

CAPÍTULO 5

PROBABILIDADES DE PRESENTACIÓN DE CICLONES CERCA DE MÉXICO

Se determinaron las probabilidades de ocurrencia de tormentas tropicales y huracanes relativas a las zonas de los océanos Pacífico y Atlántico cercanas a México.

5.1 PROBABILIDAD DE QUE EN UN AÑO SE PRESENTE UN CICLÓN CERCA DE MÉXICO

El cálculo de la probabilidad de que ocurra en un año un ciclón en las zonas en que se han dividido las áreas de los océanos Pacífico y Atlántico cercanas a la República Mexicana se basa en la información incluida en el Capítulo 3 referente al mínimo de ciclones que se presentaron en cada zona de interés y los ajustes del parámetro α de la función exponencial.

Con base en la información de la figura 2.3 se obtuvo el número promedio de ciclones por año (N) en cada región de estudio (figuras 5.1 y 5.2). De modo que conociendo la latitud y longitud del sitio de una zona de interés se encuentra el valor correspondiente al número promedio de ciclones.

Para calcular la probabilidad de ocurrencia anual de uno o más ciclones ($P(A)$) en cualquiera de las regiones en estudio se empleó el número promedio de ciclones que ocurren en un año de las figuras 5.1 y 5.2, y en la ecuación 4.4.

Los valores obtenidos de probabilidad anual de presentación de al menos un ciclón en las zonas cercanas a México se muestran en las figuras 5.3 y 5.4. Con esta figura se puede determinar para la zona en estudio la probabilidad de que ocurra uno o más ciclones únicamente con las coordenadas de la zona de interés.

5.2 PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE UN CICLÓN DE CIERTA INTENSIDAD CERCA DE MÉXICO

Para obtener la probabilidad de que se presente uno o más ciclones de cierta intensidad en una zona cerca de - o sobre - de México se emplea la ecuación 4.8 a partir de los valores del parámetro α (tabla 3.2) y la probabilidad anual de uno o más ciclones consignada en las figuras 5.1 y 5.2.

océano donde se encuentra el sitio de interés, se escoge de la tabla 3.2 el valor del parámetro α y se aplica la ecuación 4.8, como se muestra a continuación.

5.3 PROBABILIDAD DE TORMENTAS TROPICALES CERCA DE MÉXICO

Según la escala Saffir-Simpson (tabla 1.1) para que un ciclón sea una tormenta tropical se requiere que $Y_I = 985$ mb y $Y_S = 1004$ mb, por lo que de la ecuación 4.9 se encuentra que

$$P(985 < y < 1004) = \left(e^{-\frac{1004-1004}{\alpha}} - e^{-\frac{1004-985}{\alpha}} \right) P(A)$$

o bien

$$P(985 < y < 1004) = \left(1 - e^{-\frac{19}{\alpha}} \right) P(A) \quad (5.1)$$

Al emplear la ecuación anterior en cada una de las zonas de interés en los océanos Pacífico y Atlántico con la información de la figura 5.1 ó 5.2 (para escoger el valor de $P(A)$) y la tabla 3.2 (para definir el parámetro α) se obtuvo la probabilidad anual de presentación de al menos una tormenta tropical que se reporta en las figuras 5.5 y 5.6.

