

**TRABAJO ESPECIAL**

**ESTUDIO ESTADISTICO DE DATOS DE VIENTO  
EN SUPERFICIE, DE 19 ESTACIONES METEOROLOGICAS  
EN LAS COSTAS NOR-ORIENTAL Y NOR-OCCIDENTAL  
DE VENEZUELA**

**PRESENTADO ANTE LA  
ILUSTRE UNIVERSIDAD  
CENTRAL DE VENEZUELA  
POR EL BACHILLER  
ALBERTO GUERRERO M.  
PARA OPTAR AL TITULO  
DE INGENIERO  
HIDROMETEOROLOGISTA**

**CARACAS, MARZO DE 1991**

**TRABAJO ESPECIAL**

**ESTUDIO ESTADISTICO DE DATOS DE VIENTO  
EN SUPERFICIE, DE 19 ESTACIONES METEOROLOGICAS  
EN LAS COSTAS NOR-ORIENTAL Y NOR-OCCIDENTAL  
DE VENEZUELA**

**PRESENTADO ANTE LA  
ILUSTRE UNIVERSIDAD  
CENTRAL DE VENEZUELA  
POR EL BACHILLER  
ALBERTO GUERRERO M.  
PARA OPTAR AL TITULO  
DE INGENIERO  
HIDROMETEOROLOGISTA**

**CARACAS, MARZO DE 1991**

**TRABAJO ESPECIAL**

**ESTUDIO ESTADISTICO DE DATOS DE VIENTO  
EN SUPERFICIE, DE 19 ESTACIONES METEOROLOGICAS  
EN LAS COSTAS NOR-ORIENTAL Y NOR-OCCIDENTAL  
DE VENEZUELA**

**TUTOR: ING. NELSON HERNANDEZ  
TUTOR INDUSTRIAL: LIC. RAFAEL AVILA**

**PRESENTADO ANTE LA  
ILUSTRE UNIVERSIDAD  
CENTRAL DE VENEZUELA  
POR EL BACHILLER  
ALBERTO GUERRERO M.  
PARA OPTAR AL TITULO  
DE INGENIERO  
HIDROMETEOROLOGISTA**

**CARACAS, MARZO DE 1991**

ACTA

El día \_\_\_\_\_ se reunió el Jurado  
formado por los Profesores

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado titulado: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al  
título de: \_\_\_\_\_

Una vez oída la defensa oral que el (los) Bachilleres hicieron de su  
Trabajo Especial, este Jurado decidió las siguientes calificaciones:

N O M B R E	C A L I F I C A C I O N	
	Número	Letras

RECOMENDACIONES (Si las hubiera): \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

FIRMAS DEL JURADO

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Caracas, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 19

## **DEDICATORIA**

**A MARIA Y ALBERTO,  
MIS PADRES, A QUIENES LES DEBO,  
GRACIAS A SU AMOR Y ESFUERZO,  
TODO LO QUE SOY EN LA VIDA.**

**EL VIENTO SOPLA DE DONDE QUIERE,  
Y OYES SU SONIDO; MAS NO SABES  
DE DONDE VIENE, NI A DONDE VA...**  
**JESUS A NICODEMO.**  
**JUAN 3:8**

## AGRADECIMIENTO.

Es motivo de inmensa satisfacción el poder expresar mi reconocimiento a las siguientes personas u organismos, que pusieron todo su empeño en ayudar a la elaboración de este Trabajo Especial de Grado.

- Al prof. Nelson Hernández, mi Tutor Académico, quien supo conducir lo que fue una simple idea, hasta esta publicación.

- Al Lic. Rafael Avila, mi Tutor Industrial en INTEVEP, que ejerció una supervisión constante y efectiva del trabajo realizado.

- A la Gerencia General de Ecología y Ambiente de INTEVEP, en pleno, pero principalmente a los Ingenieros Alfonso Arrocha y Aldo Anselmi, quienes no escatimaron esfuerzos de ningún tipo, para la actividades de apoyo y recursos necesarios en la ejecución de este trabajo.

- A los organismos que facilitaron sus datos de viento en superficie:

Por el MARNR, en Maracaibo (Zona 5), el Sr. Arnaldo Criollo; en Caracas, el Sr. Castrillo, de Atención a Usuarios y el Geógrafo Antonio Artiles, de POA, por ser mi interfase de comunicaciones con Maracaibo.

Por el Servicio de Meteorología de las FAV, en Maracay, el Prof. Antonio Goldbrunner y la Sgto. Taidee Ramírez, del Dpto. de Climatología.

Por la Marina, el Tte Piñero, el Tte Flores y el asistente Bastidas, todos del Dpto. de Climatología de la Dirección de Hidrografía y Navegación, en el Observatorio Cajigal, Caracas.

A la Profesora Lerida Mijares, del Servicio de Orientación de la Facultad de Ingeniería, por su consecuente asesoramiento y guía.

Al Prof. Abraham Salcedo, por su manifiesto apoyo.

Al técnico de INTEVEP, Juan Carlos Yañez, por sus fotografías de las estaciones de Isla Zapara y Los Monjes.

A la Br. Lisbetty Cedeño, quien se encargó de la recopilación de la información de las FAV, en Maracay.

A todos ellos, mi eterna gratitud.

## 0. RESUMEN

Este trabajo presenta los resultados de una investigación sobre el viento en superficie (medido 10 m. de altura), para 19 estaciones meteorológicas escogidas de las costas nor-oriental y nor-occidental de Venezuela, dentro del lapso 1980-1990, teniendo como base la red que maneja INTEVEP, la cual posee una corta longitud de registros.

Bajo la suposición de las pocas fluctuaciones anuales del viento (debido a que se comparan registros de diferentes años) se complementaron las observaciones de INTEVEP con las hechas por otros organismos (MARNR, FAV y MARINA), y se obtuvieron para la velocidad y la dirección del viento un conjunto de estadísticas básicas, información sobre las variaciones horarias y diarias, y direcciones prevalecientes, con sus respectivos gráficos. Así mismo, se aprovechó la ubicación de las estaciones en la cuenca del lago de Maracaibo para ratificar el esquema de circulación ciclónico del Lago. Otro alcance logrado consiste en que por primera vez en Venezuela se aplicó un ajuste estadístico de la distribución Weibull de velocidad del viento (ampliamente usada en todo el mundo), hipótesis que fue descartada por los test de  $\chi^2$  y Kolmogorov-Smirnov, tal como lo pronosticaba la bibliografía.

# I. INDICE GENERAL.

0. RESUMEN.

I. INDICE GENERAL

II. INTRODUCCION.

III. MARCO TEORICO.

.1. EL VIENTO.

.1.a. ECUACIONES DE MOVIMIENTO.

.1.b. CIRCULACION GENERAL DE LA ATMOSFERA.

.1.c. BRISAS MAR-TIERRA.

.2. EL VIENTO EN VENEZUELA.

.2.a. CIRCULACION DE LOS VIENTOS EN VENEZUELA.

.2.b. CIRCULACION DEL LAGO DE MARACAIBO.

.3. DISTRIBUCION WEIBULL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO.

.3.a. NOCIONES.

.3.b. MODIFICACIONES.

.3.c. PROCEDIMIENTOS PARA LA OBTENCION DE LOS

PARAMETROS DE WEIBULL.

.4. ANTECEDENTES.

IV. INFORMACION BASICA.

.1. DESCRIPCION DE LAS ZONAS DE ESTUDIO.

.1.a. COSTA NOR-ORIENTAL.

.1.b. COSTA NOR-OCCIDENTAL.

.2. INVENTARIO DE ESTACIONES.

.2.a. INTEVEP.

.2.b. MARNR.

.2.c. FAV.

.2.d. MARINA.

#### V. METODOLOGIA.

.1. ANALISIS DE LA INFORMACION BASICA.

.1.a. ALCANCE. LIMITACIONES.

.1.b. RECOPIACION, ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE LOS  
DATOS DE VIENTO EN SUPERFICIE.

.2. ANALISIS ESTADISTICO.

.2.a. VELOCIDAD DEL VIENTO.

.2.b. DIRECCION DEL VIENTO.

.2.c. DISTRIBUCION WEIBULL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO.

.3. PRUEBAS DE BONDAD.

.3.a. TEST CHI<sup>2</sup>.

.3.b. KOLMOGOROV-SMIRNOV.

#### VI. ANALISIS DE RESULTADOS.

.1. ZONA NOR-ORIENTAL.

.1.a. SECTOR COSTERO.

.1.b. SECTOR COSTA AFUERA.

.2. ZONA NOR-OCCIDENTAL.

.2.a. SECTOR GOLFO DE VENEZUELA.

.2.b. SECTOR ESTRECHO DE MARACAIBO.

.2.c. SECTOR LAGO DE MARACAIBO.

#### VII. CONCLUSIONES.

#### VIII. RECOMENDACIONES.

#### IX. BIBLIOGRAFIA.

#### X. ANEXOS.

## II. INTRODUCCION.

El hombre se desenvuelve en la capa inferior de la atmosfera, donde suceden cambios notables en su entorno, de modo que el viento es un parámetro meteorológico de vital importancia en las actividades humanas de cualquier tipo, bien sea agrícola, industrial, en navegación area y/o marítima, turismo, etc.

Venezuela tiene una ubicacion privilegiada con respecto a la circulación general de los vientos, que le permite un flujo persistente del NE (Alisios) y por tanto, extensas posibilidades de investigación y aplicación en tecnologías que redunden en beneficios a la colectividad, por ejemplo energía eólica.

La Industria Petrolera, Petroquímica y Carbonífera Nacional, a traves de INTEVEP, lleva a cabo un programa de mediciones meteorológicas, entre ellas el viento, para la obtención de información básica esencial en las labores de diseño, exploración, operación y mantenimiento, ya que se desenvuelve en zonas de importante influencia eólica (costas nor-oriental y nor-occidental de Venezuela).

Muy pocos análisis sobre el viento en superficie se han realizado en el país, lo que ha llevado a una escasez de información, que se procura llenar parcialmente con este trabajo, por medio de la siguiente estructura:

- Calcular valores promedios para la velocidad y la dirección del viento.

- Generación de gráficos de variación diaria y horaria del viento, entre otros.

- Reafirmar la hipótesis acerca de la circulación ciclónica del Lago de Maracaibo

- Aplicar por primera vez la distribución estadística de Weibull, para observaciones de velocidad del viento.

Con estos logros se podrá conocer bajo condiciones promedio, el rgimen de vientos que predomina en la zona costera de Venezuela y se dará plataforma a nuevos estudios sobre esta materia; aspectos que se cumplen satisfactoriamente en este estudio.

### III. MARCO TEORICO.

#### III.1. EL VIENTO.

---

La sucesión de los cambios del tiempo sobre la superficie del planeta es el resultado del movimiento del aire, que a su vez depende de la acción de varias fuerzas sobre las partículas de este. El principal origen de estas fuerza es la energía recibida del Sol (radiación solar), la cual calienta y pone en movimiento a la atmósfera (lo que se conoce como la Circulación General, que es consecuencia del calentamiento desigual entre la superficie de la Tierra, los oceanos y la atmósfera, debido a las diferencias de la inclinación estacional de los rayos solares y la latitud [1]). Para dar una idea de la magnitud de este hecho, si el Sol dejara de emitir su energía, la atmósfera detendría su movimiento en una semana aproximadamente, según [2].

De esta manera, definiremos el viento como el desplazamiento del aire, relativo a la superficie de la Tierra, en una dirección horizontal, siendo su causa inmediata el desequilibrio de la presión atmosférica en diferentes partes del globo, como consecuencia de las diferencias térmicas ya descritas, fluyendo el aire hasta que la presión es balanceada horizontalmente.

El viento esta determinado por su dirección, en grados sexagesimales, indicándose el azimut (sentido horario) de donde viene el viento (es la dirección que señala la veleta, instrumento utilizado para medirla), o sea, el punto más próximo de la Rosa de Vientos, que consta de 8 rumbos principales, entre los cuales se efectuan divisiones intermedias (vease fig. 1); y la velocidad, que se mide con anemómetros (trío de copas giratorias, dispuestas cada 120 grados, que giran proporcionalmente a la velocidad del viento medido), expresada en m/s, nudos o Km/h.

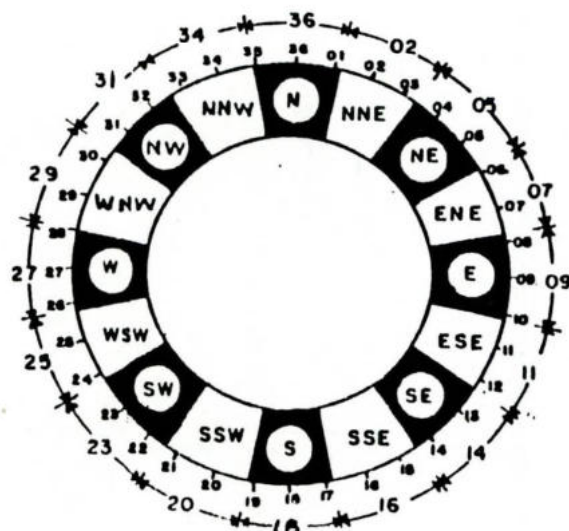


Fig. 1. Rosa de vientos.

El movimiento del aire interactúa con una diversidad de fuerzas, generando reacciones, que a través de las ecuaciones de movimiento -que a continuación se detallan- explican cómo y porque el aire no sigue una trayectoria rectilínea.

### III.1.a. ECUACIONES DE MOVIMIENTO.

---

#### \* Movimiento sobre una Tierra en reposo.

Dado un sistema de coordenadas, la 2da. Ley de Newton indica que:

$$F = m \cdot a \quad (1)$$

donde  $F$  es la fuerza ejercida sobre un cuerpo de masa  $m$  y  $a$  es la aceleración resultante.

Si se aplica (1) a movimientos atmosféricos referidos a coordenadas cartesianas en una Tierra no rotatoria, se escribirá:

$$\begin{aligned} F_x &= m \cdot a_x = m \cdot du/dt \\ F_y &= m \cdot a_y = m \cdot dv/dt \\ F_z &= m \cdot a_z = m \cdot dw/dt \end{aligned} \quad (2)$$

Donde  $F_x$ ,  $F_y$ , y  $F_z$  son las fuerzas que actúan a lo largo de los ejes  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , respectivamente, produciendo aceleraciones  $a_x$ ,  $a_y$ ,  $a_z$ , y velocidades dirigidas a lo largo de los ejes ya señalados.

Considerando la unidad de masa, entonces (2) será:

$$F_x = du/dt, F_y = dv/dt \text{ y } F_z = dw/dt. \quad (3)$$

Los términos  $F_x$ ,  $F_y$  y  $F_z$  incluyen todas las fuerzas externas que actúan sobre una partícula de aire; entre estas, la viscosidad y el rozamiento o fricción sobre la superficie del suelo son muy difíciles de determinar cuantitativamente y se desprecian como primera aproximación -para esto se realiza un "análisis dimensional" de las ecuaciones de movimiento, ajustado a una escala a nivel planetario y/o sinóptico- tomando

en cuenta la fuerza del gradiente de presión, que es en general la de mayor magnitud de las restantes fuerzas y es la que controla efectivamente el movimiento (exceptuando la de gravedad, que es de igual orden).

Esta fuerza del gradiente de presión es causada por la diferencia de presión atmosférica entre dos puntos. Para esta fuerza se deriva una expresión de la siguiente manera:

Se toma un cubo de dimensiones infinitesimales, cuyos lados sean paralelos a los ejes  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , con longitudes  $dx$ ,  $dy$ ,  $dz$ , con una presión  $P$  actuando sobre la cara ABCD y una presión  $P + P/x \cdot dx$ , actuando sobre la cara opuesta EFGH (ver fig.2). Las correspondientes fuerzas sobre estas caras son  $P \cdot dy \cdot dz$  y  $(P + P/x \cdot dx) \cdot dy \cdot dz$ , respectivamente.

