
AGO	15.89	37.00	2.00
SEP	13.39	82.00	2.00
OCT	6.87	74.00	1.00
NOV	5.56	39.00	1.00
DIC	4.18	18.00	1.00

TABLA I Resumen de alturas medias mensuales(cm) en el área de la Isla San Cristóbal.

En la figura 5 se observa que el mayor porcentaje de ocurrencia anual de altura significativa de olas, fue de 32.39% para olas dentro de un intervalo de 5 a 10 cm., pero en general, los mayores porcentajes de ocurrencia para todo el año de registro fueron presentados para las olas comprendidas entre 0.5 y 20 cm.

En cuanto a los períodos, observamos en la figura 6 que el mayor porcentaje de ocurrencia fue de alrededor del 21% y lo tuvieron aquellas olas de períodos promedio de 6 a 10 segundos, pero en general los mayores porcentajes corresponden a los períodos comprendidos en un rango de 4 a 20 segundos.

De la tabla II, de distribución de frecuencias para alturas y períodos, se observa que olas con alturas significativas de 6 a 11 cm. con períodos comprendidos entre 23 y 25 segundos, fueron las que ocurrieron con mayor frecuencia durante todo el tiempo de registro, seguidas de olas con las mismas alturas pero con períodos más altos (29 a 31 segundos). Cabe indicar que también se registraron con mucha frecuencia en toda la serie, olas de poca altura, llamadas olas ordinarias de gravedad, menores a 6 cm. y de períodos largos mayores a 42 segundos. Estas olas pueden estar siendo originadas por la presencia de la rompiente de olas que ocasiona el arrecife Schiavoni que se encuentra ubicado justamente frente a la Bahía, de ahí que se observen olas de tan bajas alturas ya que además ellas no encuentran una topografía adecuada que les ayude a incrementar su energía y por ende su altura.