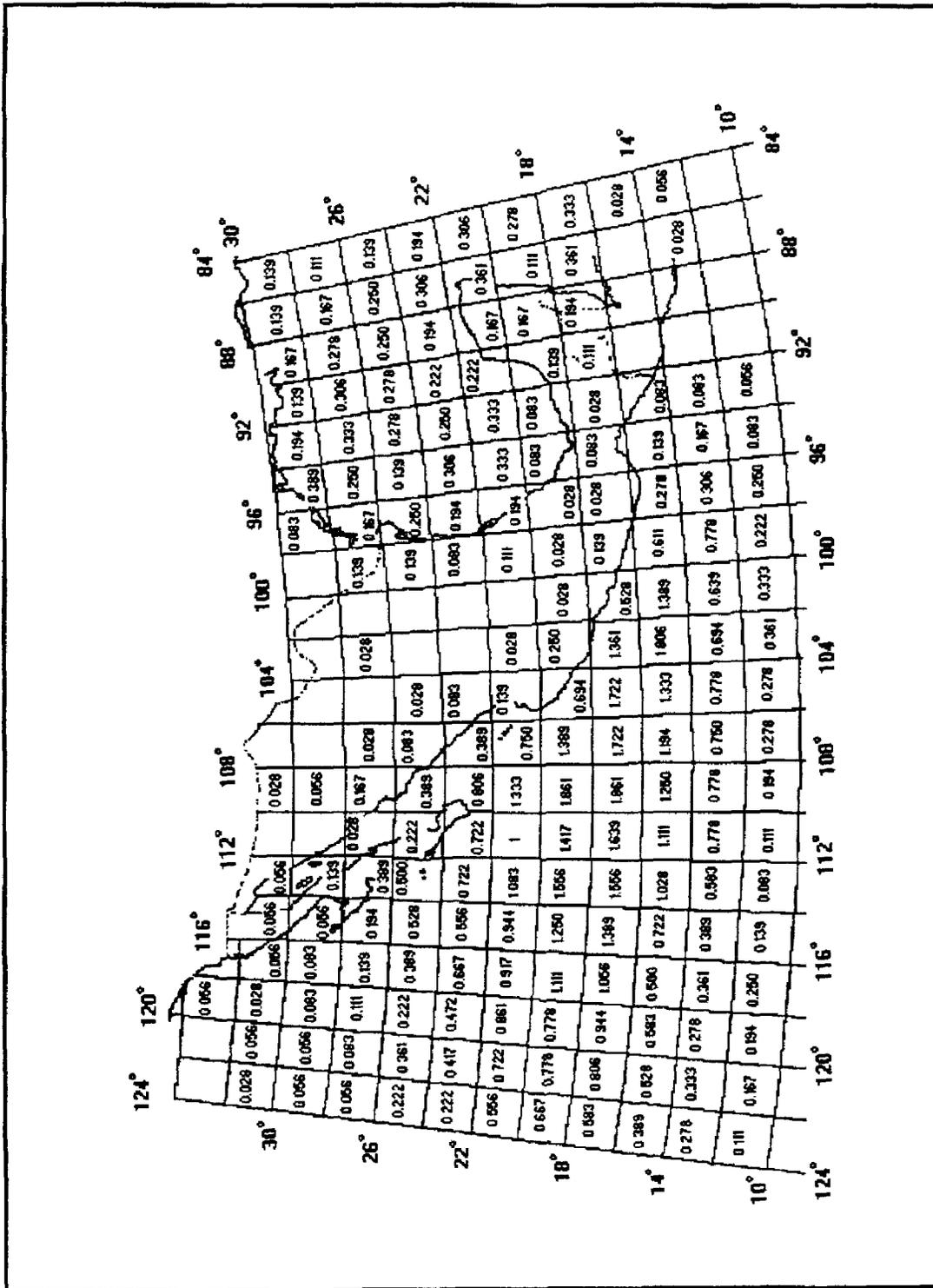


Figura 5.1 Número promedio de ciclones por año (N)