La fuerza resultante  $F_x$ , que actúa sobre el cubo en la dirección  $x$  es la diferencia entre las 2 fuerzas, así,

$$F_x = P \cdot dy \cdot dz - (P + P/x \cdot dx) \cdot dy \cdot dz, \text{ luego}$$

$$F_x = - P/x \cdot dV \quad y$$

$$F_x = -1/\rho \cdot \frac{dp}{dx} \text{ por unidad de masa.} \quad (4)$$

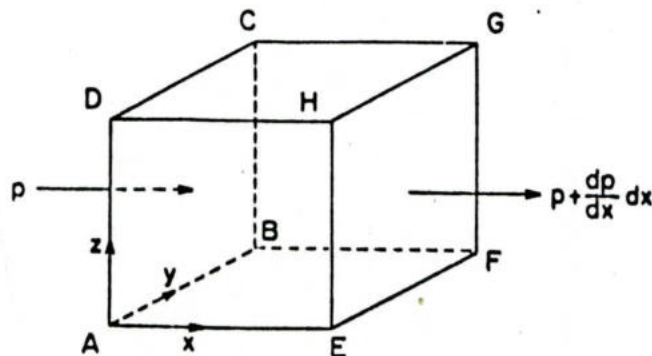


Fig. 2. Fuerza del gradiente de presión.

Esta es la fuerza del gradiente de presión que actúa en la dirección  $x$  ( $\rho$  es la densidad). Si la presión disminuye a lo largo del eje  $x$ , la fuerza está dirigida a lo largo del eje  $x$ , en sentido positivo. Si la presión aumenta a lo largo del mismo eje, la fuerza está dirigida en sentido opuesto. Las fuerzas que actúan en todas las direcciones, por unidad de masa son:

$$\begin{aligned} F_x &= -1/\rho \cdot P/x \\ F_y &= -1/\rho \cdot P/y \\ F_z &= -1/\rho \cdot P/z \end{aligned} \quad (5)$$

La componente vertical  $F_z$  esta normalmente equilibrada por la aceleración de la gravedad,  $g$ . Así,  $F_z = -1/\rho \cdot P/z = g$ , que es la Ecuación Hidrostática. Como el movimiento vertical es a gran escala, despreciable en magnitud comparado con el horizontal, este desarrollo de la ecuación de movimiento se restringe al movimiento horizontal, combinando (3) y (5):

$$du/dt = -1/\rho \cdot P/x \quad y \quad dv/dt = -1/\rho \cdot P/y. \quad (6)$$

Esta es la ecuación de flujo horizontal sin rozamiento, en un sistema de coordenadas fijo. El movimiento resultante sería una velocidad continuamente acelerada y dirigida a lo largo del gradiente de presión (de la alta a la baja presión).

#### \* Movimiento en una Tierra giratoria

La tierra no está fija en el espacio y gira alrededor de su eje con una velocidad angular  $\omega$  ( $7.29 \cdot 10^{-5}$  rad.seg<sup>-1</sup>), con movimientos en la atmósfera que no pueden ser descritos por la ecuación (6), ya que están condicionados a coordenadas fijas en el espacio. De aquí en adelante se ajusta la ecuación (6) para

que describa el movimiento de la Tierra que rota bajo el aire que la rodea.

Para este fin se incluye un termino que describe la fuerza aparente que resulta de la rotación del planeta. En el Hemisferio Norte esta fuerza actúa formando un ángulo recto con y hacia la derecha de la dirección del movimiento del aire (en el Hemisferio Sur esta fuerza defleca hacia la izquierda) y es proporcional a la velocidad, alterando su dirección pero no la magnitud. O sea que el aire se mueve en línea recta con relación al espacio absoluto, pero describe una línea curva con respecto a la Tierra. Esta fuerza se denomina Fuerza de Coriolis (es un producto vectorial) y su magnitud se calcula como:

$$a = 2 \cdot \omega \cdot V \quad (7)$$

que es la aceleración o Fuerza de Coriolis por unidad de masa, procediendo sobre una superficie plana, que gira alrededor de un eje central normal a la superficie (vease fig. 3, donde B' es el sitio apuntado y B es el lugar de llegada).

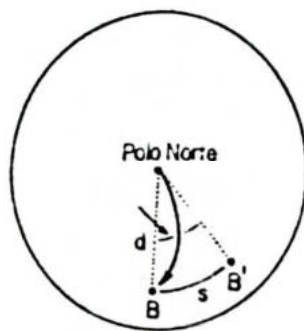


Fig. 3. Desviación de la trayectoria por la F. de Coriolis

Como la Tierra es una esfera giratoria, se toma en cuenta la latitud ( $\theta$ ) y se obtiene la expresión general de la Fuerza de Coriolis por unidad del masa en cualquier punto de la superficie de la Tierra (la componente principal), por tanto:

$$a = 2.\Omega.V.\text{Sen}\theta$$

Donde  $2.\Omega.\text{Sen}\theta$  se denomina Parámetro de Coriolis y se designa  $f$ . Particularmente, esta fuerza trabaja exactamente del mismo modo para desviar el aire que se mueve sobre la superficie de la tierra, cualquiera que sea la dirección en que fluya el viento.

Las ecuaciones de (6) del Movimiento, se pueden escribir ahora incluyendo esta nueva fuerza, en una Tierra que gira, de la manera según la figura 4.

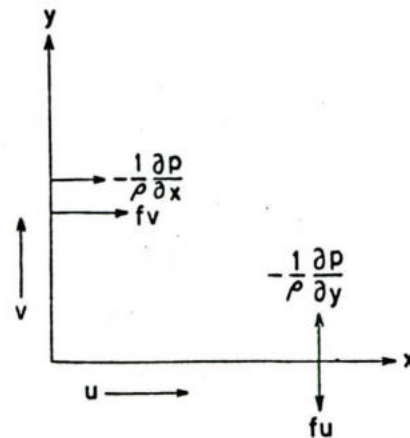


Fig. 4. Ecuaciones del movimiento para flujo horizontal sin rozamiento.

de modo que,

$$du/dt = -1/\rho \cdot P/x + fv \quad y \quad dv/dt = -1/\rho \cdot P/y - fu. \quad (8)$$

generalmente estas se escriben como:

$$du/dt - fv = -1/\rho \cdot P/x \quad y \quad dv/dt + fu = -1/\rho \cdot P/y. \quad (9)$$

**\* Viento Geostrófico.**

La ecuación anterior muestra que si una partícula de aire en reposo está sujeta a la fuerza de un gradiente de presión, comenzará a moverse, directamente de la alta a la baja presión, y tan pronto como empiece a moverse será desviada a la derecha, siendo mayor la desviación, cuanto mayor sea la velocidad. Finalmente habrá rotado  $90^\circ$ , terminando por moverse paralelamente a las isobaras; en ese instante, el gradiente de presión y la fuerza de coriolis estarán en direcciones opuestas; el viento resultante será el viento geostrófico (un esquema del equilibrio de las fuerzas se halla en la fig. 5).

En esta situación, los terminos de la aceleración de la ec. (9) son iguales a cero y haciendo  $du/dt$  y  $dv/dt = 0$ ,

$$U_g = -1/f \cdot P/y \quad y \quad V_g = -1/f \cdot P/x \quad (10)$$

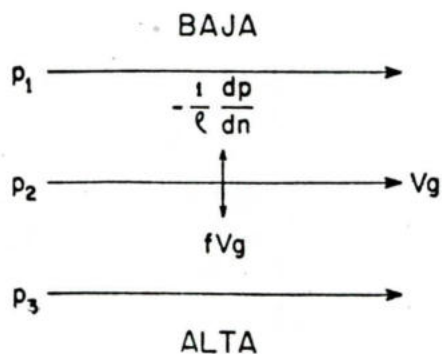


Fig. 5. Equilibrio de fuerzas en flujo geostrófico.

Donde  $U_g$  y  $V_g$  son las componentes del viento geostrófico a lo largo de los ejes  $x$  e  $y$ , respectivamente. Al escoger el flujo del viento a través del eje  $x$ , a lo largo de las isobaras y expresando el gradiente de presión como una diferencia finita,

$$V_g = 1/ f. \delta P / \delta n \quad (11)$$

Siendo  $V_g$  la magnitud de la velocidad del viento geostrofico y  $\delta n$  la distancia perpendicular a las isobaras.

Esta relación solamente se aplica cuando las isobaras son líneas rectas, aunque puede usarse para deducir el flujo del viento (velocidad y dirección), con correcciones para el flujo sobre tierra y/o mar, a partir de la distribución de la presión.

Como puede verse en la ec. anterior, la velocidad del viento geostrofico aumenta al disminuir la latitud (al acercarnos al Ecuador, para un mismo gradiente de presión y un mismo valor de densidad del aire (disminución de  $f$ ). A medida que  $f$  disminuye hacia los trópicos, la velocidad media del viento en superficie, tiende a cortar las isobaras con un ángulo cada vez mayor. De este modo, en los 25 grados de latitud, el vector del viento forma con las isobaras un ángulo de aproximadamente  $10^\circ$  hacia la baja presión, a los 15 grados, el ángulo es de aproximadamente  $24^\circ$ , mientras que a los 5 grados de latitud alcanza  $43^\circ$ . Estos valores, los determina hasta cierto punto el rozamiento en la superficie de la tierra, como se verá más adelante.

#### **\* Viento Gradiente.**

Como el flujo del viento no es en línea recta, una 3ra. fuerza debe ser considerada: la Fuerza Centrífuga (no confundir con la relacionada con la rotación de la Tierra), ya que el viento se desplaza en una trayectoria curva.

Cuando las 3 fuerzas que actúan sobre una partícula, que se mueve en una trayectoria curva, se equilibran una con otra, el flujo se denomina viento gradiente, cuya ecuación puede desarrollarse tal como la fig. 5. Existen 2 casos a considerarse, el anticiclónico (fig. 6) y el ciclónico (fig. 7). En cada caso se trazan isobaras circulares, donde  $r$  es la distancia medida a lo largo del radio. En la fig. 6 la fuerza del gradiente de presión y la fuerza centrífuga  $V^2/r$  actúan hacia afuera, de la alta a la baja presión.

El viento debe soplar en el sentido de las agujas del reloj, pues girará a la derecha al comenzar a moverse de la alta a la baja presión. La fuerza del gradiente de presión y la centrífuga serán equilibradas por la acción desviadora de la Tierra (F. de Coriolis), que obra hacia adentro, de la baja presión a la alta. De esta manera se puede escribir para el caso anticiclónico:

$$V^2/r - 1/ \cdot P/ r = fv \quad (12)$$

donde el signo negativo en  $(-1/ \cdot P/ r)$  indica que la presión disminuye hacia afuera del punto de referencia.

Para el caso ciclónico (fig. 7) ocurre todo lo contrario, con el viento opuesto al sentido horario, girando hacia la derecha al comenzar a moverse de la alta a la baja presión. Esta vez la fuerza del gradiente de presión actúa hacia adentro, de la alta a la baja presión, mientras que la fuerza centrífuga actúa siempre hacia afuera, quedando la fuerza de Coriolis obrando hacia afuera. Así, la ecuación será:

$$f \cdot V + V^2/r = -1/ \cdot P/ r \quad (13)$$

Combinando (12) y (13), el caso general es:

$$+ V^2/r + f.V + 1/ \rho \cdot P/ f = 0 \quad (14)$$

donde el signo superior que precede el primer termino se refiere al caso anticiclónico y el inferior al caso ciclónico.

La ecuación (14) es una ecuación cuadrática que se puede resolver por la forma de :

$$V_{gr} = f.r/2 \pm (f^2.r^2/4 - r)^{1/2}. P/ \rho \quad (15)$$

para el caso anticiclónico y

$$V_{gr} = -f.r/2 \pm (f^2.r^2/4 + r)^{1/2}. P/ \rho \quad (16)$$

para el caso ciclónico.

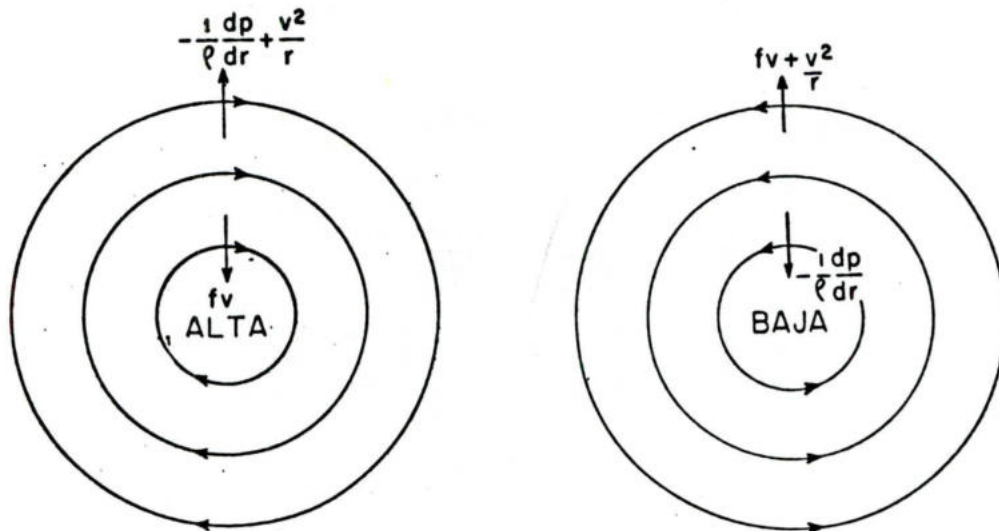


Fig. 6 y 7. Equilibrio de fuerzas en flujo de viento gradiente, casos anticiclónico (der.) y ciclónico (izq.)

**\* Rozamiento o Fricción.**

Al derivar las ecuaciones del viento geostrófico y el gradiente, se ignora a la fricción, cuya influencia alcanza hasta aproximadamente 1 Km de altura, actuando opuesta al viento y proporcional a el. Estas desviaciones que son grandes

en la superficie y decrecen con la altura, son dependientes de la naturaleza de la superficie. Sobre el mar, el viento en superficie tiene una velocidad aproximada de  $2/3$  de la velocidad del viento gradiente y su dirección forma un ángulo entre  $15^\circ$  a  $25^\circ$  con las isobaras. Sobre la tierra, el viento en superficie logra hasta la mitad del viento gradiente y está inclinado de  $30^\circ$  a  $40^\circ$  de las isobaras.

Como parte de la explicación del viento en superficie, se describe de una manera condensada, los mecanismos de redistribución que tienden a equilibrar las diferencias termicas y de presión sobre la tierra a escala global: la Circulación General Atmosferica.

### III.1.b. CIRCULACION GENERAL DE LA ATMOSFERA.

Para entender a la circulación general de una forma global, hay que considerar lo que sucede en la atmósfera libre, ya que la circulación atmosférica es esencialmente tridimensional, al ser el aire un fluido en continuo movimiento.

Si la Tierra fuese homogénea y permaneciese inmóvil, el calentamiento más acusado del Ecuador originaría la ascendencia del aire, que sería reemplazado por aire frío procedente de los polos. El circuito se cerraría con una corriente en los altos niveles que iría del Ecuador a los Polos. Se tendría así dos células convectivas (Hadley), una para cada Hemisferio (vease fig. 8, tomada de [3]).

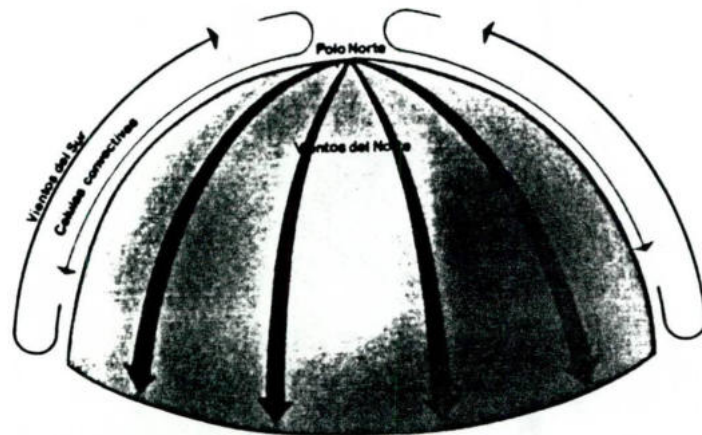


Fig. 8. Circulación convectiva Hadley.

Como la Tierra no es homogénea, ni está inmóvil -aunque de momento se supondrá homogénea-, el giro del planeta da lugar a una desviación hacia la derecha de todas las trayectorias del

viento (la ya descrita Fuerza de Coriolis), lo que impide que el aire procedente del polo alcance el Ecuador.

La desviación que se experimenta hace que el viento originalmente en dirección N-S acabe describiendo una trayectoria E-W. Esto produce una acumulación de aire en superficie y, por tanto, una ascendencia hacia los 60 grados de latitud. Se forman de este modo, las depresiones unidas al frente polar, que separa el aire polar (que no puede avanzar más hacia el Ecuador), del aire cálido.