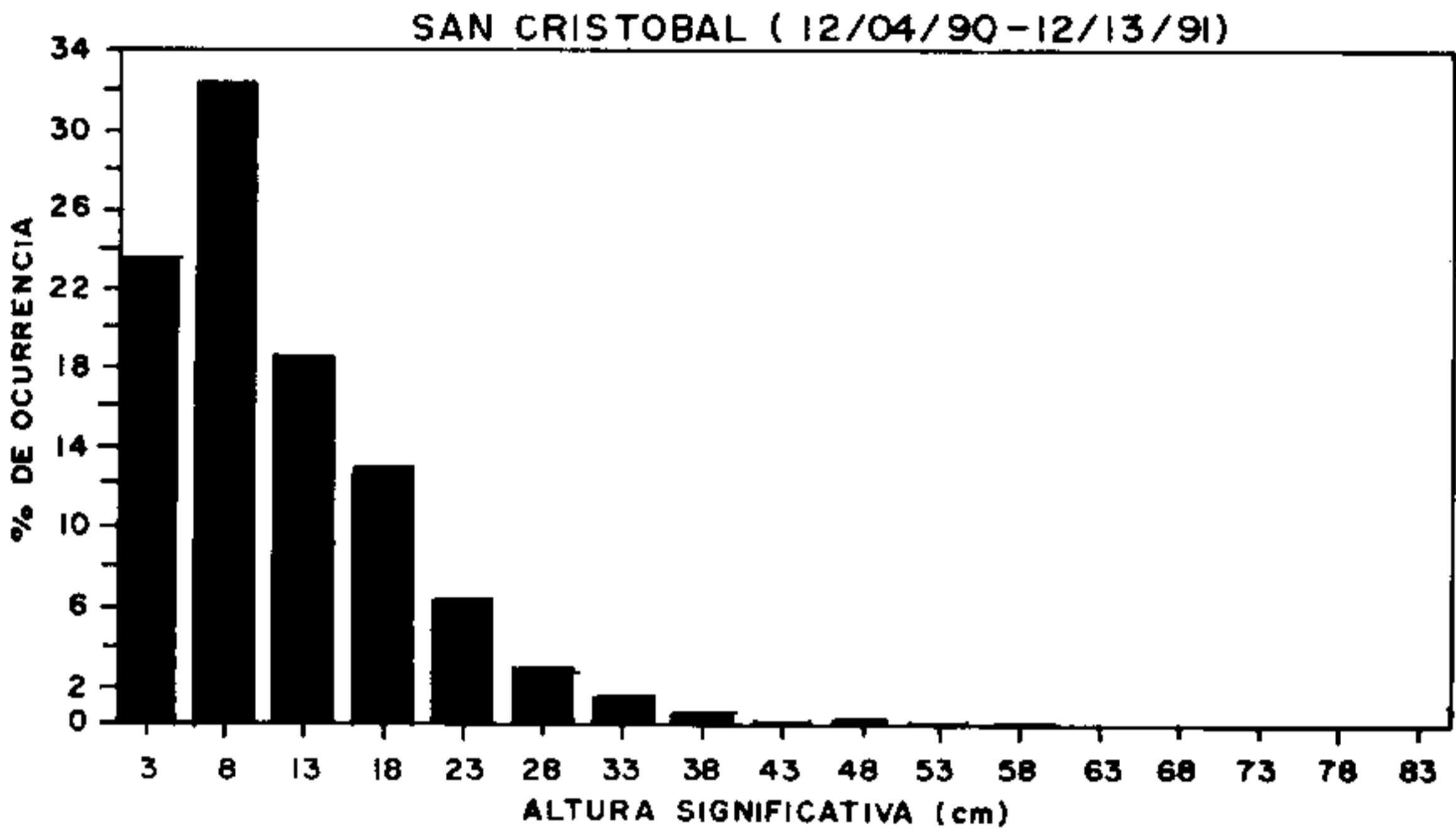


Figura 5 Porcentaje de ocurrencia de alturas significativas

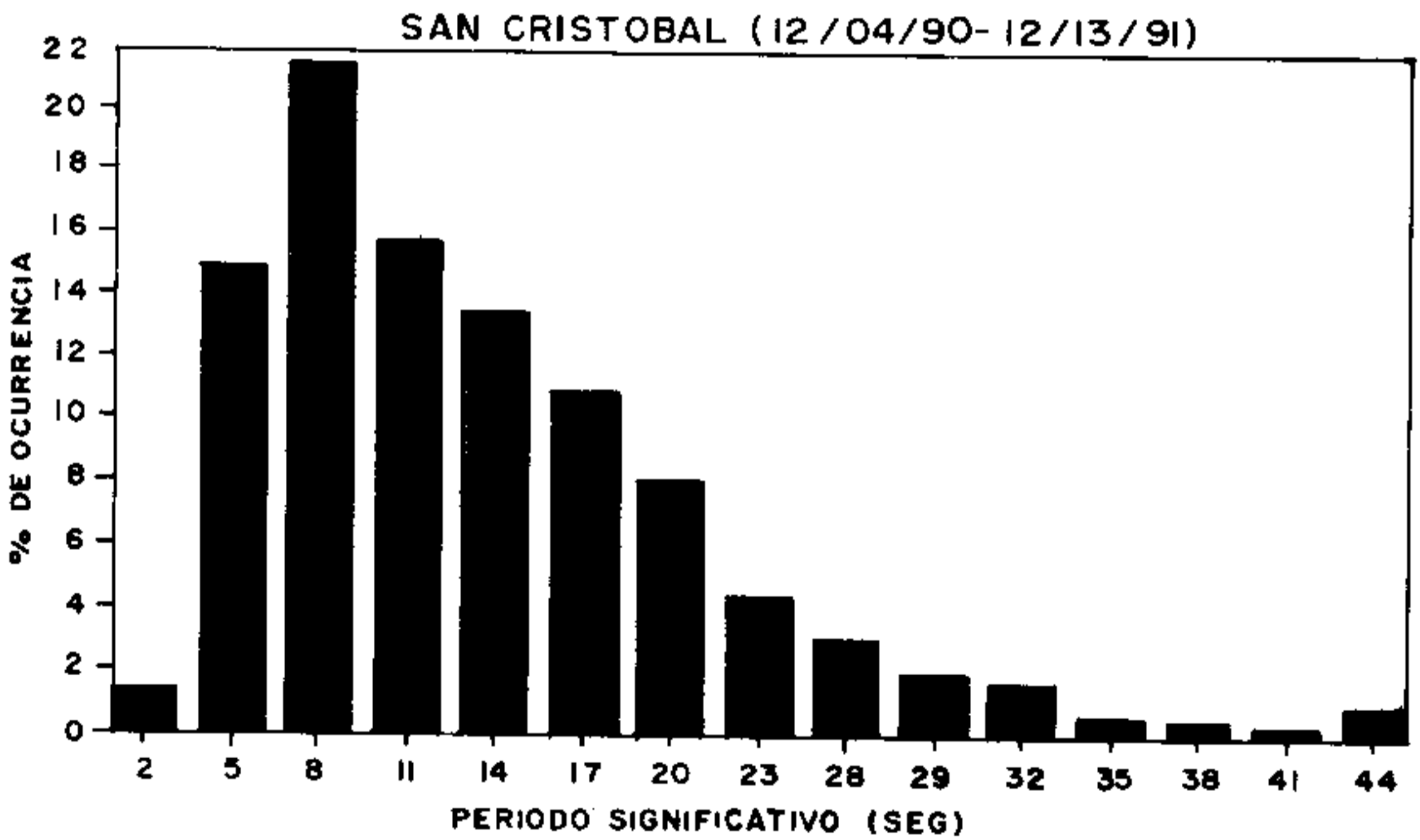


Figura 6 Porcentaje de ocurrencia de períodos significativos

Hs (m)	T _s (seg)																	Total	
	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	42		>42
0.01	9		36			17					26						37	409	557
0.06	34		52			15					181						158	174	804
0.11	115		116		1	21					53						15	33	449
0.16	80	2	145		5	23					13						1	15	313
0.21	45	7	75		3	10					1							9	152
0.26	22	4	39		4	3												5	73
0.31	6		27		1	4												2	41
0.36	4		10			4												1	19
0.41			3			1													4
0.46	1		3			2												3	10
0.51			3															1	4
0.56			3			1													4
0.61			1															1	2
0.66																			1
0.71																			1
0.76																			1
0.81						1													1
0.85																			1
TOTAL	316	13	512		14	102	338				274						211	656	2436

TABLA II Distribución de frecuencias y períodos significativos para el área de San Cristóbal (12/04/90- 12/13/91).

CALCULO DE OLAS EXTREMAS.-

Los métodos típicos de predicción de olas extremas, se basan en el cálculo de la probabilidad de que un evento sea igual o excedido a un determinado valor en un cierto período de tiempo (Dattatri, 1981; Gadre y Kanetkar, 1981).

Para el presente trabajo se emplearon los métodos probabilísticos de: Weibull (1961), Log-log, Log-Lon, mencionados por Scott (1977), y Drapper (1966). Todas las rectas de ajuste fueron calculadas por el método de mínimos cuadrados y sobre una base de datos de alturas registradas durante un período de 1 año. Las extrapolaciones, para hallar las alturas de diseño, se hicieron solamente usando las probabilidades hasta un período de retorno de 25 años, debido a que la serie registrada resulta muy corta como para hacer el cálculo para un intervalo de recurrencia de más de 50 años, donde los valores que se encuentren no serían ya estadísticamente muy confiables.