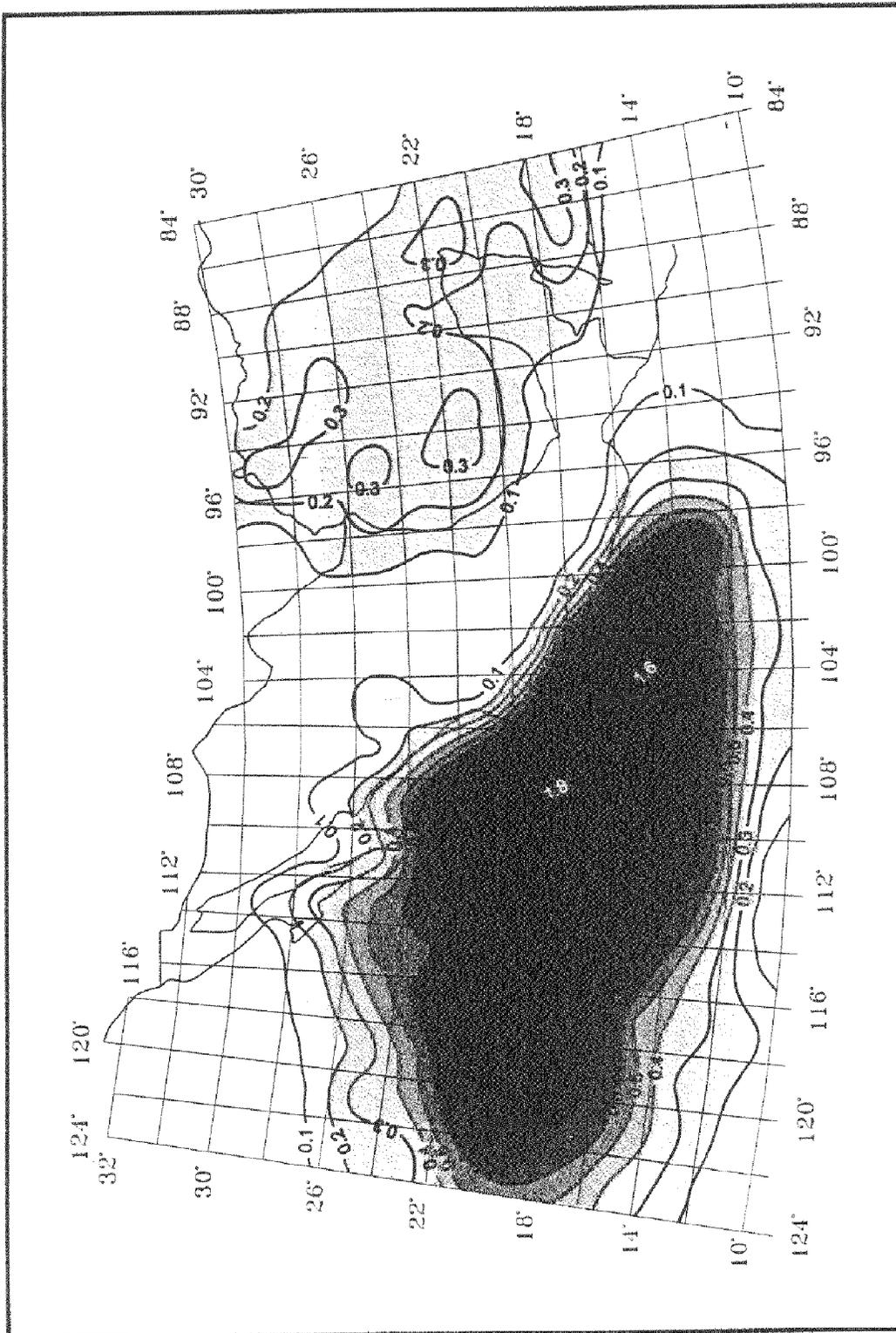


Figura 5.2 Curvas con el mismo promedio de ciclones por año

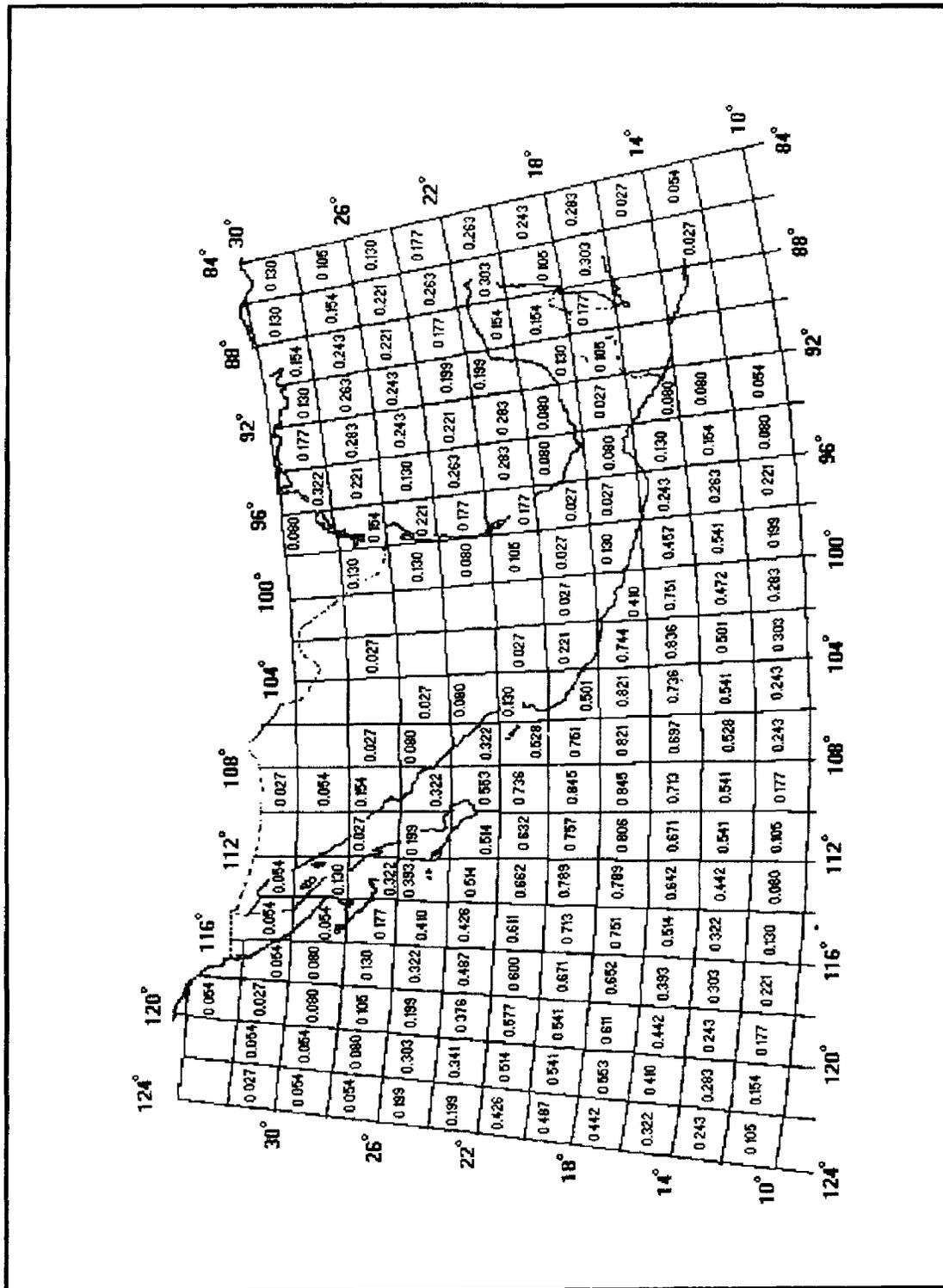


Figura 5.3 Probabilidad de