Si se considera ahora una masa de aire ecuatorial, también se desvía hacia la derecha, en su ascenso y posterior viaje hacia los polos se acumula en torno a los 30 grados de latitud, y da lugar a una corriente del oeste en altura y a una zona de descendencia de aire y, por consiguiente, de altas presiones en superficie: se trata del cinturón anticiclónico subtropical que, a su vez, para mantener su equilibrio dinámico, emite vientos en superficie hacia el ecuador, que se desvían de la dirección N-S y siguen una trayectoria NE-SW en Hemisferio Norte y SW-NW en Hemisferio Sur. Los vientos de ambos hemisferios, los Alisios, convergen en la zona ecuatorial y dan lugar a una región de permanentes bajas presiones: La Zona de Convergencia Intertropical, en la que ocurren fuertes ascensiones de aire sin vientos superficiales.

Por otro lado, los anticiclones subtropicales generan también vientos en superficie hacia los polos que se desvían hacia el oeste, contribuyendo a crear la zona de bajas presiones de latitudes medias, unida al frente polar.

De esta forma en superficie, y sobre una Tierra hipotéticamente homogénea, pero que gira sobre sí misma, se forman varios anillos de presión: uno de bajas presiones ecuatoriales, 2 de altas presiones subtropicales, 2 de bajas presiones ligadas a los frentes polares y 2 de altas presiones polares (vease fig. 9) [3].

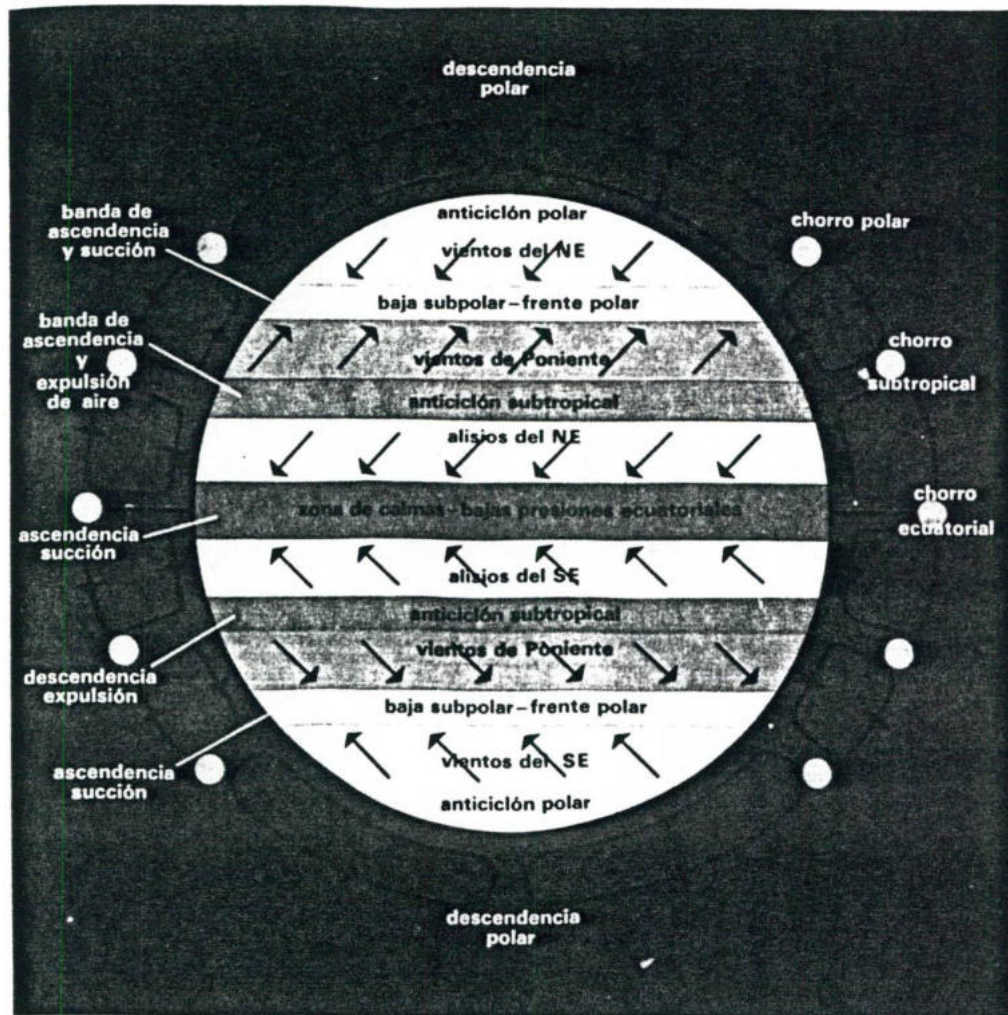


Fig 9. Esquema de circulación general (Tierra homogénea).

En muchas ocasiones se producen vientos locales que se superponen a los vientos de origen dinámico. Tales vientos locales suelen tener un origen térmico y son llamados Brisas Mar-Tierra.

### III.1.c. BRISAS MAR-TIERRA.

---

Estos vientos son posibles gracias a la existencia de la diferencia del calentamiento entre la tierra y el mar, el cual posee mayor capacidad calorífica (mayor inercia en calentarse y enfriarse). La explicación de la brisa de mar se debe a que en el día, el calentamiento de la tierra incrementa la temperatura del suelo, y causa la expansión de las columnas de aire que asciende (por su menor peso), reduciendo la presión barométrica y haciendo descender el aire frío sobre el mar, hasta que le ofrece la fricción suficiente para compensar el gradiente de presión, generando un desplazamiento a nivel de superficie, del mar a la tierra, generalmente en las cercanías del mediodía.

La brisa de tierra empieza durante la noche, cuando la tierra al enfriarse más rápido que el mar, causa el enfriamiento del aire superior y por efecto, el incremento de la presión. A través de este gradiente de presión, el viento fluye de la tierra al mar, creándose una circulación vertical que traslada aire frío en superficie al mar y viento cálido en las alturas sobre la tierra [4], [5]. Para ambos casos, vease la figura 10.

Según *Munn* [6], adicionalmente hay que tomar en cuenta las propiedades de la zona en estudio, tales como:

- La diferencia de temperatura entre la tierra y el mar.
- La fuerza y dirección del viento geostrofico.
- La rugosidad del terreno y grado de agitación del agua (incluyendo acantilados, costas inclinadas, etc).

- Curvatura de las costas.
- Condiciones de humedad y vegetación sobre la tierra (bosques, desiertos, etc.).

Las características de las brisas de Valle-Montaña son similares a las brisas Mar-Tierra, donde el valle actúa como el mar y la cima corresponde a la tierra, siendo sus principales atributos, la aparición de variaciones en la dirección (giros) y la velocidad del viento.

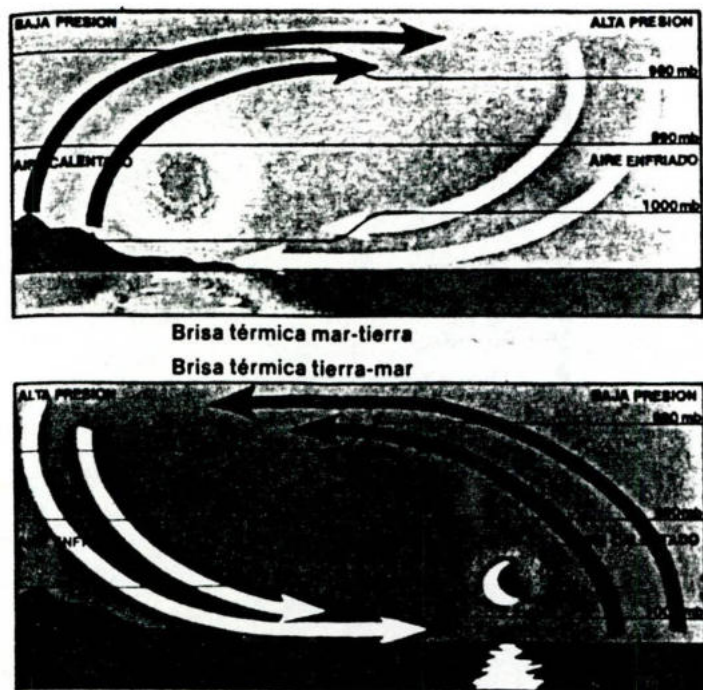


Fig. 10. Brisa Mar-Tierra (sup.) y Tierra-Mar (inf.) [3].

### III.2. EL VIENTO EN VENEZUELA.

#### III.2.a. CIRCULACION DE LOS VIENTOS EN VENEZUELA.

El territorio venezolano está ubicado en la región tropical del Hemisferio Norte, con sus costas en el Mar Caribe y parte en el Océano Atlántico, zonas por donde fluyen corrientes oceánicas del sistema ecuatorial y en donde además se deja sentir la influencia de los sistemas de tiempo tropicales, bajo la acción sostenida de los vientos Alisios [7]. Todas estas circunstancias ubican estratégicamente a Venezuela para un mejor estudio de la circulación atmosférica y oceánica global y de las interacciones de pequeña a gran escala entre el océano y la atmósfera (por ejemplo, la acción del viento sobre las corrientes marinas) de la manera como señala la fig 11.

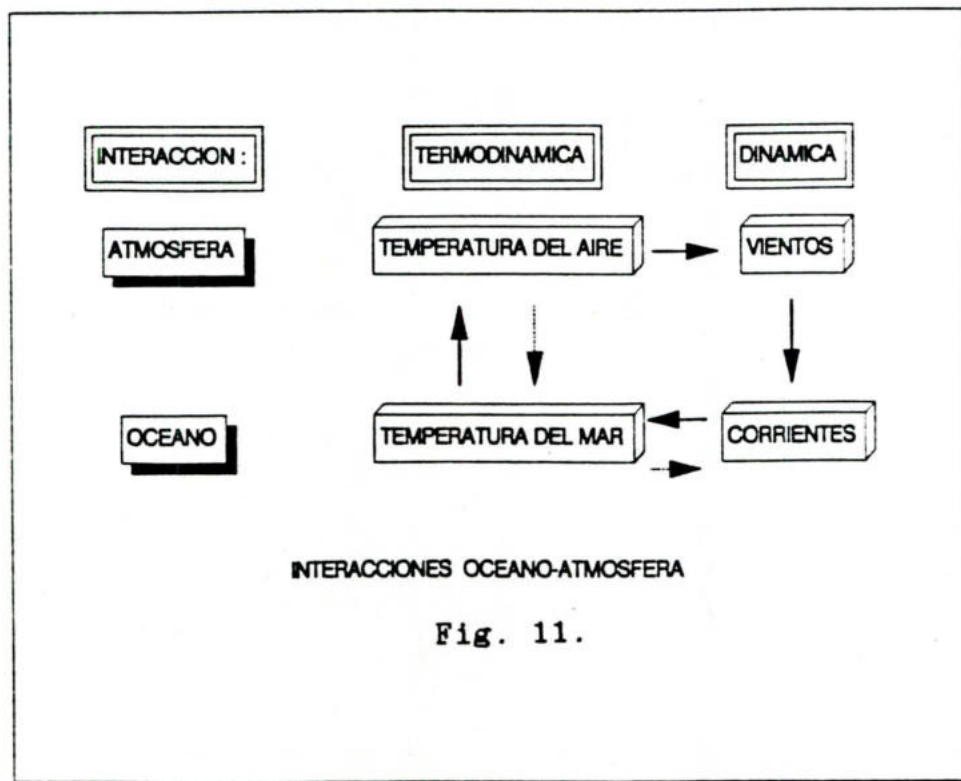


Fig. 11.

*Zambrano* indica en [8] que en la circulación general de los vientos en Venezuela son los Alisios del Noreste, los que fluyen sobre las regiones norte de nuestro territorio. Por su carácter planetario soplan regularmente todo el año y son estables, especialmente en los océanos, no así en las regiones continentales donde la dirección es más irregular.

El viento en la región norte costera de Venezuela presenta características que dependen del comportamiento de la Alta Presión de las Azores, ubicada a  $30^{\circ}$  N en la superficie y a  $15^{\circ}$  N en la tropósfera superior, sobre el Mar Caribe Oriental, la cual durante el solsticio de verano (Junio, Julio, Agosto) hace que el viento Alisio transporte gran cantidad de humedad.

Durante el solsticio de invierno (Diciembre, Enero, Febrero), la circulación anticiclónica de las Azores se intensifica, y el viento fluye con mayor fuerza en el sector norte del país (vease fig. 12, donde se presenta el patrón común de la circulación de los vientos en Venezuela [8]).

Estos cambios se ven mejor representados a través del estudio del viento en los meses de Enero y Julio (la primavera y el otoño se consideran épocas de transición), y son consecuencia de los esquemas de circulación general ya descritos en III.1.b. En las figuras 13 y 14 (tomadas de [9] y [10] respectivamente) se presenta la distribución de presiones al nivel del mar en Enero y Julio de 1987, según datos analizados del Satélite GOES, donde se aprecia el desplazamiento del centro de alta presión de las Azores hacia el sur (observese la flecha) y el incremento del nivel de las

**Fig. 12 - CIRCULACION GENERAL DE LOS VIENTOS EN VENEZUELA**

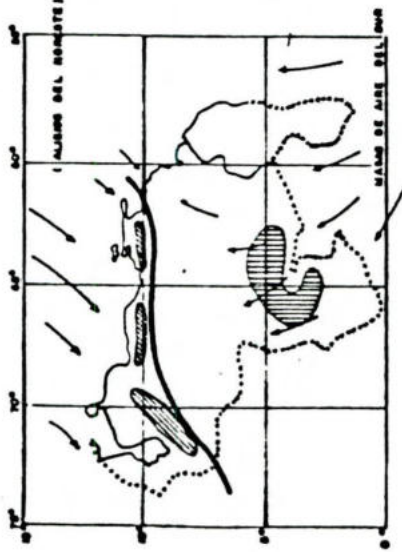
DIRECCION DEL VIENTO ESTACIONAL PLANETARIO  
(ALIBIOS DEL NOR-ESTE Y FRENTE INTERTROPICAL DEL SUR)

**SOLSTICIO DE VERANO - HEMISFERIO NORTE**  
(BAJA PRESION)

{ JUNIO  
JULIO  
AGOSTO

**EQUINOCCIO DE PRIMAVERA - HEMISFERIO NORTE**  
(BAJA RELATIVA DE PRESION)

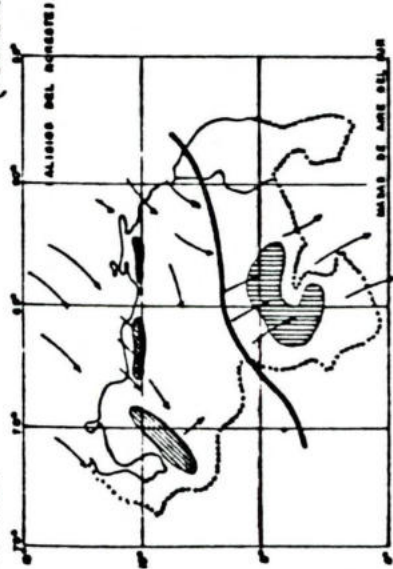
{ MARZO  
ABRIL  
MAYO



(ALTA PRESION)  
(HEMISFERIO SUR)

**SOLSTICIO DE INVIERNO - HEMISFERIO NORTE**  
(ALTA PRESION)

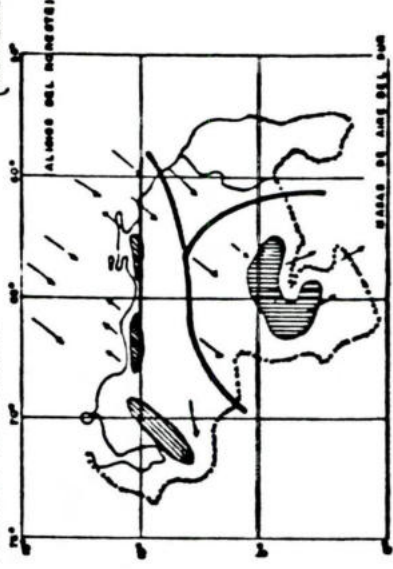
{ DICIEMBRE  
ENERO  
FEBRERO



(BAJA PRESION)  
(HEMISFERIO SUR)