Haciendo una comparación de las cuatro distribuciones calculadas, figuras 7 a 10, la que presenta la mejor recta de ajuste fue la de Drapper (1966), en la que la ola anual que tiene una probabilidad de ocurrencia de $3,7 \times 10^{-4}$ muestra que podrá ocurrir una ola que tenga una altura significativa de 82.20 cm, y para los 10 y 25 años podrían presentarse olas de 105.78 cm. y 115.17 cm. respectivamente. Cabe anotar que esta distribución, es la que presenta las alturas de olas más bajas seguidas de las calculadas para Weibull (opuc. loc.) como se ve en la Tabla III. Las distribuciones Log-log y Log-lon (opuc. loc.) presentan valores de altura de retorno similares entre ellas, pero muy altos, de 156 a 580 cm, y que no están de acuerdo con el orden de magnitud que se ha encontrado para el régimen de olas del área.

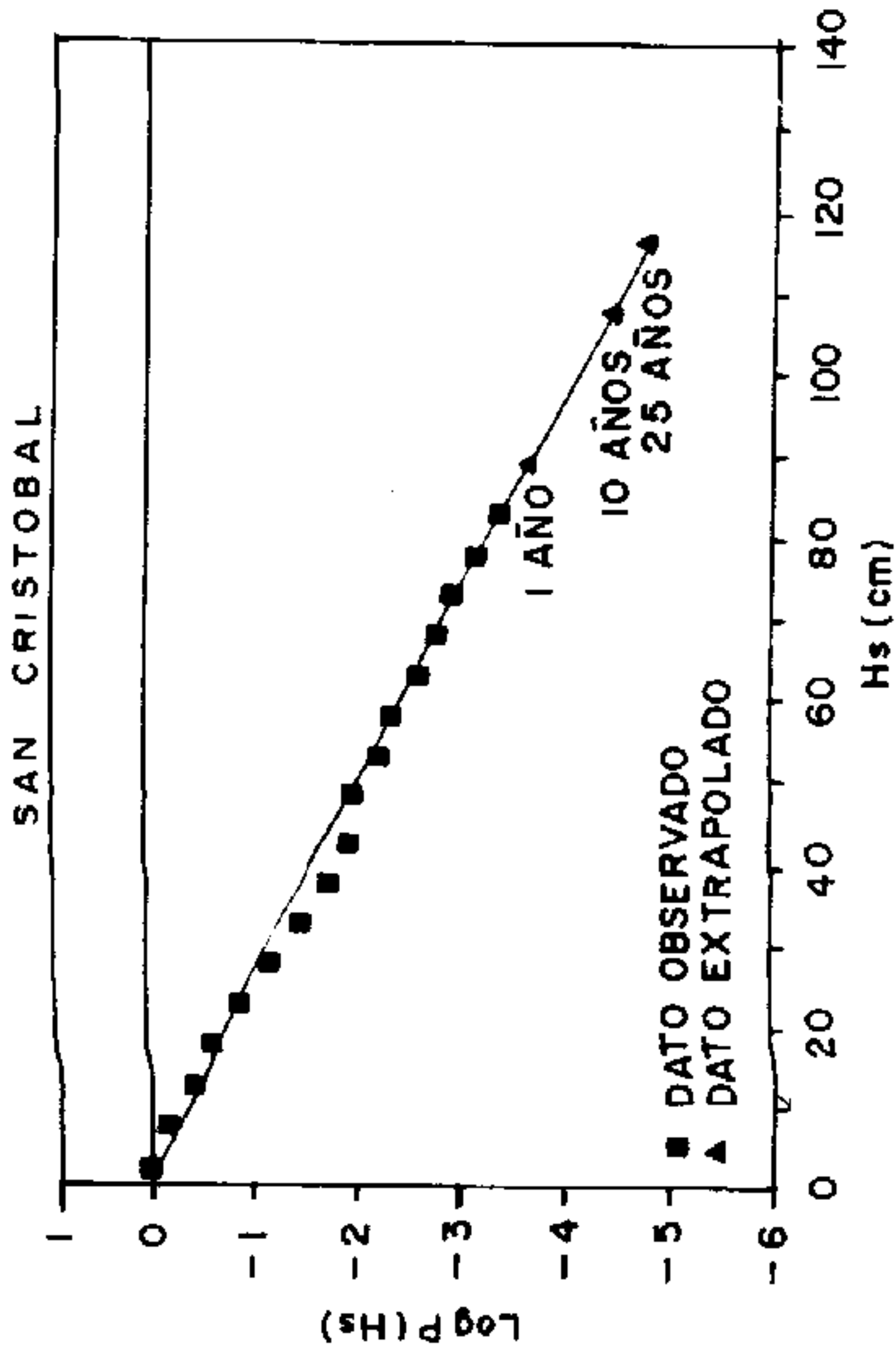


Figura 8 Distribución probabilística. Método Drapper

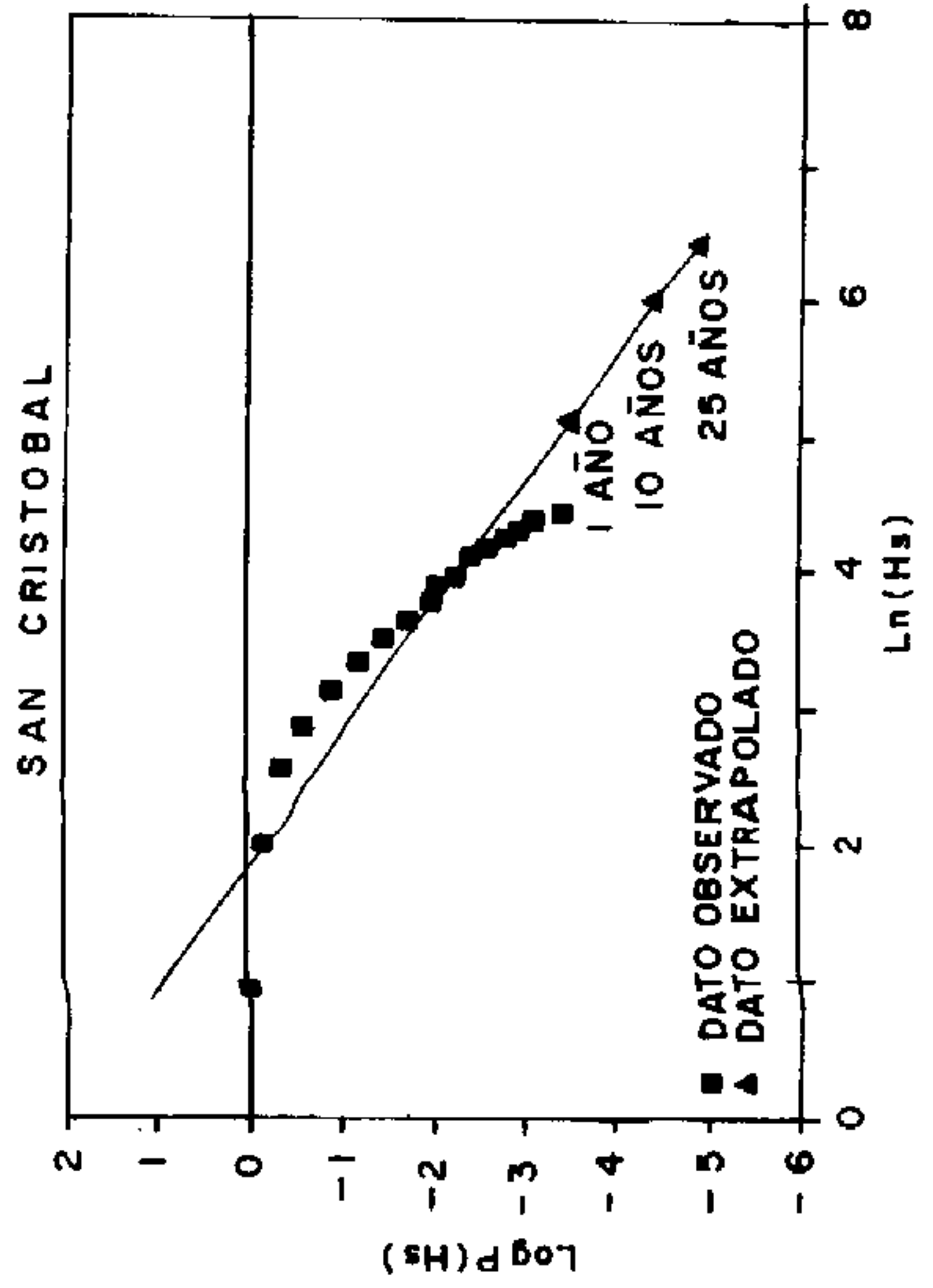


Figura 10 Distribución probabilística. Método Log-Ln

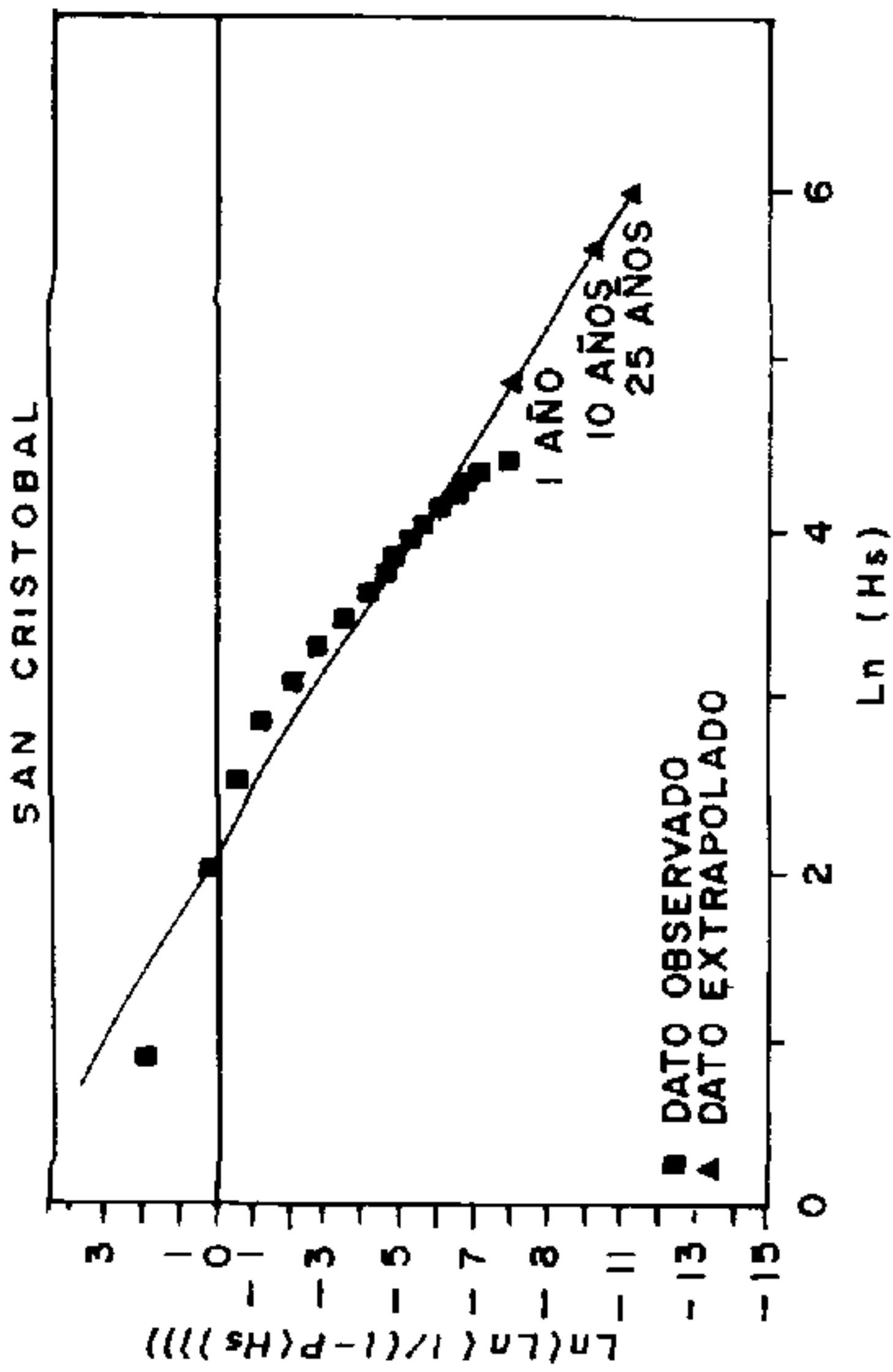


Figura 7 Distribución probabilística. Método Weibull

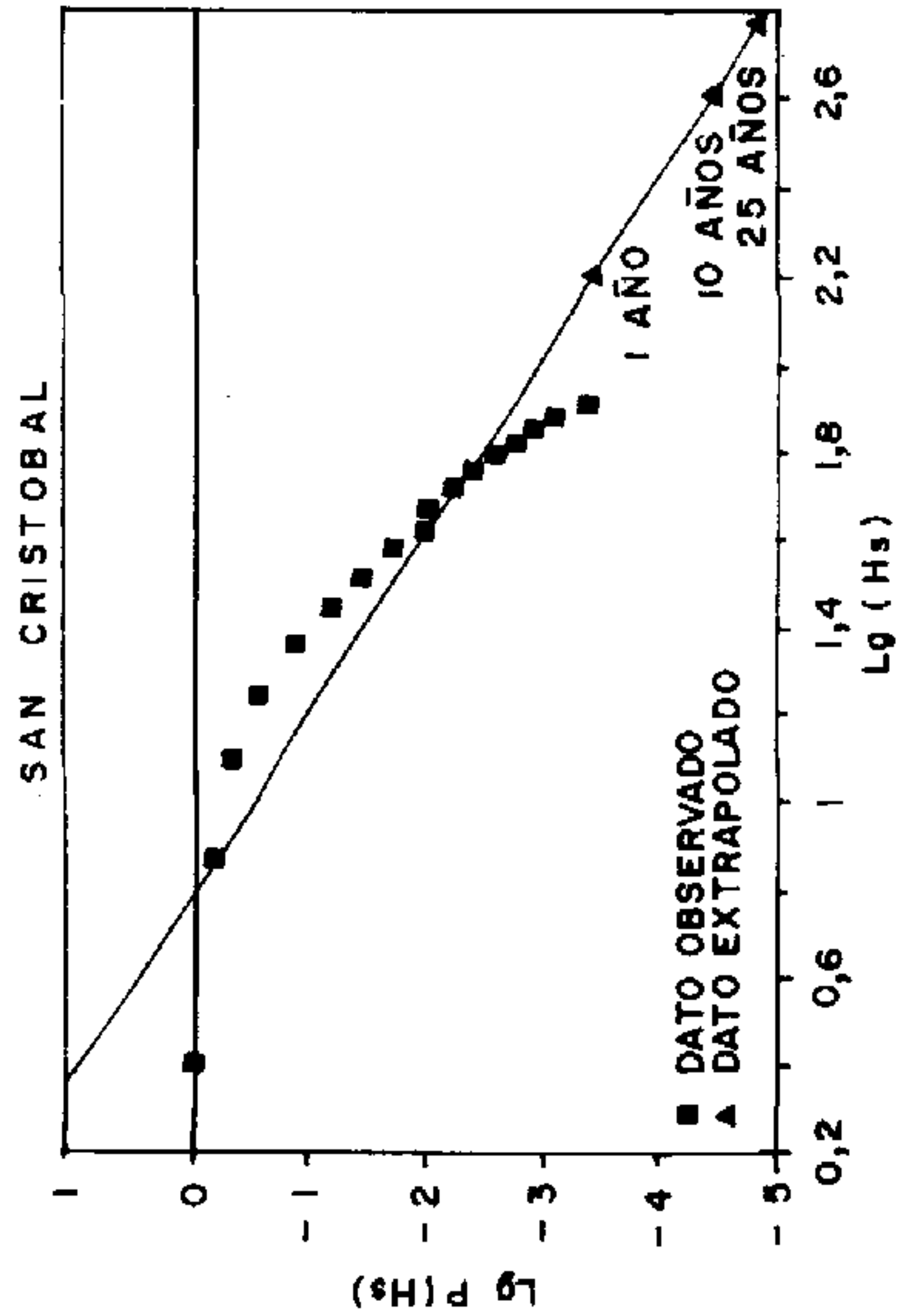


Figura 9 Distribución probabilística. Método Log-Log

AÑOS	DRAPER	WEIBULL	LOG-LOG	LOG-LN
1	82.20	130.16	157.19	156.82
10	105.78	288.46	404.73	403.76
25	115.17	395.92	589.67	580.42

TABLA III Altura significativa de olas (cm). para diferentes intervalos de recurrencia para el área de San Cristóbal

CONCLUSIONES

Las mayores alturas encontradas fluctuaron entre los 30 y 82 cm mientras que hubieron alturas menores a los 5 cm.