presentación de uno o más ciclones en un año (P(A))

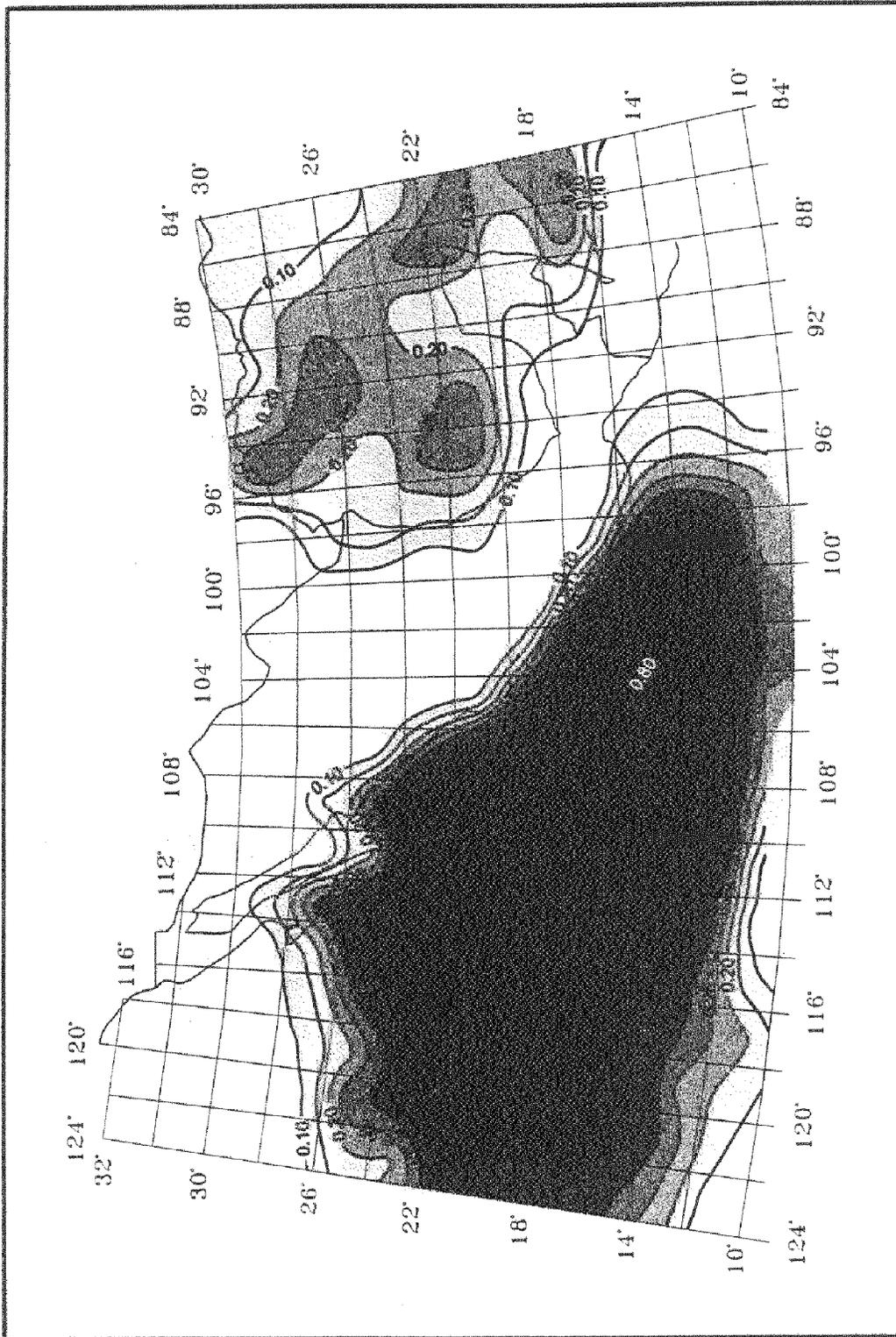


Figura 5.4 Isolíneas de probabilidad de presentación de uno o más ciclones en un año