**EQUINOCCIO DE OTONO - HEMISFERIO NORTE**  
(ALTA RELATIVA DE PRESION)

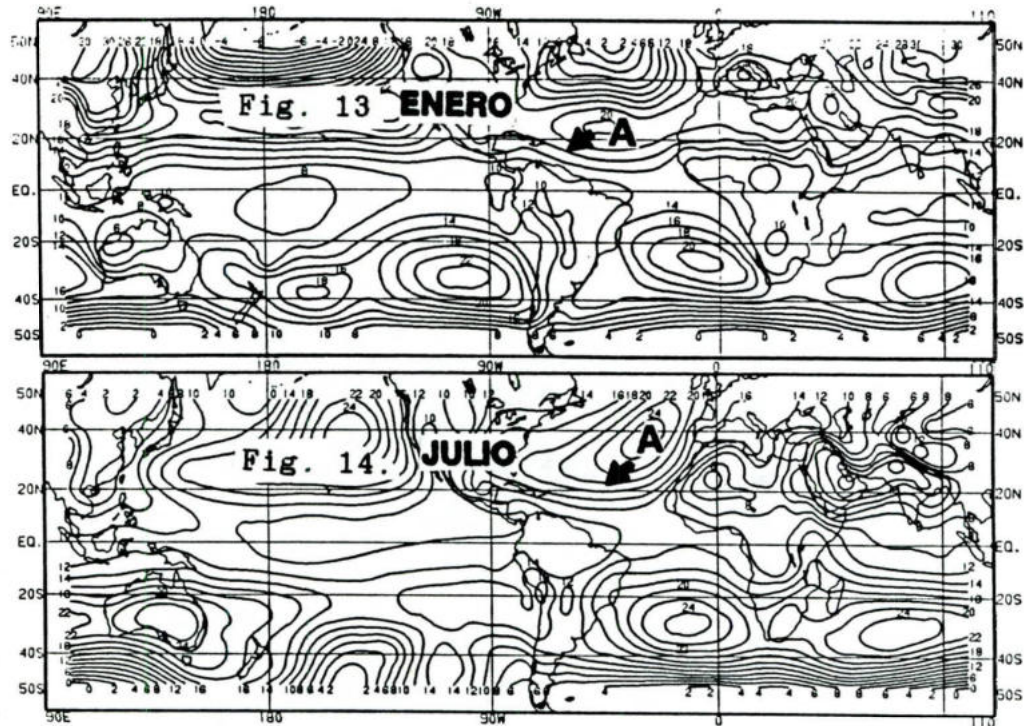
{ SEPTIEMBRE  
OCTUBRE  
NOVIEMBRE



(BAJA RELATIVA DE PRESION)  
(HEMISFERIO SUR)

LIMITE DEL FRENTE  
MASAS MONTANOSAS

superficies isobáricas en el mes de Enero (la situación mostrada para 1987 es similar a la distribución promedio de la presión atmosférica en el mundo).



Figs.13 y 14. Distribución mundial de presiones a nivel del mar. Enero y Julio de 1987, respectivamente.

### III.2.b. CIRCULACION DEL LAGO DE MARACAIBO.

La cuenca del Lago de Maracaibo se encuentra delimitada al sur y sureste por la Cordillera de los Andes, al oeste y noreste por la Sierra de Perijá y al este por la Serranía de Coro. Esta disposición del relieve montañoso crea una barrera

natural que obstaculiza el desplazamiento de las masas de aire, las cuales son obligadas a circular en sentido ciclónico (antihorario). Este giro se encuentra reforzado por la existencia, al sur del lago, de una zona de convergencias, causada por el calentamiento y la evaporación del agua del lago y de las abundantes cienagas (vease fig. 15, tomada de [11]).

Al existir convección de masas de aire hacia capas superiores, se produce una perdida de masa que será compensada mediante flujos de aire provenientes de la zona del estrecho de Maracaibo y el Golfo de Venezuela, además de las brisas de montaña de la Cordillera de los Andes. Este proceso ocasiona que los vientos Alisios del sector de Maracaibo tengan una componente Norte mucho más acentuada que aquellas que se observan en otras localidades de la costa venezolana, donde estos vientos provienen generalmente del este [11].



Fig. 15. Esquema de la circulación Lago de Maracaibo y convergencia local.

### III.3. DISTRIBUCION WEIBULL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO.

---

#### III.3.a. NOCIONES.

---

En los recientes años se han realizado muchas pruebas de las distribuciones de velocidad del viento en superficie, bien sea para aplicaciones prácticas en modelos de contaminación atmosférica, estimación de cargas de viento sobre estructuras, estudios de energía eólica para WECS (Wind Energy Conversion Systems), predicción de valores extremos, etc., así que dada la importancia de la distribución de frecuencias para el viento, la distribución Weibull (Weibull, 1951) es la que ha recibido mayor atención, investigación y experimentación, siendo ampliamente probada por [12], [13], [14], [15], [16], [17] y [18].

Esta distribución da una buena aproximación a la descripción de la distribución de frecuencias de la velocidad del viento sobre la superficie de la tierra, en datos normalmente distribuidos, tomando en cuenta los efectos de la topografía local y de los patrones de viento que acompañan a las tormentas, que generalmente influyen en las estructuras irregulares y asimétricas de las distribuciones de la velocidad y de la dirección del viento. Esta cualidad que se basa en:

- La flexibilidad que poseen sus parámetros (sólo se necesitan 2) para describir las frecuencias de ocurrencia de altas velocidades de viento .

- No se pueden generar velocidades de viento negativas (su límite inferior es cero y su máximo se establecerá en la velocidad del sonido) [18].

La distribución Weibull utilizada es un caso especial de la distribución Gamma generalizada de 3 parámetros, en la cual no se toma en cuenta las calmas (vientos menores a 0.5 m/s), tal que:

$$Pr(v).dv = |\sigma|/\Gamma(K/\sigma).(C^{-K}).(v^{-K}). \exp[-(v/C)^{\sigma}].dv \quad (17)$$

comprendiendo que  $\int_{-\infty}^{\infty}$

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} t^{(x-1)}. \exp(-t). dt \quad (18)$$

Con  $K > 0$ ,  $C > 0$  y  $v > 0$  siendo  $\sigma = K$ , reduciéndose a la expresión de la función de densidad de probabilidad (curva de frecuencia de velocidades) de Weibull (pdf), como sigue:

$$P(v).dv = K.(C^{-K}).(V^{-(K-1)}). \exp[-(v/C)^K].dv \quad (19)$$

donde:

$v$  = Velocidad del viento (m/s).

$C$  = Parámetro o Factor de Escala (Scale) en (m/s).

$K$  = Parámetro o Factor de Forma (Shape) (adimensional).

Con  $v \geq 0$  m/s;  $C > 0$  y es proporcional a la velocidad media, si  $0 < K < 1$ , la función decrece monótonamente, si  $K = 1$  la función es exponencial y con  $K > 1$  el máximo está hacia el origen, si  $K = 2$  es una distribución Rayleigh y con  $K = 3.6$  se aproxima a una distribución gaussiana.  $K > 0$  y se incrementa con el aumento de la velocidad, siendo bastante sensitivo a la forma de la distribución en los extremos altos y bajos (también depende de la asimetría de la distribución).

En el aspecto físico sobre el comportamiento del viento K es bastante descriptivo (esto da razón a la gran utilidad de la distribución de Weibull). Pavia et al [19], indican que:

- K varía generalmente entre 1.5 y 2.5.
- Valores de K que tiendan a 1 ó menores, son reflejo de altos porcentajes de calma y vientos suaves.
- $K \approx 1$  cerca del Ecuador.
- $1 < K < 2$  significa que las magnitudes de la velocidad del viento están diseminadas
- $K \approx 2$  en zonas de vientos persistentes (condiciones "isotrópicas", como los Alisios, por ejemplo).
- $K > 2$  revela la existencia de una dirección preferencial.

Los parámetros de Weibull poseen una variación estacional y latitudinal que manifiesta la estrecha relación entre el viento en superficie y la circulación general. En este sentido se reproducen de [19] los diagramas Hovmoller (HD) del Océano Atlántico para K y C, donde M denota máximos y m significa mínimos (vease fig.16).

La función de distribución acumulada de Weibull se halla integrando (19) desde 0 a algún valor de velocidad del viento  $x > 0$ , tal que

$$F(x) = \int_0^x P(v) \cdot dv \quad (20)$$

entonces,  $F(x) = 1 - \exp[-(x/C)^K]$  . (21)

Si  $x \geq 0$  luego  $F(x) \geq 0$ , teniéndose como la velocidad media :

$$V = C \cdot \Gamma(1 + 1/K) \quad (22)$$

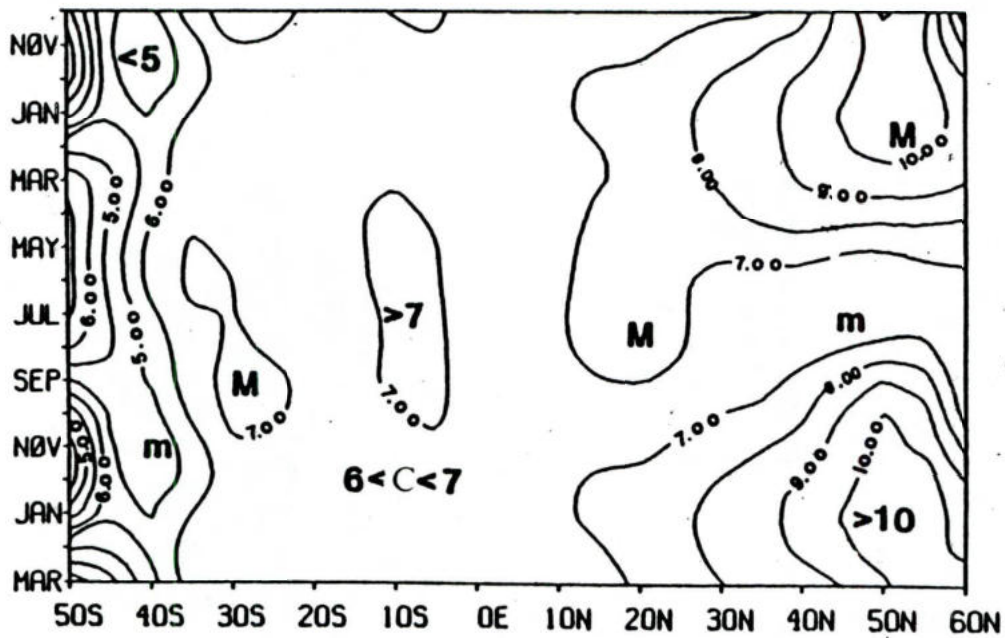
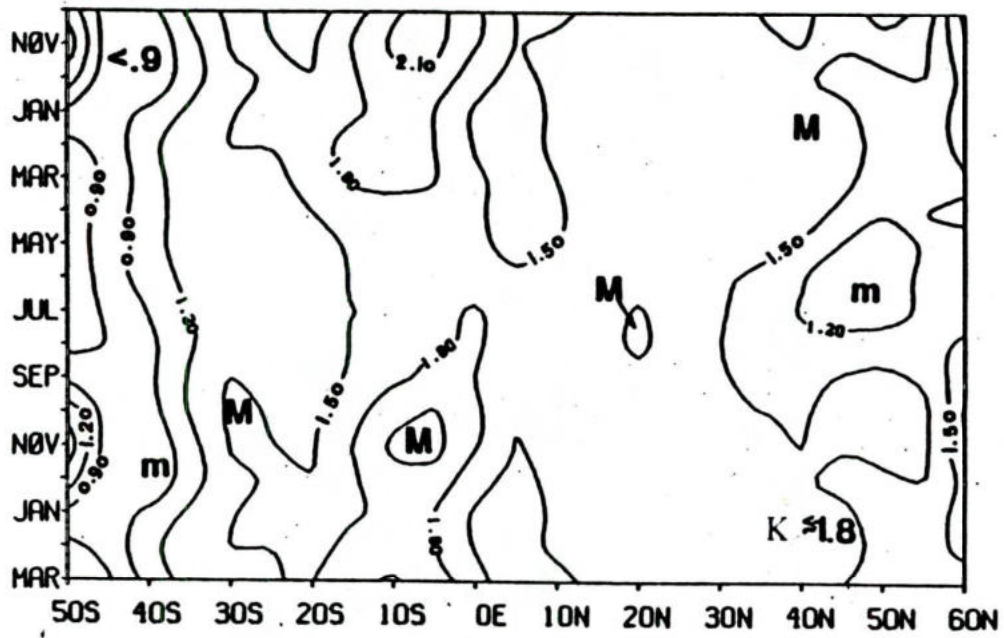


Fig. 16. Diagramas Hovmoller para los parámetros de Weibull K (F. de Forma, superior) y C (F. de Escala, inferior).

$$\text{y varianza: } \sigma^2 = C^2 \cdot [\Gamma(1+2/K) - \Gamma^2(1+1/K)] \quad (23)$$

La literatura ha asignado diferentes nomenclaturas a los Parámetros de Weibull, como por ejemplo, el caso del Factor de Forma:  $K$ ,  $C$ ,  $\tau$ ,  $\alpha$ , y el de Factor de Escala:  $C$ ,  $A$ ,  $\sigma$ ,  $\beta$ . En este sentido se adoptaron los primeros terminos mostrados, respectivamente, por ser los más usados [12].

### III. 3. b. MODIFICACIONES.

---

Entre las modificaciones más notables que se le han hecho a la distribución de Weibull, se destaca la de *Takle y Brown* (1978) [20] que propusieron una Weibull híbrida que incluye a las calmas, sumándole a la ecuación (21) un parámetro  $F_0$ , que indica la frecuencia relativa de las calmas. *Stewart y Essenwanger* (1978) [21] añadieron un tercer parámetro  $S$  (m/s), llamado Parámetro de Posición, Ubicación o Sitio (Location).

Finalmente *Dixon y Swift* (1984) [22], plantearon un modelo empírico de 3 parámetros (los 2 de Weibull y un parámetro direccional), que toma en cuenta la dirección del viento.

### III.3.c. PROCEDIMIENTOS PARA LA OBTENCION DE LOS PARAMETROS DE WEIBULL.

---

La estimación de los parámetros de Weibull (K y C) depende del tipo de estadística de vientos disponible y el nivel de complejidad del análisis de los datos requerido [17]. Entre los metodos utilizados se tiene:

**A- Prueba de mínimos cuadrados a la distribución observada.**

Se dividen las velocidades de los vientos observados en los intervalos  $0-V_1, V_1-V_2, \dots, V_{n-1}-V_n$ , teniendo frecuencias de ocurrencia  $f_1, f_2, \dots, f_n$  y frecuencias acumuladas  $P_1 = f_1, P_2 = f_1+f_2, \dots, P_n = f_{n-1}+f_n$ ; entonces la ecuación (21) se transforma a la forma lineal  $y = a+b.x$ , por las relaciones:

$$X_i = \text{Ln } V_i, \quad . \quad . \quad (24)$$

$$Y_i = \text{Ln}[-\text{Ln}(1 - P_i)]. \quad . \quad (25)$$

Los valores de a y b son hallados por un proceso de mínimos cuadrados de las frecuencia de ocurrencia. Los parámetros de Weibull están relacionados con los coeficientes lineales a y b por:

$$C = \exp(-a/b) \quad . \quad . \quad (26)$$

$$K = b \quad . \quad . \quad (27)$$

**B- Mediana y cuartiles de la velocidad del viento.**

Si no se posee la distribución completa observada de la velocidad del viento, no así la mediana  $V_m$  (50% de probabilidad de ocurrencia) y de los cuartiles 1ro. [ $P(V \geq V_{0.25})$ ]

= 0.25] y 2do. [ $P(V \geq V_{0.75}) = 0.75$ ], entonces K y C se calculan de:

$$K = \frac{\ln[\ln(0.25)/\ln(0.75)]}{\ln(V_{0.75}/V_{0.25})} \\ = 1.573/\ln(V_{0.75}/V_{0.25}), \quad (28)$$

$$C = V_m / (\ln 2)^{1/K} \quad (29)$$

#### C- Velocidad promedio del viento y desviación estándar.

Al tener sólo la velocidad promedio del viento V y la desviación estándar  $\sigma$ , entonces K y C pueden ser evaluados desde estas estadísticas a través de:

$$V = C \cdot \Gamma(1 + 1/K) \quad (30)$$

$$(\sigma/V)^2 = [\Gamma(1 + 2/K)/\Gamma^2(1 + 1/K)] - 1 \quad (31)$$

siendo  $\Gamma$  la función gamma común y  $\sigma/V$  es el coeficiente de variación, luego K y C se obtienen usando la ecuación (31)

$$K = (\sigma/V)^{-1.086} \quad (32)$$

y de la inversa de (30)

$$C = V/\Gamma(1 + 1/K) \quad (33)$$

Para el rango frecuente de valores de K,  $(1 + 1/K) \approx 0.9$ .