El registro de altura y período significativo de olas de San Cristóbal, presenta un patrón estacionario con predominancia de alturas mayores a la media y períodos característicos de olas de viento y mar de leva para la época seca, mientras en la época húmeda se observan características de mar de leva con alturas menores a la media.

Allauca y Cardin (1987), indican que el oleaje en la costa continental ecuatoriana, tiene características también de mar de leva, pero predominando las mayores alturas en la época húmeda, es decir contrario a las condiciones del oleaje encontradas en la zona de San Cristóbal, donde por la ubicación geográfica de la Bahía, prevalecen durante casi todo el año vientos que provienen del sureste, intensificados por lo general de mayo a septiembre.

Las olas de poca altura y grandes períodos corresponden a pequeñas olas generadas por la rompiente que ocasiona el arrecife de Schiavoni frente a la bahía, y que no alcanzan mayores alturas en su viaje hacia la costa debido a la topografía del lugar.

En la predicción de olas de diseño se obtuvo la mejor recta de ajuste con el método de Drapper (1966), estimando alturas de 82.20, 105.78 y 115.17 cm, para 1, 10 y 25 años, respectivamente.

BIBLIOGRAFIA

- Allauca, S. y V. Cardin, 1987.** Análisis de olas en la Costa Central del Ecuador.- Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Vol. IV, N° 1, p:1-33
- Dattatri, J., 1981.** Wave Climatology for West Coast of India: Long-Term Wave Height distributions.- INCOE, p: 62-74
- Drapper, L., 1966.** The analysis and presentation of wave data - A plea for uniformity.- Proceedings 10th International Coastal Engineering Conference, Tokio, Vol. I, p: 1-11
- Gadre, M y C. Kanetkar, 1981.** Estimators of Maximum Wave Heights for the West Coast of India. - INCOE, p: 24- 29.
- Grant Gross, M., 1969.** Oceanography.- Charles E. Merrill Publishing Co., Columbus, p:136-137
- Scott, L., 1977.** Statistical Handling Graphically of environments observations with application to waves of the North Atlantic Coast of the USA.- Operational Sea State and Design Wave Criteria for Ocean Thermal Energy Conversion Projects., University of Hawaii, p:434-444.
- Weibull, 1961.** (original no consultado); citado en Scott, L., 1977. Statistical Handling Graphically of environments observations with application to waves of the North Atlantic Coast of the USA.- Operational Sea State and Design Wave Criteria for Ocean Thermal Energy Conversion Projects., University of Hawaii, p: 434-444.