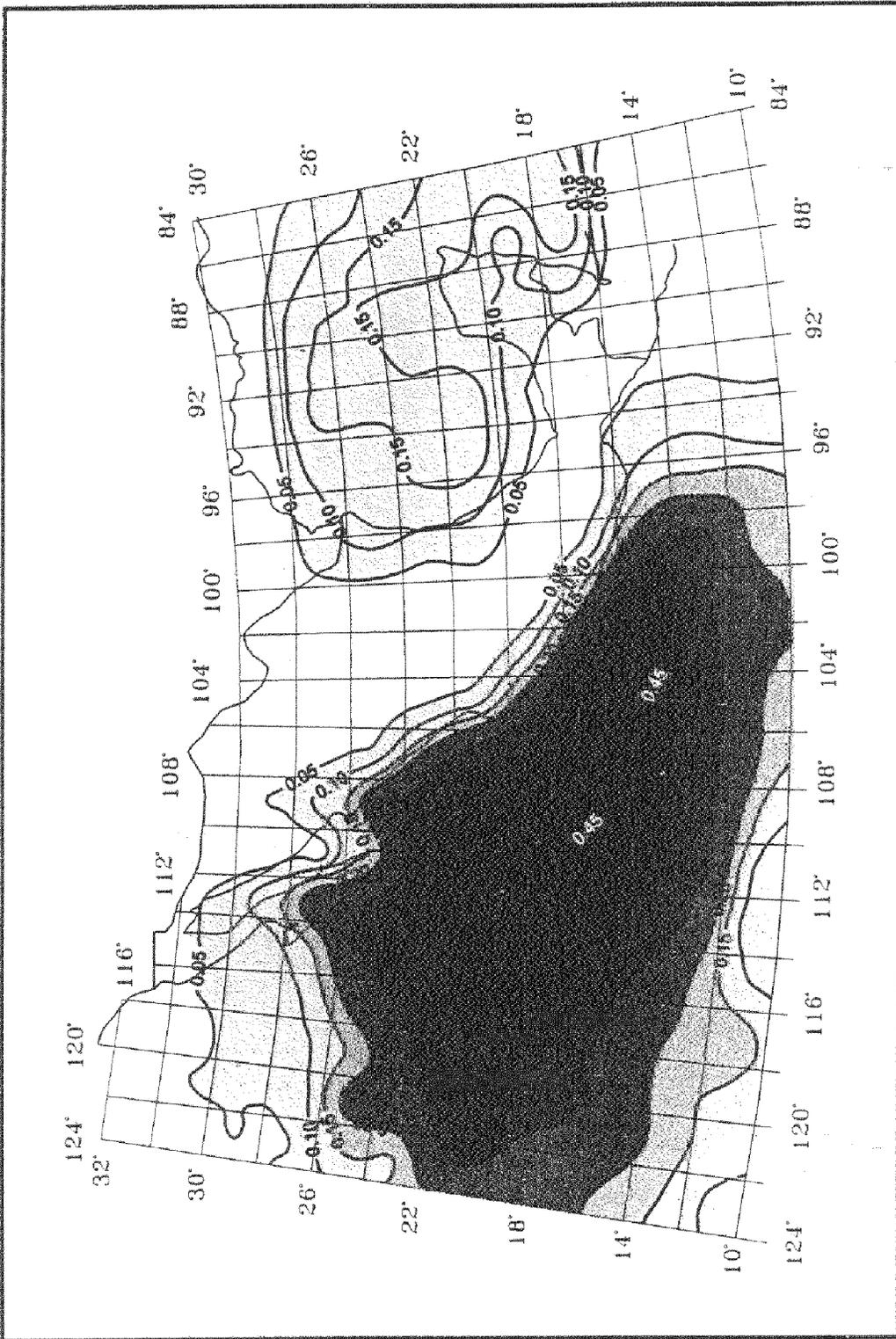


Figura 5.6 Iso líneas de probabilidad de presentación de una o más tormentas tropicales por año

5.4 PROBABILIDAD DE HURACANES

También de la escala Saffir-Simpson para que un ciclón reciba el nombre de huracán se requiere que tenga una presión central menor a 985 mb. Así de la ecuación 4.8, la probabilidad de tener un ciclón con presión central menor a 985 mb está dada como

$$P(y < 985) = \left(e^{-\frac{1004-985}{\alpha}} \right) P(A)$$

o bien

$$P(y < 985) = \left(e^{-\frac{19}{\alpha}} \right) P(A) \quad (5.3)$$

Del mismo modo que en el inciso anterior se emplearon la figura 5.1 ó 5.2 y la tabla 3.2.