#### D- Milla más rápida del mes.

Se utiliza cuando no se tiene la desviación estándar, pero sí la velocidad promedio (en millas por hora), asociada con la más rápida milla de recorrido del viento mensual ( $V_{max}$ ), encontrando a K:

$$K = \frac{\ln[\ln(24 \cdot V_{max} \cdot d)]}{\ln(0.9 \cdot V_{max}/V)} \quad (34)$$

con d = N° de días del mes. Conseguida K, C se deduce de (33).

#### E- Tendencia de K vs. V.

Hay una tendencia general entre el valor K de Weibull y la velocidad promedio del viento (vease III.3.a.).

Matemáticamente, estos resultados pueden ser expresados de acuerdo a su variabilidad: promedio, alta (90%) y baja (10%), de manera que:

$$K = \begin{array}{l} | \quad 1.05 \text{ V\% Alta} \\ | \quad 0.94 \text{ V\% Promedio.} \\ | \quad 0.83 \text{ V\% Baja} \end{array} \quad (35)$$

estimándose C de la ecuación (33).

**F- Metodo gráfico (Nelson-Thompson, 1971) [20].**

Ocurre que si la distribución se cumple, la graficación de la probabilidad acumulada en un papel de Weibull (vease fig. 17) será una línea recta, siendo C dado por el cruce con el nivel del 63.21% (velocidad característica), y hecha su lectura en la escala de velocidades. K se encuentra trasladando la pendiente de la línea de mejor ajuste de la distribución acumulada, desde el punto fiducial (fiducial point) sobre el gráfico, a la escala en la izquierda.

Finalmente, se menciona el metodo de la máxima probabilidad, en el cual se introduce un tercer parámetro  $F_0$ , relativo a las calmas, requiriendose de la resolución de 3 ecuaciones simultáneas por un complicado proceso de iteración.

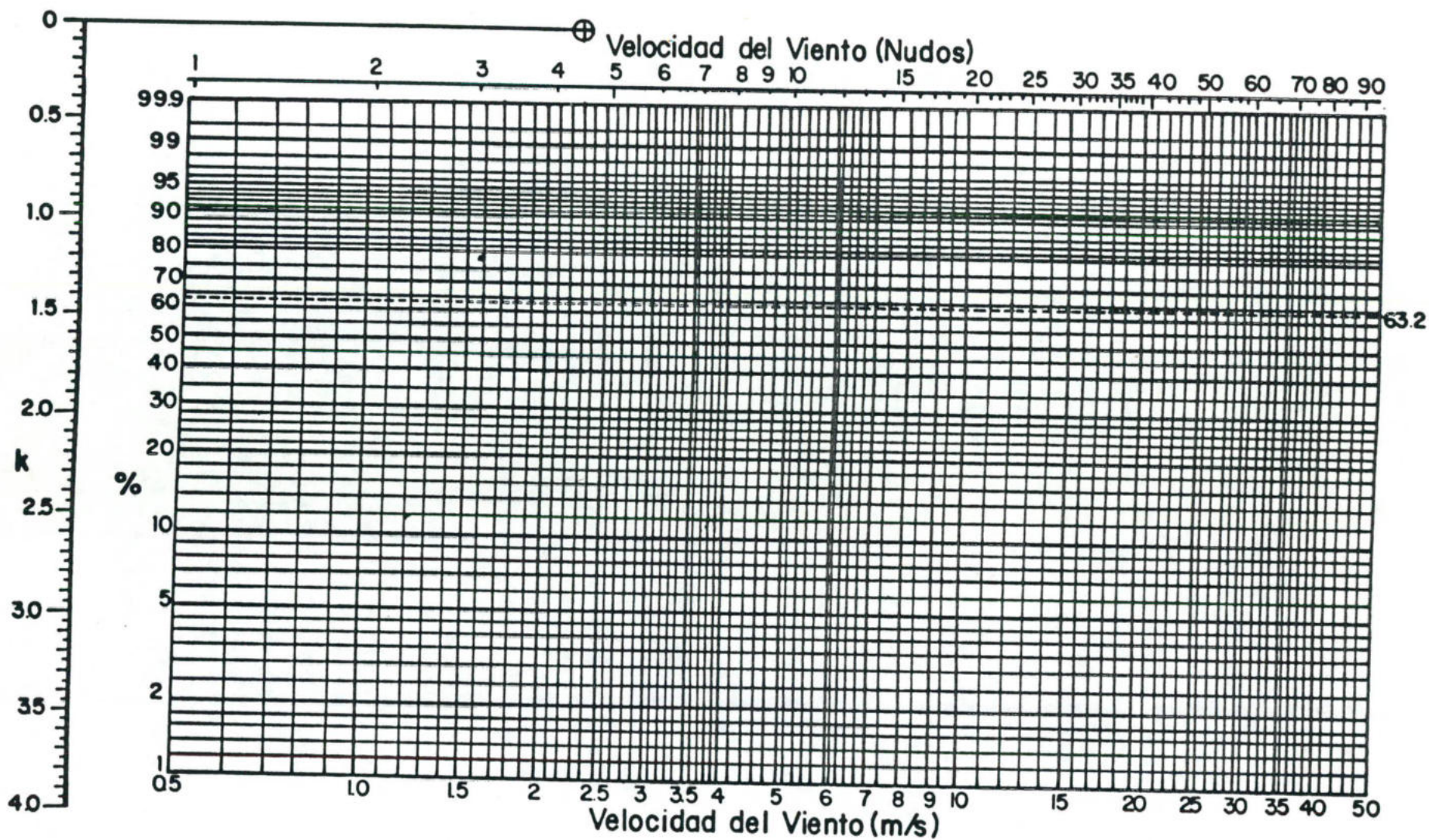


Fig. 17.

## PAPEL WEIBULL DE PROBABILIDAD

#### III.4. ANTECEDENTES.

---

El primer antecedente histórico de viento en Venezuela se debe a Cristóbal Colón quien, en su tercer viaje (1498), llegó al extremo nor-oriental de Venezuela, gracias a la influencia de los vientos Alisios de NE.

Las primeras mediciones meteorológicas del viento en nuestro país la realizó *Alexander von Humboldt* [23], a finales del siglo XVIII, hasta que a finales del siglo XIX se comenzaron efectivamente las observaciones, con la creación del actual Observatorio Cajigal.

En el Siglo XX con el advenimiento de la aviación y su desarrollo militar, la Fuerza Aerea de Venezuela (FAV), comenzó la observación del viento con fines aeronáuticos, en diferentes sitios del país, por medio de su Servicio de Meteorología.

Pasada la 2da. mitad de este siglo, se inició en el antiguo Ministerio de Obras Públicas (MOP), a través de su División de Hidrometeorología, observaciones del viento en superficie.

En 1977 al crearse el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, este asumió la responsabilidad de todas las estaciones del MOP y del INOS, bajo el encargo de la Dirección de Hidrología y Meteorología.

Hasta ese entonces, lo referente al viento era recogido en publicaciones y reportes mensuales y/o anuales, con la

excepción de algunos informes técnicos de utilidad para los propios organismos.

Paralelamente, con el auge de la explotación petrolera en el país, se necesitó información básica para las operaciones en las principales áreas de explotación; por ejemplo, *Glenn* en 1970 [4] examinó el viento en el Golfo de La Vela, con relación a las actividades petroleras costa afuera.

A partir del año 1977, INTEVEP recibió autorización por parte de Petróleos de Venezuela S. A. (PDVSA) para investigar las zonas marinas de interés petrolero, y participa en la recolección, evaluación, procesamiento e interpretación de datos oceanográficos, meteorológicos, históricos ó medidos *in situ*. La región del Delta del Orinoco fue la elegida para el primer proyecto.

En este sentido, *Febres ET AL*, en 1978 [24],[25], efectúan investigaciones meteorológicas en base a registros históricos y las primeras mediciones del proyecto mencionado y [26] sobre la región costera de Venezuela.

*Febres ET AL* [7],[27], en 1979 estudian las características meteorológicas de la región costera norte del Edo. Anzoátegui y aspectos de la circulación de las masas de aire del Caribe Sur-oriental; luego en 1980 *Herrera ET AL* [28] analizan las velocidades del viento en Maiquetía, Coro y La Orchila. De nuevo, en 1981 *Herrera ET AL* [29] investigan el viento en la región del muelle de Jose, bajo condiciones normales y extremas, tomando como fuente de información el

Summary of Synoptic Meteorological Observations (SSMO), del U.S. Naval Weather Service Command y datos propios de INTEVEP.

Durante 1982, *Febres ET AL* [30] indagan sobre la naturaleza de los regimenes de viento en el Noroeste de la Península de Paraguaná y simultáneamente, en el Ministerio de Energía y Minas *Chitty* [31] realiza un resumen de la información eólica de Venezuela en el año 1981. En 1983, *Marion ET AL* [32] describen las características de los vientos de superficie en el área del Delta del Orinoco, en base a los registros propios de INTEVEP correspondientes al lapso 1977-1980, con un análisis estadístico de los datos.

A la par, *Moreno* [33] expone un estudio del viento en Venezuela, en donde se destacan estadísticas básicas.

*Martínez* [34] y *Masciángioli ET AL* [35] en 1984 se ocupan de los patrones del viento en la Bahía del Tablazo, así como *Pelegrí ET AL* [36] evalúan las condiciones meteorológicas del Golfo de Venezuela. En ese mismo año, *Goldbrunner* [37] lleva a efecto la publicación del Atlas Climatológico de Venezuela (1950-1971), incluyendose en este, además de rosas de viento, información del flujo prevaleciente en superficie.

Sobre el Lago de Maracaibo, se efectuaron mediciones de viento, recopiladas por *Pelegrí ET AL* [38] en 1986. *Camargo* [39] compara al viento junto con la precipitación en la zona nor-occidental de Venezuela (Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela) y resalta la variabilidad espacial y temporal del viento.

En 1988 *Pelegri ET AL* [11] y [40] en base a los datos provenientes de las estaciones de INTEVEP en el Golfo de Venezuela, hacen una aproximación a las relaciones dinámicas del sistema oceano-atmósfera de esa zona (análisis comparativo de las mediciones) y establecen el manejo que se le dará a la base de datos de viento, corrientes y mareas de INTEVEP, respectivamente.

Como puede observarse, en Venezuela, INTEVEP es la institución que tiene mayor actividad en recopilación, procesamiento e investigación sobre datos de viento de superficie; ya que las operaciones de la Industria Petrolera, Petroquímica y Carbonífera Nacional, se realizan, generalmente, en zonas de amplia influencia eólica.

## IV. INFORMACION BASICA.

### IV.1. DESCRIPCION DE LAS ZONAS DE ESTUDIO.

---

Abarcando casi el 40% del perímetro costero de Venezuela, las regiones implicadas son de vital importancia, ya que la costa Nor-oriental es el centro de los futuros proyectos de expansión de la industria petrolera, además de ser una extensa zona turística. Por otra parte, la costa Nor-occidental es asiento actualmente del mayor desarrollo petrolero nacional.

#### IV.1.a. COSTA NOR-ORIENTAL.

---

Se enmarca en las costas norte de los estados Anzoátegui y Sucre (desde la depresión de Unare hasta Carúpano), la isla de Margarita (estado Nueva Esparta) y una porción del Delta del Orinoco (Boca Grande - Territorio Federal Delta Amacuro). Sus límites norte y oeste los constituye el Mar Caribe, el sur con los cerros del Turimiquire y el este, el Océano Atlántico.

La topografía más importante se halla en lo que se considera el estribo oriental de la cordillera de la costa (serranía de Paria) y los cerros al sur de Barcelona.

Comprendida entre los 60°-65°W y de 8° a 12°N, de acuerdo a [37], posee un clima según Koeppen, semi-árido (Bshi) en las costas orientales y tropical de selva (Afi) en el Delta. La región posee, en común, una temperatura media anual de 27° C,

precipitación promedio de 800 mm anuales en Anzoátegui y Sucre (Semi-húmedo), <600 mm anuales en Margarita (Semi-árido) y mayor de 2000 mm en el Delta.

#### IV.1.b. COSTA NOR-OCCIDENTAL.

---

Contiene tres sectores bien determinados geográficamente: El Golfo de Venezuela (15300 Km<sup>2</sup>), el Estrecho de Maracaibo y el Lago de Maracaibo (13000 Km<sup>2</sup>), el conjunto está limitado al norte por el Mar Caribe, al oeste por la Sierra de Perijá, al sur y sureste por el sector norte de la Cordillera de los Andes, y por el este con la Serranía de Coro y la Península de Paraguaná.

Ubicada entre los 70°-72°50'W y 8°45'-12°30'N, mantiene una temperatura promedio anual de 28° C y una amplia variación espacial en el regimen de precipitaciones desde el Golfo de Venezuela (<600 mm, semi-árido), hacia el sur del lago (1400 mm, húmedo), donde el efecto de convergencia local (vease III.2.b), se hace presente y situándose allí, la zona de mayor actividad de tormentas electricas en Venezuela [37].

De acuerdo a la sectorización hecha, el clima en el Golfo es del tipo árido (Bwhi), semi-árido (Bshi) en el Estrecho de Maracaibo y al sur del Lago (Ami) tropical monzónico.

## IV.2 INVENTARIO DE ESTACIONES.

---

Se detallan a continuación las estaciones meteorológicas escogidas, por organismos, en cada zona costera estudiado.

### IV.2.a. INTEVEP (Gerencia General de Ecología y Ambiente).

---

#### - Costa Nor-Oriental (2).

Muelle Jose 3 (M3). Situada a 1 Km de la costa, y a 20 Km al suroeste de Barcelona, en el Complejo Criogenico de Jose, Jose, Edo. Anzoátegui.

Estación A (A). Sobre el Océano Atlántico, en la desembocadura del río Orinoco, frente a Boca Grande, a aprox. 30 Km al norte de la isla de Corocoro. Territorio Federal Delta Amacuro.

#### - Costa Nor-Occidental (6). (Todas ubicadas en el Edo. Zulia).

Bachaquero (BH). En las inmediaciones de la población de Bachaquero, 18 Km al noroeste de Mene Grande, Costa Sur-Oriental del Lago.

El Tablazo (TO). Se ubica al norte del Complejo Petroquímico El Tablazo, en las cercanías del oleoducto a Falcón, a 10 Km al noreste de Maracaibo. Costa este del Estrecho de Maracaibo (sur de la bahía del Tablazo).

Isla Zapara (IZ). Emplazada sobre el techo de la Estación de Pilotos (cerca del Castillo de San Carlos), en el extremo este de la isla de San Carlos, frente a la isla Zapara, justo

en la entrada norte del Estrecho de Maracaibo, a aprox. 30 Km al norte de Maracaibo.

Los Monjes (13). Al noroeste del Golfo de Venezuela, frente a la Península de la Guajira (30 Km al noreste de Pta. Chichibacoa, Colombia, 200 Km al NNE de Maracaibo), sobre la cima del islote sur de Los Monjes del Sur.

Menegas (MG). Se halla al oeste del Puerto de Ceuta (20 Km, 125 Km al SSE de Maracaibo), cerca de la costa sureste del Lago de Maracaibo, sobre el Lago.

Paraguaiipoa (PA). Colocada en la costa de Paraguaipoa, adyacente al puente sobre el caño Niguá, oeste del Golfo de Venezuela (80 Km al nor-noroeste de Maracaibo).

Total de estaciones: 8. (Todas son automáticas).

IV.2.b. MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES (MARNR). (Dirección de Hidrología).

---

- Costa Nor-Occidental (5). (Todas se encuentran en el Edo. Zulia).

Barranquitas (BQ). Está instalada en las proximidades de la hacienda Barranquitas, al norte de este poblado, en la costa occidental del lago de Maracaibo, a 80 Km en dirección sur-suroeste de Maracaibo.

Canal V.O.C. (VO). Ubicada al sur de Lagunillas y a 20 Km al noroeste de Bachaquero, inmediata al canal de desagüe y al oleoducto (sector Hato Viejo), al sur del aeropuerto. Costa

oriental del lago (Nota: V.O.C. significa Venoco Oil Company, antigua empresa petrolera trasnacional).

Maracaibo LUZ (LU). Opera dentro del perímetro de la Universidad del Zulia, a menos de 5 Km de la orilla del lago, en la ciudad de Maracaibo.