En las figuras 5.7 y 5.8 se incluyen las probabilidades de que un año cualquiera, en las regiones de interés, incida al menos un huracán.

5.5 EJEMPLOS

Para encontrar la probabilidad de que se presente una tormenta tropical o un huracán con cierta presión central en cierta zona de interés se procede de la siguiente manera:

- a) Según la ubicación de la zona se escoge de la figura 5.3 ó 5.4 la probabilidad $P(A)$
- b) De acuerdo con la latitud de la zona, de la tabla 3.2 se selecciona el valor de α
- c) Se emplea la ecuación 4.8

5.5.1 Ejemplo 1

Se desea encontrar la probabilidad de que ocurra un ciclón con presión central inferior a 970 mb (huracán categoría 2 o más) en una zona ubicada en el océano Pacífico entre las latitudes 16° y 18° y entre las longitudes 100° y 102° .

Solución:

- a) De la figura 5.3 ó 5.4 se encuentra que la probabilidad de que en un año cualquiera ocurra un ciclón en la zona mencionada es $P(A)=0.410$
- b) De la tabla 3.2 se tiene que α es igual a 24.410
- c) De la ecuación 4.8 se tiene que

$$P(y < 970) = \left(e^{-\frac{1004-970}{24.410}} \right) (0.410)$$

$$P(y < 970) = (0.2484)(0.410) = 0.1018$$

El periodo de retorno sería

$$T_r = 1 / 0.1018 = 9.82 \text{ años}$$

De acuerdo con Harris (1958) un huracán con presión menor a 970 mb produce una elevación de marea de tormenta igual a $hm_{\acute{a}x} = 0.142(1023-970) = 7.53ft = 2.30 \text{ m}$ por lo que en el sitio de interés, una marea de tormenta con elevación de 2.30 m se presentará en promedio cada 10 años.