Santa Bárbara (SB). A aproximadamente 30 Km de la costa sur del lago y a aprox. 180 Km al sur-suroeste de Maracaibo, en el NNE de Santa Cruz del Zulia.

Santa Cruz (SC). Está situada en el extremo norte de Santa Cruz de Mara, sobre la costa, 10 Km al noroeste de Maracaibo.

Total de estaciones: 5.

IV.2.c. FUERZA AEREA VENEZOLANA (FAV). (Servicio de Meteorología).

---

- Costa Nor-Oriental (2).

Barcelona (BL). La estación meteorológica está situada en el aeropuerto de Barcelona, al sur de la ciudad. Edo. Anzoátegui.

Porlamar (PL). Se encuentra en el aeropuerto internacional del Caribe, al suroeste de Porlamar, en el extremo sur de la isla de Margarita, Edo. Nueva Esparta.

- Costa Nor-Occidental (2).(Todas en Edo. Zulia).

La Cañada (LC). Costa occidental del Lago de Maracaibo, a menos de 20 Km al suroeste de Maracaibo, en terrenos de Corpozulia.

Menegrande (MN). Ubicada en terrenos de las FAV, a casi 20 Km de la Costa Oriental del Lago y a 18 Km del sureste de Bachaquero, en el este de Mene Grande.

Total de estaciones: 4.

IV.2.d. MARINA. (Dirección de Hidrografía y Navegación).

---

- Costa Nor-oriental (1).

Carúpano (CR). En la Base Naval, al norte de Carúpano, Edo. Sucre.

- Costa Nor-Occidental (1).

Punto Fijo (PF). Se halla en las instalaciones de la Base Naval de Punto Fijo, cerca del aeropuerto de las Piedras, sur de la bahía de Amuay, al oeste de la península de Paraguaná. Edo. Falcón.

Total de estaciones: 2.

Total del conjunto de estaciones: 19

Una visión general de la ubicación de las estaciones descritas (principalmente las de INTEVEP), se presenta en las figs. 18 y 19, para las Costas Nor-oriental y Nor-Occidental, respectivamente, y en el anexo A se detalla la posición relativa (modificados de los mapas de sensibilidad ambiental del Plan Nacional de Contingencias). En la tabla 1, se hace un resumen de los datos de interés de las estaciones meteorológicas, por zonas. En la tabla 2. se presenta la cronología de los datos de las estaciones. La fig. 20 contiene reproducciones de varias fotografías de la estación



**Fig. 18. UBICACION DE LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS COSTA NOR-ORIENTAL DE VENEZUELA**

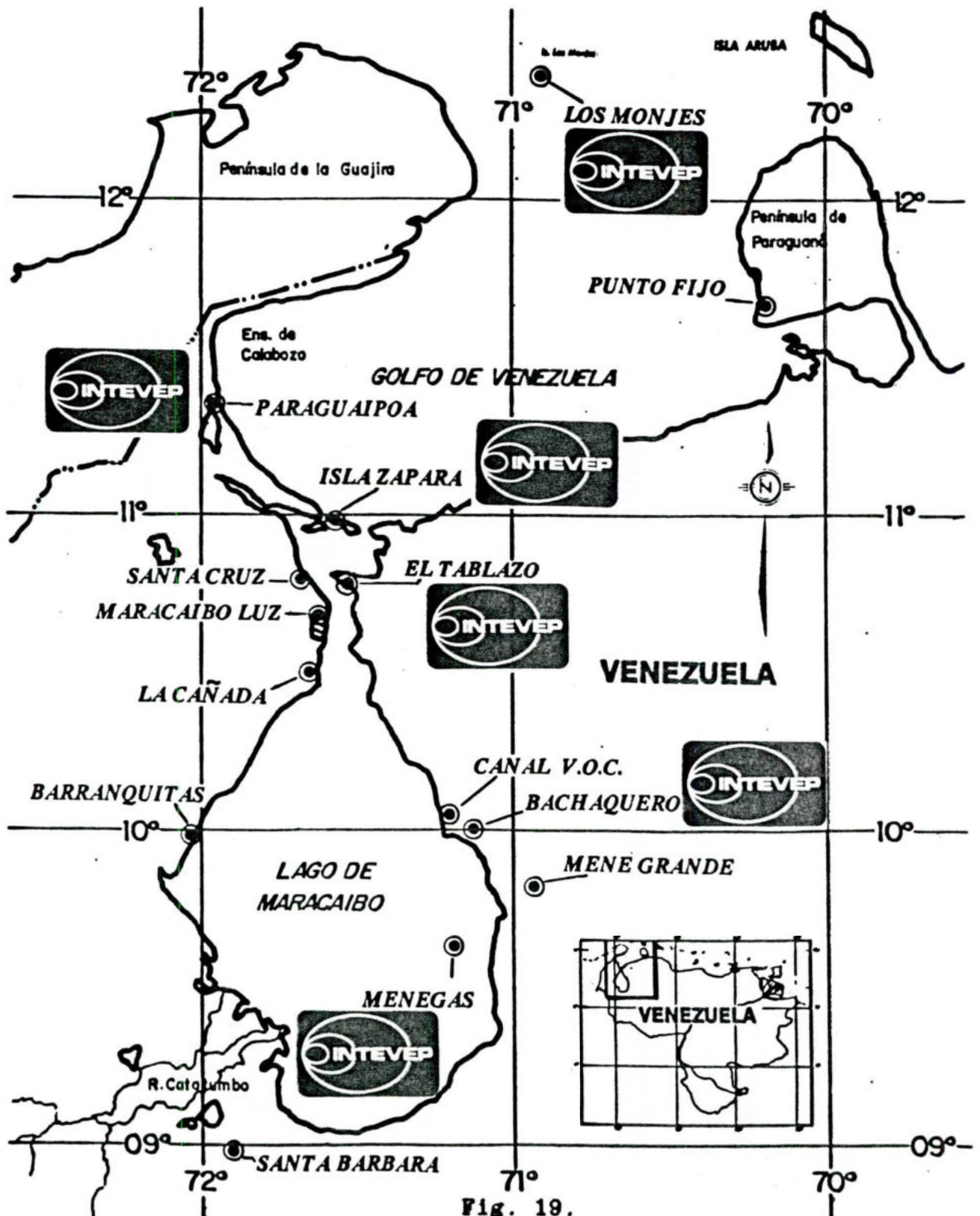


Fig. 19.

**UBICACION DE LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS  
COSTA NOR-OCCIDENTAL DE VENEZUELA**

meteorológica del El Tablazo, -que se visitó a principios de septiembre de 1990, a fin de conocer en *in situ*, las instalaciones de la red de INTEVEP y palpar de una manera más cercana, las variables medidas en el propio campo del trabajo aquí expuesto-, así como de las estaciones de isla Zapara (fig. 21) y Los Monjes (fig. 22).

Tabla 1.

RESUMEN DE LAS ESTACIONES METEOROLOGICAS POR ZONAS								
NOR-ORIENTE								
	EDO	ORG.	SERIAL	NOMBRE	LAT-N	LONG-W	ELEV	h
1	TDA	INTEVEP	A	ESTACION A	084108	603159	0	10
2	AN	FAV	80419	BARCELONA	1009	6441	7	12
3	SU	MARINA	80422	CARUPANO	1040	6315	20	10
4	AN	INTEVEP	M3	MUELLE JOSE 3	1006	6451	1	10
5	NE	FAV	80421	PORLAMAR	1057	6351	24	10
NOR-OCCIDENTE								
	EDO	ORG.	SERIAL	NOMBRE	LAT-N	LONG-W	ELEV	h
1	ZU	INTEVEP	BH	BACHAQUERO	100200	710800	27	10
2	ZU	MARNR	2038	BARRANQUITAS	095900	720115	9	2.5
3	ZU	MARNR	1931	CANAL VOC	100252	711241	2	2
4	ZU	INTEVEP	T	EL TABLAZO	104706	713742	7	10
5	ZU	INTEVEP	IZ	ISLA ZAPARA	1100	7135	24	10
6	ZU	FAV	80476	LA CAÑADA	1031	7139	27	10
7	ZU	INTEVEP	13	LOS MONJES	122245	705345	60	10
8	ZU	MARNR	1070	MARACAIBO LUZ	104112	713805	25	10
9	ZU	FAV	80425	MENE GRANDE	0949	7056	27	12
10	ZU	INTEVEP	MG	MENEGAS	093800	711100	0	10
11	ZU	INTEVEP	PA	PARAGUAIPOA	112006	715040	2	10
12	FA	MARINA	80402	PUNTO FLJO	1139	7013	22	10
13	ZU	MARNR	2099	SANTA BARBARA	085835	715357	5	10
14	ZU	MARNR	1130	SANTA CRUZ	104826	714030	1	10

	ORG.	ED	SERIAL	NOMBRE	AÑO															
					7 8	8 0	8 1	8 2	8 3	8 4	8 5	8 6	8 7	8 8	8 9	9 0				
					E J	E J	E J	E J	E J	E J	E J	E J	E J	E J	E J	E J	E J			
1	INTEVEP	DA	A	ESTACION A	*	*														
2		ZU	BH	BACHAQUERO						*										
3		ZU	T	EL TABLAZO						*	*									
4		ZU	IZ	I. ZAPARA											*		*			
5		ZU	13	LOS MONJES										*	*	*				
6		ZU	MG	MENEGAS						*	*									
7		AN	M3	M. JOSE 3											*	*				
8		ZU	PA	PARAGUAIPOA												*	*			
9	MARNR	ZU	2038	BARRANQUITAS		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
10		ZU	1931	CANAL VOC			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
11		ZU	1070	MCBO LUZ				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
12		ZU	1130	STA. CRUZ											*	*	*			
13		ZU	2099	STA. BARB		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
14	FAV	AN	80419	BARCELONA		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
15		ZU	80425	MENE GRANDE		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
16		ZU	80476	LA CAÑADA				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			
17		NE	80421	PORLAMAR						*	*	*	*	*	*	*	*			
18	MARINA	SU	80422	CARUPANO					*	*	*	*	*	*	*	*	*			
19		FA	80402	PUNTO.FIJO		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			

Tabla 2. Resumen cronológico de los datos, por estación.



Fig. 20. Vistas de la estación meteorológica del Tablazo,  
Edo. Zulia (INTEVEP).



Fig. 21. Vistas de la estación meteorológica de Isla Zapara, Edo. Zulia. (INTEVEP).

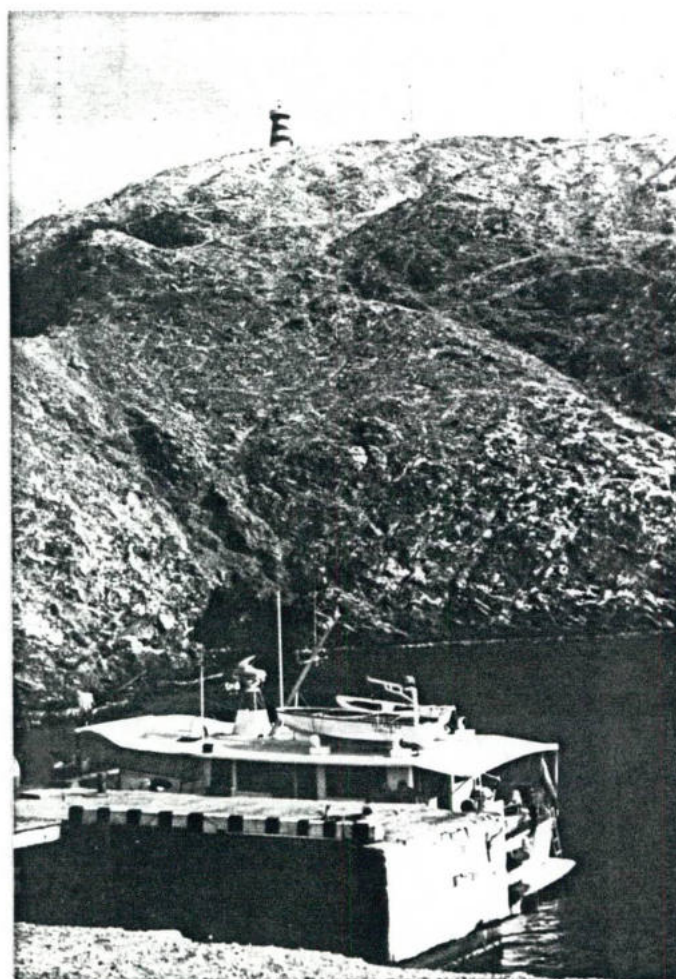
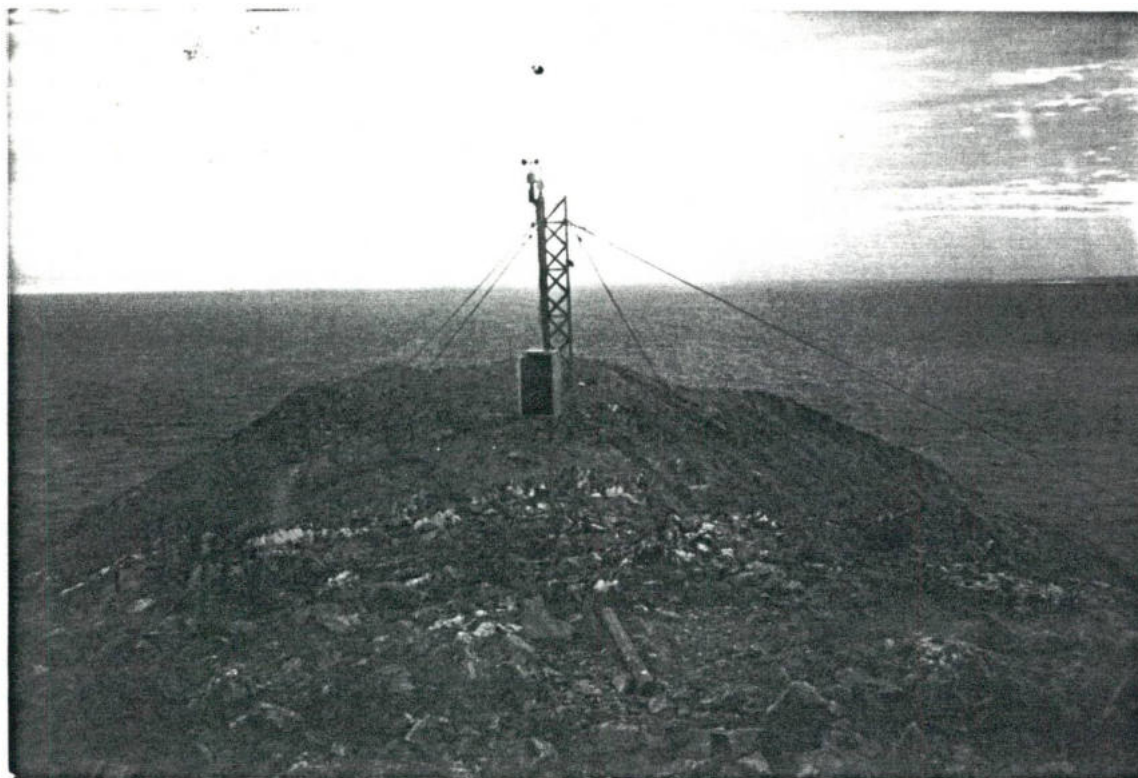


Fig. 22. Vistas de la estación meteorológica de Los Monjes, Edo. Zulia. (INTEVEP).

## V. METODOLOGIA.

### V.1 ANALISIS DE LA INFORMACION BASICA.

---

#### V.1.a. ALCANCE. LIMITACIONES.

---

Se estudió el viento en superficie (velocidad y dirección) en las costas Nor-Oriental y Nor-Occidental de Venezuela, ya que estas zonas son las que mayor interés revisten a la Industria Petrolera Nacional por motivos de planificación, exploración, operación y explotación.

Las principales estaciones a examinar fueron las de INTEVEP debido a que estas presentaban problemas con la continuidad de sus registros, se decidió complementar la información con la obtenida por otros organismos, cuyas redes contenían información más completa (MARNR, FAV, MARINA). (Estaciones de Apoyo ó Secundarias).

Las 19 estaciones meteorológicas analizadas se asumieron representativas de las regiones descritas en IV.1, aunque no se tomó en cuenta la totalidad de las estaciones, ya que se estableció como condición principal que las estaciones de apoyo deberían ser cercanas a las de INTEVEP ó, en su defecto, tomarlas en lugares donde hubiese ausencia de las de esta empresa.