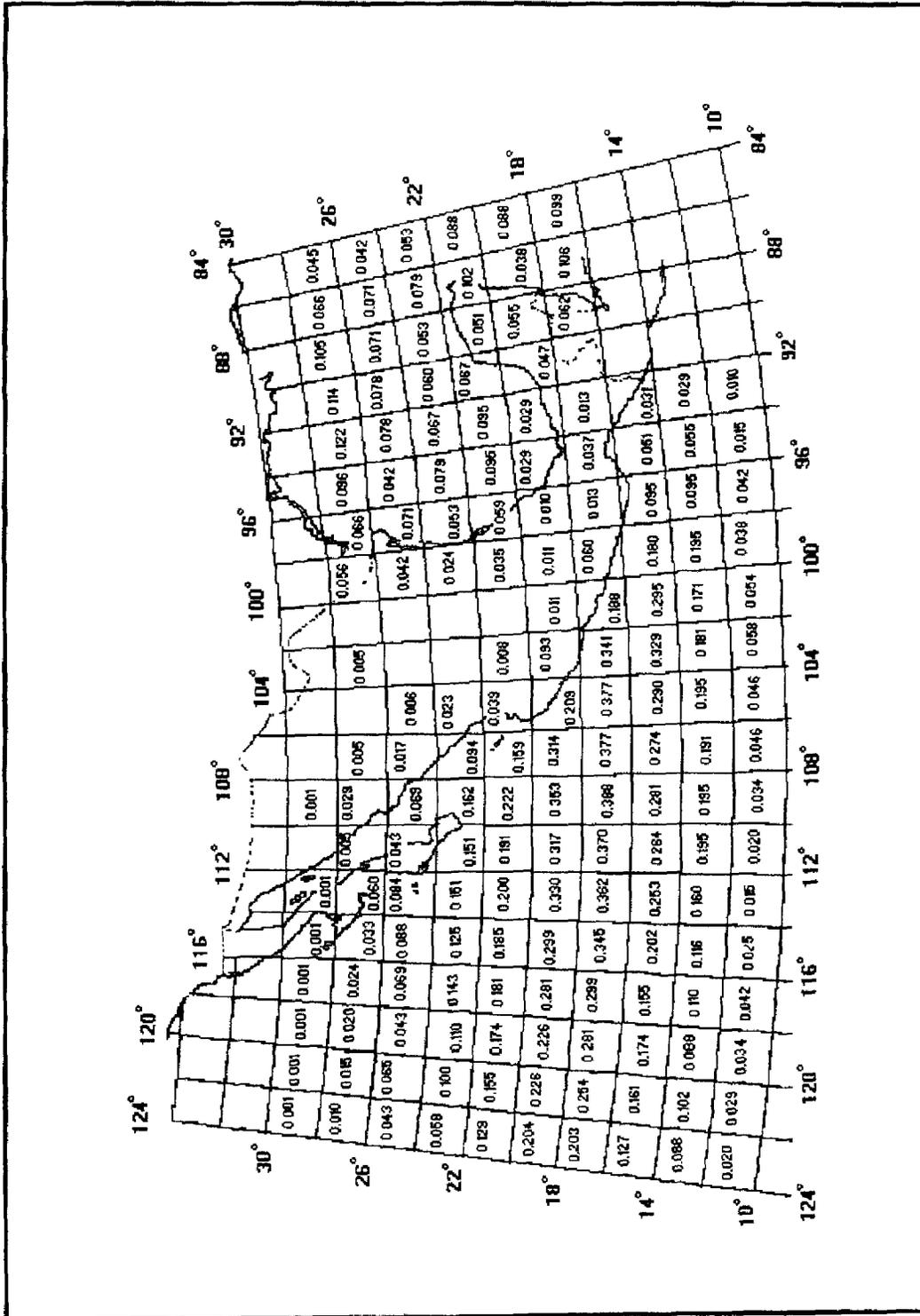


Figura 5.7 Probabilidad anual de presentación de uno o más huracanes (con presión central menor a 985 mb)

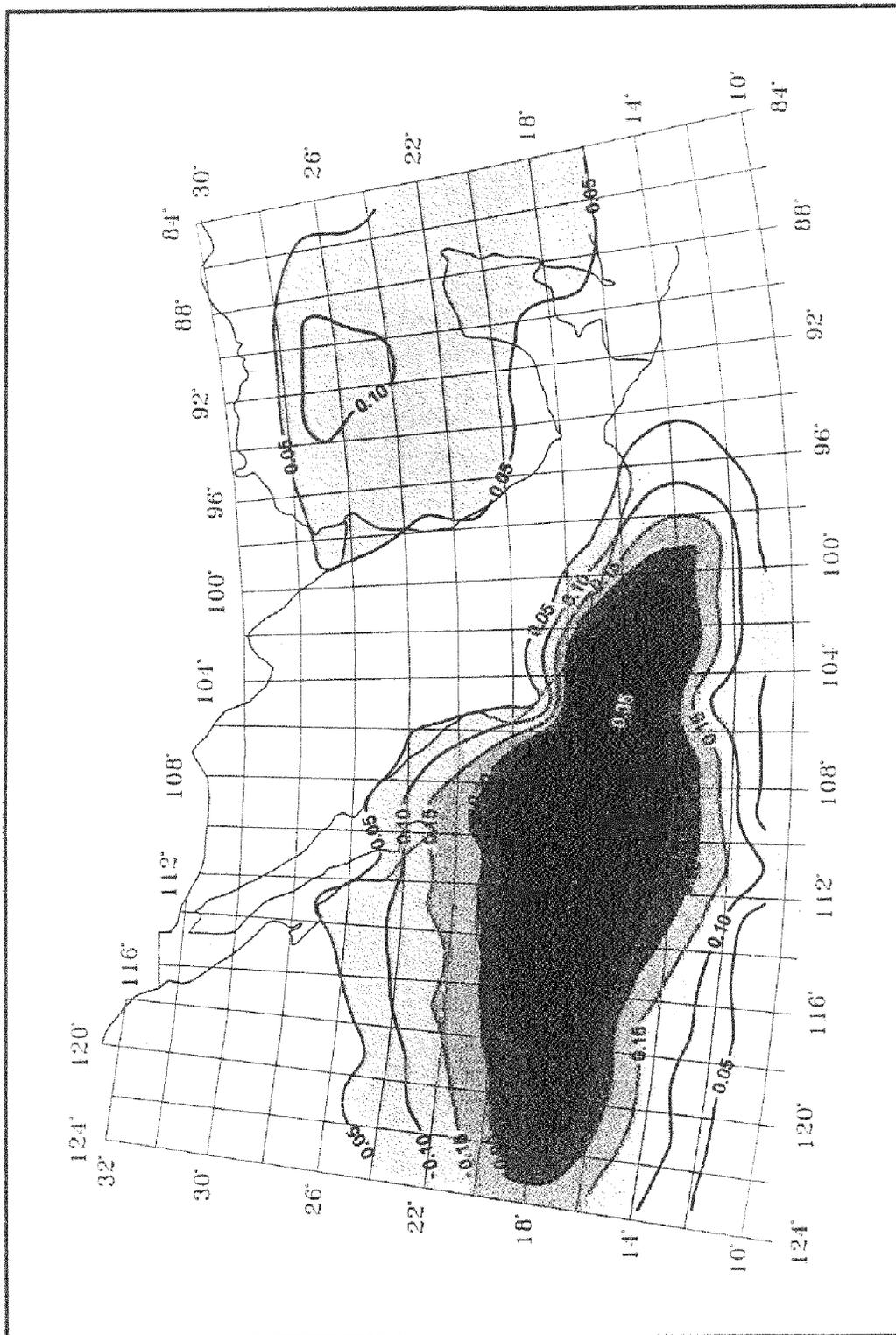


Figura 5.8 Isolíneas de probabilidad anual de presentación de uno o más huracanes
(con presión central menor a 985 mb)

5.5.2 Ejemplo 2

Obtener la presión central de un ciclón que se ubica en la zona de Golfo de México entre las latitudes norte 20° y 22° y entre las longitudes oeste 96° y 98° que tiene un periodo de retorno de 8 años.

Solución:

a) De las figuras 5.3 ó 5.4 se encuentra que la probabilidad de que en un año cualquiera ocurra un ciclón en la zona mencionada es $P(A) = 0.177$ de modo que el periodo de retorno más pequeño es

$$\frac{1}{T_{r \min}} = P(A)$$

$$T_{r \min} = \frac{1}{0.177} = 5.26 \text{ años}$$

Por tanto sí procede llevar a cabo el cálculo para $T_r = 8$ años

- b) De la tabla 3.2 se tiene que α es igual a 16.770
 c) La probabilidad de no excedencia en este caso es igual a

$$P(y < Y) = 1 / 8 = 0.125$$

- d) De la ecuación 4.8 se tiene que

$$0.125 = \left(e^{-\frac{1004 - Y}{16.77}} \right) (0.177)$$

de donde

$$Y = 998.0 \text{ mb}$$

Como esta presión central está dentro del intervalo 985.1 a 1004 mb, el ciclón corresponde a una tormenta tropical.

De acuerdo con Springall (1975) un ciclón con presión central menor a 997 mb = 749.6 mm Hg tiene un radio de máximo viento (km) igual a

$$R = 0.0006574 e^{0.01155Y} = 0.0006574 e^{0.01155(997)} = 65.90 \text{ km} = 35.42 \text{ millas nauticas}$$

y según el Shore Protection Manual (1984) para un ciclón (con poca presión central en mm Hg) con una pequeña velocidad de desplazamiento, la altura de la ola que genera el ciclón en aguas profundas es

$$H_o = 5.03 e^{\frac{R(760-Y)}{4700}} = 5.03 e^{\frac{35.42(760-749.6)}{4700}} = 5.44 \text{ m}$$

Así, -en el sitio- se pueden esperar olas generadas por ciclones de 5.44 m en promedio cada 8 años.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES

- La información de presión central de los ciclones que se han presentado en las costas del Golfo de México se clasificó en grupos de acuerdo con la latitud. Después de probar varias distribuciones de probabilidad se encontró que la exponencial era la que mejor se ajustaba a la distribución observada.
- Se planteó que el número de ciclones que se presenta cada año, con presión central menor a 1004 mb, en determinadas zonas cercanas a la República Mexicana correspondía a una variable aleatoria de Poisson.
- La probabilidad de presentación de un ciclón con cierta intensidad en una zona específica se planteó como la probabilidad de ocurrencia dos eventos independientes.
- Se incluyó una tabla con parámetros de la distribución exponencial para escoger su valor según la latitud del lugar y el océano del sitio en estudio y un mapa que contiene el número promedio anual de ciclones cerca de México. Con ello es posible calcular la probabilidad de presentación de ciclones.
- Se calculó la probabilidad de ocurrencia de tormentas tropicales y huracanes próximos a México y se mostró su aplicación mediante varios ejemplos.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

1. U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service-National Environmental Satellite, Data and Information Service, National Climatic Data Center, 1993. *Tropical ciclones of the North Atlantic Ocean, 1871-1992, Historical Climatology Series 6-2*. Asherville, NC, USA.
2. Instituto Cubano del Libro, 1973. *Trayectoria de huracanes y de perturbaciones ciclónicas del Océano Atlántico, del Mar Caribe y del Golfo de México (1919-1969)*. Ediciones Organismos. La Habana, Cuba.
3. Jiménez, M., 1993. *Manual de operación del programa AX.EXE (ajuste de funciones de distribución de probabilidad)*. Coordinación de Investigación, Riesgos Hidrometeorológicos, CENAPRED, México.
4. Harris, D. Lee, 1958. *The hurricane surge*. Proc. Sixth Conference of Coastal Engineering, Berkeley, Calif.: The Engineering Foundation Council on Wave Research, pp. 96-114, 1958.
5. Springall, G. R., 1975. *Estudio y análisis estadístico del oleaje generado por huracanes en el suroeste del Golfo de México*, Pub. No. 361, Instituto de Ingeniería, UNAM, México.