No se trabajó con todos los meses del año, debido a que la precisión de los valores analizados es horaria, por lo tanto,

fueron utilizados específicamente enero y julio (que son los meses más representativos de la variación del viento en Venezuela, tal como se expuso en III.1. y III.2.). De esta manera se evitó la dificultad de procesar una gran cantidad de información, cuya magnitud sería difícil de manejar con medios comúnmente disponibles.

En algunos casos, por no haber datos en los meses de enero y julio, se tomó los correspondientes a los meses de marzo, abril y junio, octubre, respectivamente, debido a que pertenecen a las épocas de transición de los patrones del viento en el país (vease III.2.); -por ejemplo, se examinó Bachaquero sólo en enero, ya que era la única información disponible y así aumentar la red de estaciones en la costa oriental del lago.

En algunas ocasiones, se efectuaron comparaciones entre meses de diferentes años bajo la idea que la conducta del viento en las costas venezolanas no presenta variaciones anuales de consideración (como ocurre con la precipitación), debido a la persistencia del flujo de los vientos Alisios los cuales son consecuencia de la influencia de la Circulación General de Atmósfera.

Se fijó como período de estudio de 1980 a 1990. Muy pocas estaciones cumplieron este requisito (Barcelona y Punto Fijo, con la máxima longitud: 1980-1989 y la Estación A, que sale del período, cuyos datos son del año 1978), puesto que algunos valores eran dudosos, en otras ocasiones no habían registro de

ciertas épocas, mantenimiento y/o reparación y existencia de instalaciones con registros cortos (INTEVEP, específicamente).

Las estaciones automáticas de la red de INTEVEP presentaron dificultades en su operación (y por consiguiente, pérdidas de datos) principalmente por fallas de funcionamiento de los instrumentos (mecánicas ó eléctricas -decaimiento en las baterías-) y a extravíos de equipo, defectos en los anclajes, colisiones con barcos, vandalismo, etc., vease, por ejemplo [32].

Se debe resaltar que el termino velocidad del viento, es común confundirlo con el de celeridad del viento. En INTEVEP se define a la velocidad del viento como un vector, y a la celeridad del viento como la magnitud ó módulo del vector velocidad del viento. En este trabajo, cuando se habla de "velocidad del viento", se refiere al concepto de celeridad empleado por INTEVEP. Esta aclaratoria se hace para no confundir terminologías que pueden variar de acuerdo al uso que se requiera.

Otras variables del viento en superficie, como velocidades máximas totales, rafagosidad y otras no fueron de interes en este trabajo, porque sólo predominó el deseo de conocer las condiciones promedio del viento en Venezuela y llenar el vacío de información que sobre este tópico existe.

No se elaboraron las Rosas de Viento, ya que se presentan resultados bastante detallados que las sustituyen, las complementan y las superan; así mismo, en caso de haberlas hecho, se debía disponer originalmente de los datos de una

forma diferente a la que se procesó (se verá más adelante), lo cual conllevaría a la generación de rutinas de computación que pudieran manejar una gran cantidad de datos, lo cual no es el objetivo de este trabajo.

#### V.1.b. RECOPIACION, ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS DE VIENTO EN SUPERFICIE.

---

##### \* Recopilación.

Los datos de viento en superficie, se tomaron de los archivos existentes en el MARNR (Zona 5), FAV (Servicio de Meteorología, Sección de Climatología) y a la MARINA (Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN), Dpto. de Meteorología); los cuales están asentados en las planillas tipo M-17 (datos horarios), que contienen las evaluaciones hechas (velocidad y dirección) a las bandas diarias obtenidas de los anemógrafos de las estaciones climatológicas tipo 1 (C1). Estos instrumentos son los utilizados por estos organismos y son del tipo analógico.

Para este fin, se viajó personalmente para obtener copias de las planillas, a la sede del MARNR, Zona 5-Edo. Zulia (Maracaibo), al Servicio de Meteorología de las FAV, en Maracay y por la MARINA, al Observatorio Cajigal, en Caracas.

En INTEVEP, conforme a [40] y [11], las mediciones del viento se realizan empleando instrumentos marca Aanderaa, los cuales constan de sensores de celeridad y dirección, más un registrador (Datalogger) DL-1. Como sensor de celeridad (2740),

se utiliza un rotor de 3 copas que transfiere magnéticamente las revoluciones realizadas durante el intervalo de tiempo escogido (instantáneamente, cada 10 ó 20 minutos), a un contador electrónico, que a su vez las envía al DL-1, donde son grabadas en forma binaria. El sensor de dirección (2750) consiste en una veleta la cual, al igual que el sensor de celeridad, transmite su orientación mediante un compás magnético, previamente orientado hacia el norte (tomándose en cuenta las cartas isogónicas) para luego enviar su información al Datalogger (vease la fig 23, en que se muestra un esquema de la estación típica de INTEVEP), Desde allí, la información es grabada internamente en cinta magnética de  $\frac{1}{4}$  de pulgada, y leídas mediante un lector de cintas Aanderaa 2650 que transfiere los datos a una microcomputadora IBM-PC. Esta preprocesa y almacena la información en diskettes, con formato adecuado para su posterior procesamiento y, además, se obtiene un listado para tener un control de calidad.

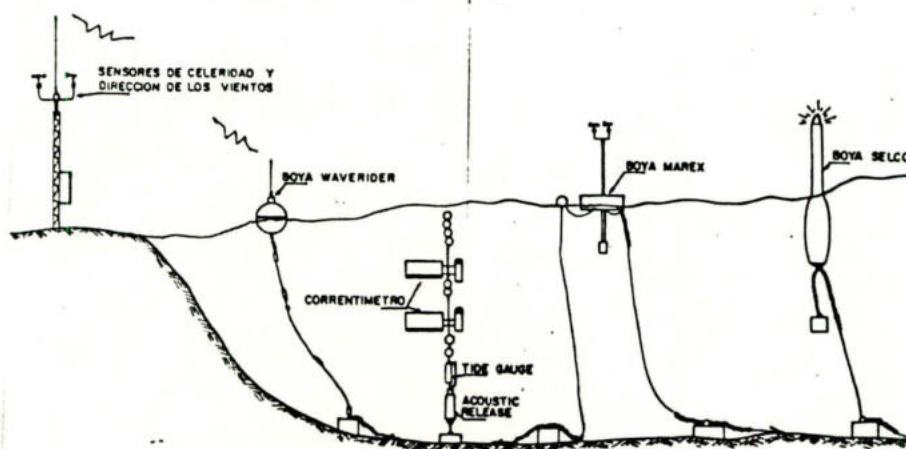


Fig. 23 Esquema de las estaciones meteorológicas INTEVEP.

Seguidamente, los archivos contenidos en los diskettes son transferidos al computador central de INTEVEP (IBM-3090), por medio de un microcomputador IBM PS/2 conectado a la red. Una vez allí, son copiados en una librería temporal y posteriormente transmitidas a cintas magnéticas de 1 pulgada (densidad de grabación 1600 bpi), identificadas con las siglas GUI. La información incluida en estas cintas es manejada mediante procesos internos catalogados en el sistema IBM-3090 y pasa a formar parte de la base de datos de INTEVEP adecuadamente ordenada y calendarizada que se encuentra en las cintas llamadas INA.

Finalmente, esta información es accesada mediante procedimientos típicos del computador central. Adicionalmente deben tomarse en cuenta las variaciones en los formatos de grabación de las cintas, principalmente a los cambios de los sistemas de computación utilizados. En la fig. 24 se presenta un esquema de la organización de la base de datos de INTEVEP.

#### **\* Análisis.**

INTEVEP posee una red de estaciones estratégicamente distribuidas, pero debido a fallas ya señaladas en V.1.a., presentó problemas en la cantidad de datos aportados a este estudio (esta es la razón por la cual se complementaron datos con los provenientes de otros organismos).

Del análisis de los datos se desprende que INTEVEP predomina en el número de estaciones escogidas (tanto en el total, como por zonas de influencia) con más del 40% de las estaciones meteorológicas (vease la fig. 25); pero en

# BASE DE DATOS INTEVEP (VIENTO, MAREA Y CORRIENTES)

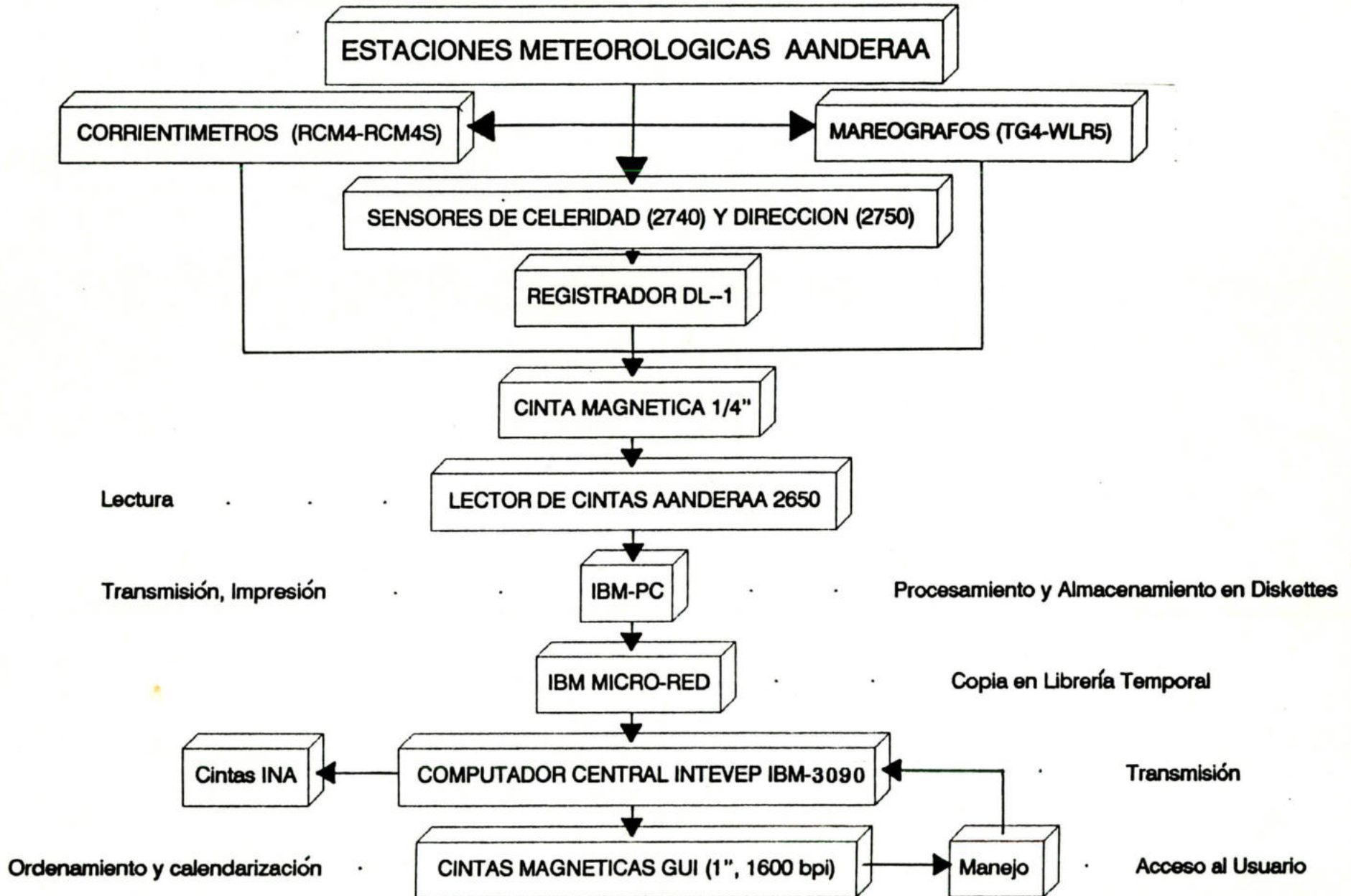


Fig. 24.

contraposición, su cantidad de datos, sólo alcanza la decima parte (10%) del total datos horarios de velocidad del viento y dirección (214272), (vease la fig. 26). Es aquí, donde radica la importancia de las estaciones que se han denominado Secundarias o de Apoyo cuya frecuencia en el número de datos sólo depende de su ubicación en las zonas de estudio.

La distribución temporal de la información se muestra en la fig. 27. En este gráfico, basado en la tabla 2., se observa que el período que más en común tienen los datos, es en la mitad de la década de los ochenta, notándose una ausencia de uniformidad, según lo explicado en V.1.a.

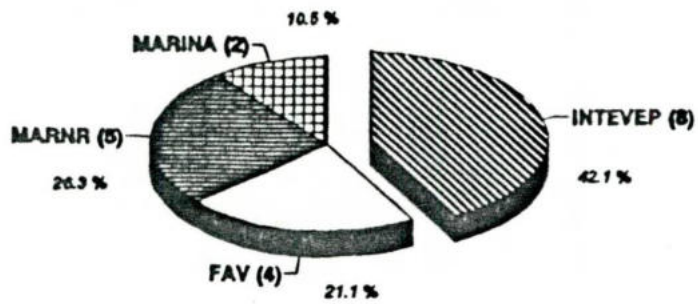
#### **\* Procesamiento.**

Para el almacenamiento, procesamiento y análisis de los datos de viento en superficie de las 19 estaciones meteorológicas, INTEVEP, a través de la Gerencia General de Ecología y Ambiente, puso a disposición un microcomputador TOSHIBA Tipo Lap-Top, modelo T1200, con capacidad en el disco duro de 20 Megabytes (20 MB) y Memoria RAM de 640 Kilobytes (640 KB), con procesador 8086 y coprocesador matemático 8087, unidad de diskette de 3,5" de doble densidad, más una impresora gráfica EPSON FX-286e y un monitor CGA a color.

Los programas que se emplearon fueron el Quattro Pro, versión 1.0 (Borland, 1989), en el que se creó la base de datos de este trabajo. Este programa es consiste en hoja de cálculo electrónica (estilo Lotus), que permitió, además de almacenar los datos, efectuar cálculos, generar gráficos y exportar archivos hacia otros programas.

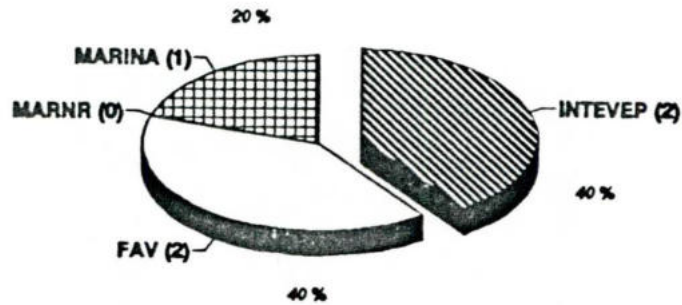
Fig. 25.

ESTACIONES ANALIZADAS POR ORGANISMOS



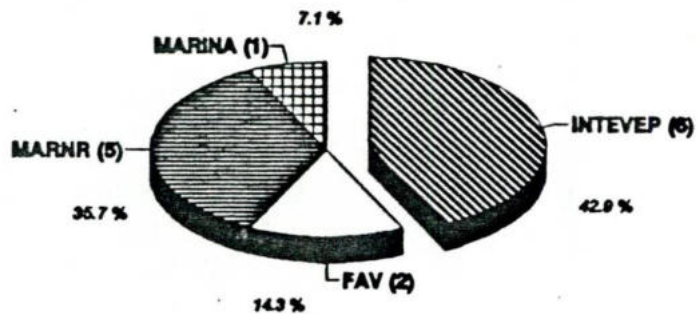
TOTAL : 19 ESTACIONES

ESTACIONES ANALIZADAS - ZONA NOR-ORIENTAL



TOTAL : 5 ESTACIONES

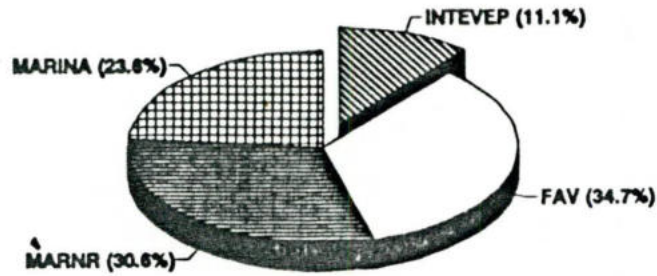
ESTACIONES ANALIZADAS - ZONA NOR-OCCIDENTAL



TOTAL : 14 ESTACIONES

Fig. 26.

**PORCENTAJE DE DATOS TOTALES ANALIZADOS POR ESTACION**

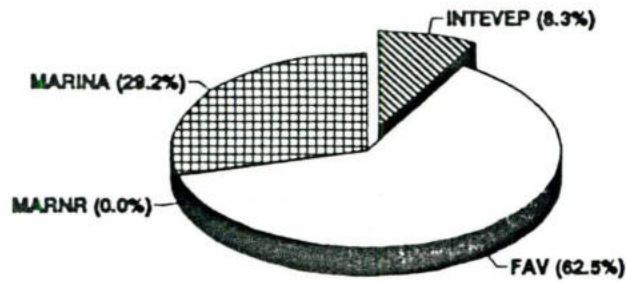


ZONAS: NOR-ORIENTAL Y NOR-OCCIDENTAL

TOTAL : 19 ESTACIONES

DATOS TOTALES: 214272

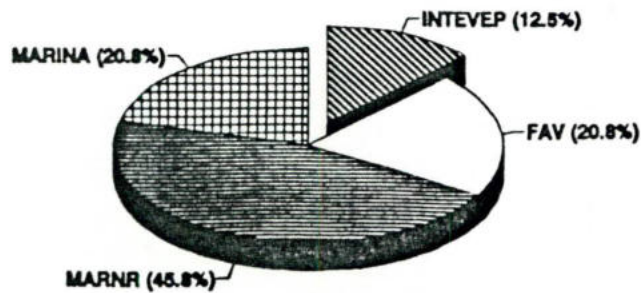
**PORCENTAJE DE DATOS ANALIZADOS POR ESTACION**



ZONA NOR-ORIENTAL

TOTAL : 5 ESTACIONES

DATOS: 71424



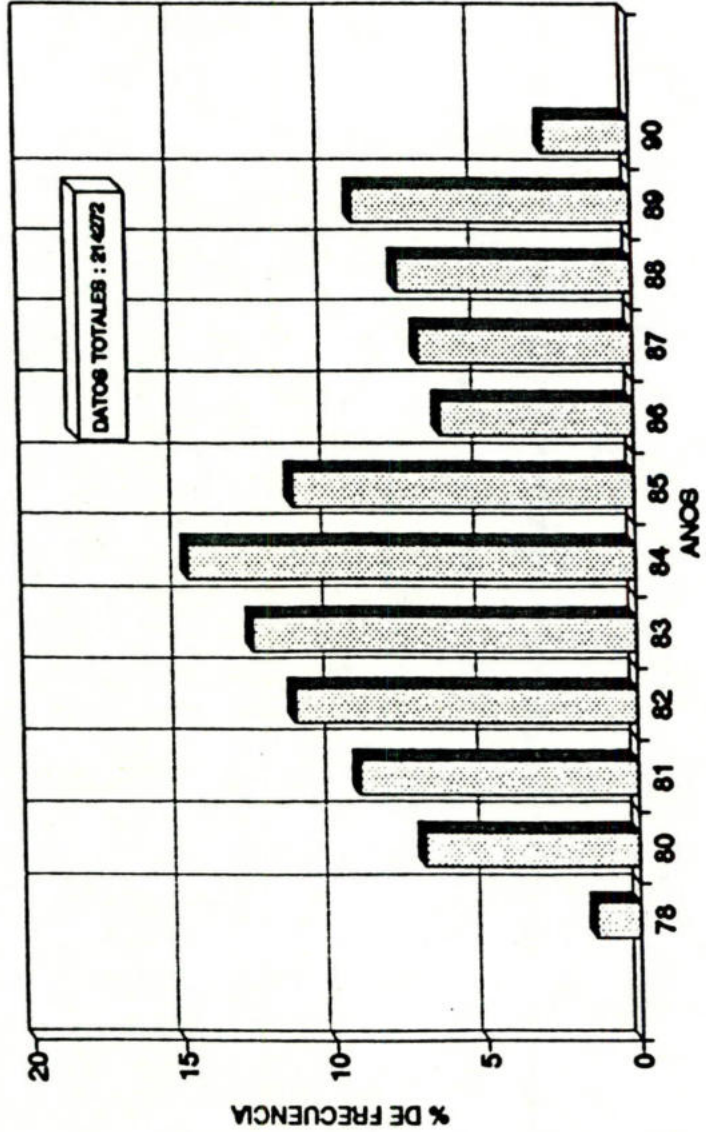
ZONA NOR-OCCIDENTAL

TOTAL : 14 ESTACIONES

DATOS: 142848

Fig. 27.

**DISTRIBUCION TEMPORAL DE LOS DATOS  
DE VIENTO EN SUPERFICIE**



El Statgraphics 2.6 (Statistical Graphics Inc., 1987) es un programa utilitario que produjo toda la estadística y analizó lo relativo a la distribución Weibull de velocidad del viento (inclusive las pruebas de bondad).

Con el Surfer 3.0 (Golden Software, 1987), que es un programa de dibujos, se generaron los diagramas de velocidad del viento día/hora, en 2 y 3 dimensiones.

La ruta de procesamiento para este estudio estadístico, comenzó con la transcripción manual de los datos horarios de viento de MARNR, FAV y MARINA, ya que estas observaciones no se encontraban guardadas en archivos electrónicos, sino en planillas; caso contrario a INTEVEP que según la estructura de su base de datos, se obtuvo la información desde archivos tipo ASCII (American Standard of Computer Information Interchange) con extensión \*.LIS.

De la transcripción manual (con un error estimado menor de 0.1% del total de datos) y, de los archivos \*.LIS de INTEVEP, se importaron los valores de velocidad y dirección del viento al Quattro Pro en archivos (hojas de cálculo) con extensión WK\$ que difiere del común WKS en que quedan comprimidos hasta casi el 40% de su tamaño normal para ahorrar espacio de almacenamiento.

En la identificación de los archivos de cada estación, se designaron de la siguiente forma: 2 espacios para el el código de la estación (se indicó en IV.2.a-d), por ejemplo, Santa Bárbara (SB); un espacio para el mes (Enero=E, Julio=J); 2 para los dos últimos dígitos del año (1984=84) y para finalizar un

espacio para datos de velocidad (V) o dirección (D). En ese sentido, los valores horarios (24 horas por 31 días=744 datos) de velocidad del viento de Santa Bárbara en el mes de Enero de 1984, se encuentran en el archivo tipo Lotus, SBE84V.WK\$.

Posteriormente se realiza la exportación de los valores de los meses típicos (se definen más adelante) en formatos WKS, que son compatibles con el Statgraphics y el Surfer, para generar toda la estadística en archivos \*.ASF y crear los gráficos en archivos \*.GRD, respectivamente.

El esquema del procesamiento de la base de datos creada por el viento en superficie, aparece en la fig. 28.

La memoria total que se ocupó en datos de viento es de aproximadamente 2 MB y se encuentra respaldada de 2 formas: 6 diskettes de 3.5" de doble densidad y en 2 diskettes de alta densidad más 1 de doble densidad, para mayor seguridad. Estos archivos están disponibles sólo para INTEVEP.

ESQUEMA DE LA BASE DE DATOS DE VIENTO EN SUPERFICIE

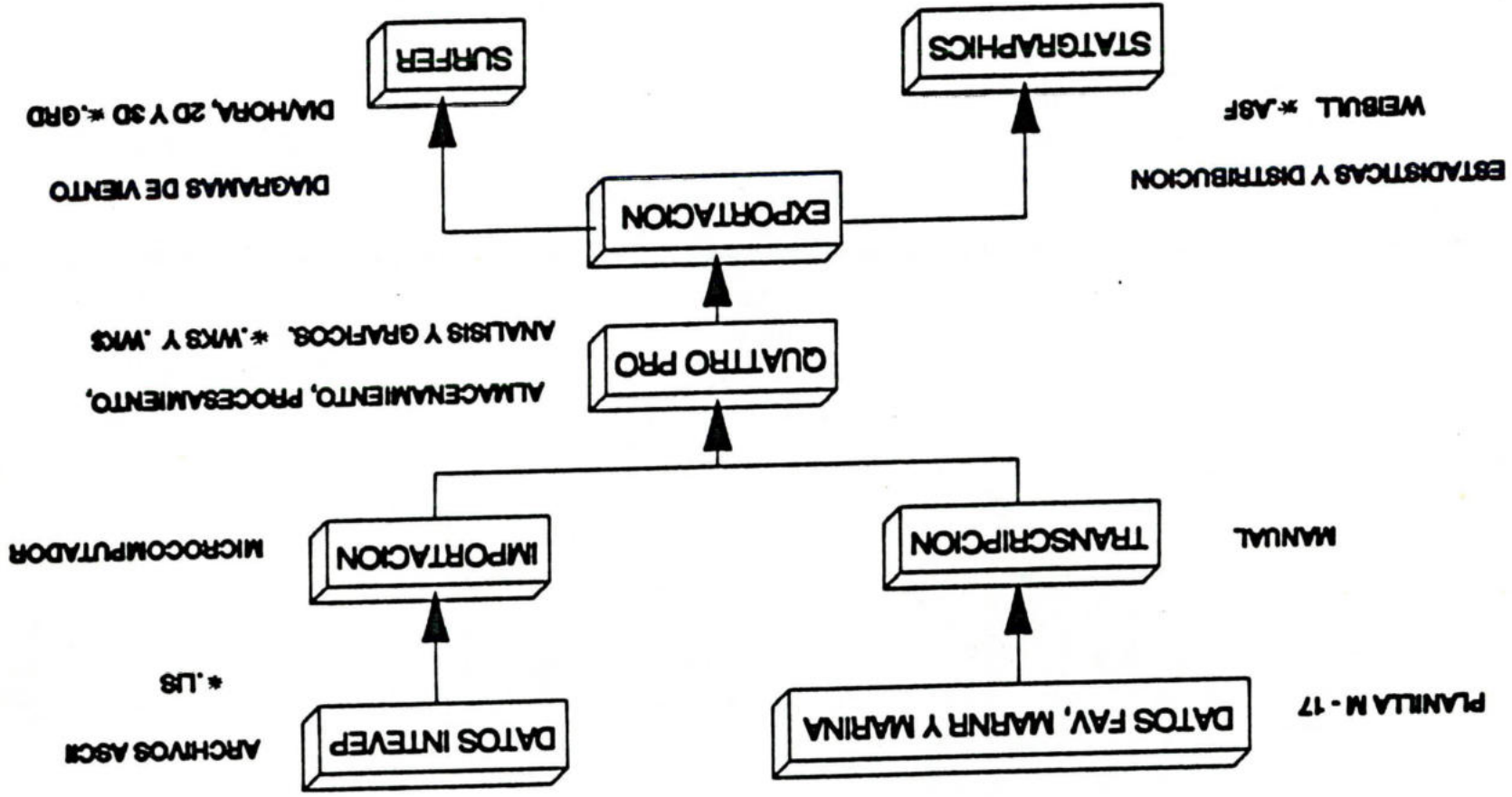


FIG. 28.

## V.2. ANALISIS ESTADISTICO.

---

### V.2.a VELOCIDAD DEL VIENTO.

---

Se realizó el cálculo de las variables estadísticas de la velocidad del viento, a manera de proporcionar una visión concreta del conjunto de observaciones.

#### \* Velocidad promedio del viento.

En este sentido, se tomó la media aritmetica como medida de la tendencia central, tal que:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (36)$$

Siendo  $X_i$ , cada valor observado y  $n$ =número de datos; para definir de este modo, a la Velocidad Promedio del Viento ( $V=\bar{X}$ ) en m/s.

#### \* Desviación estándar.

La desviación estándar ó típica, se determinó con carácter de representatividad de las medidas de dispersión, como:

$$\sigma = \left( \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (37)$$

Donde  $\sigma$  es la desviación estándar (DS), en m/s.

#### \* Asimetría.

El grado de desviación que presentó la distribución de los datos de la velocidad del viento, se evaluó con el coeficiente de asimetría (Skewness)  $g$ , de acuerdo a la ec. 38.

$$g = \left( \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3 / (n-1)}{\sigma^3} \right) \quad (38)$$

Si  $g > 0$ , es sesgada a la derecha, si  $g = 0$ , no es sesgada (simétrica), si  $g < 0$ , significa que es sesgada a la izquierda (es decir, que sus valores máximos se hallan desplazados hacia la izquierda).

Los resultados de estas tres variables, obtenidos del Statgraphics para todas las estaciones, se hallan resumidas en la tabla 3 (cap. VI.).

**\* Distribución de frecuencias de la velocidad del viento.**

Para la distribución de frecuencias de la velocidad del viento, se estudió un espacio muestral máximo de 10 años y se describieron las frecuencias relativas de ocurrencia de la velocidad respecto al cúmulo total de datos, con intervalos de clase de 1 m/s; a excepción de las calmas que se definen entre 0-0.5 m/s (ya que es el rango que disponen las estaciones automáticas de INTEVEP). Así, se crearon (en Quattro Pro) los histogramas denominados distribución de frecuencia de la velocidad del viento (vease Anexo B).

**\* Variación horaria y diaria promedio del viento.**

Para conocer la variación de las velocidades en el transcurso del día, se calculó el promedio aritmético del viento por hora (en el Quattro Pro) para presentarlo en los gráficos de variación horaria promedio del viento (vease Anexo C) que permitieron determinar las velocidades promedio máximas

y mínimas. Con un propósito similar, para estudiar la variación de las velocidades por mes, se halló aritmeticamente el promedio de las velocidades diarias que están en los gráficos de variación diaria promedio del viento (vease Anexo D). En algunas estaciones no se realizó este gráfico debido a que no se tenían registros mensuales completos.

**\* Ploteo en papel de probabilidad normal.**

En Anexo E, se muestra el ploteo en papel de probabilidad normal (según el Statgraphics) de la función de la distribución acumulada del mes típico, señalado en [19] perteneciente a los valores de velocidad del viento, promediados cada hora (o sea el promedio aritmetico de cada enesima hora del enesimo día de los meses que se tuviese información) y se incluyó una recta de regresión de mínimos cuadrados para comparación del ajuste de la normalidad de los valores observados.

**\* Diagramas de la velocidad del viento día/hora (2D y 3D).**

El mes típico permitió la representación de diagramas de velocidad del viento por cada hora de cada día, y mediante el empleo del Surfer (en dos dimensiones -2D- y tres dimensiones- 3D-)el cual realiza una interpolación de los datos según el metodo de la distancia inversa con promedios ponderados.

Estos diagramas tambien presentan las líneas de las velocidades máximas y mínimas promedio que resultan de la unión de los puntos de mayor y menor velocidad, respectivamente y, además, una área sombreada que señala las velocidades superiores al 80% de la frecuencia acumulada para dar así una idea de

donde se concentran las mayores velocidades durante el día en el mes correspondiente.

Para pocas estaciones se ejecutó este tipo de gráfico, ya que se necesitan registros largos que aseguren suavidad en los patrones de las isolíneas de velocidad del viento (revisense los Anexos F y G).

#### V.2.b. DIRECCION DEL VIENTO.

---

El manejo de la información sobre la dirección del viento, no es similar al de la velocidad del viento; esta viene expresada en grados sexagesimales ( $0^\circ < \theta \leq 360^\circ$ ), lo que implica que el aplicar técnicas lineales convencionales pueden conducir a paradojas; por ejemplo, el promedio aritmético de los ángulos  $1^\circ$  y  $359^\circ$  es  $180^\circ$ , mientras que la intuición geométrica del promedio, lo lleva a ser  $0^\circ$  [41].

##### **\* Dirección prevaleciente.**

Es el valor de la dirección del viento, dentro de la escala de las 16 divisiones de la rosa de viento (fig.1), que se ha observado con mayor frecuencia (Moda), o visto de otra forma, el punto de máxima concentración que aparece en el centro de una distribución (caso unimodal), como también el más alto en condiciones no simétricas (caso multimodal). Un resumen de este parámetro, calculado en el Quattro Pro se encuentra en la tabla 3.

**\* Distribución de frecuencias de la dirección del viento.**

La forma como se hizo este histograma es similar al punto anterior donde se discutió la distribución de frecuencias de la velocidad del viento, siendo las calmas definidas según los intervalos ya descritos, puesto que en ausencia de velocidad tampoco existe dirección del viento. Si se comparan las calmas de la distribución de velocidad con las de la dirección, deberían ser similares. En algunos casos hubo diferencias debido a que se utilizaron ciertos valores de velocidad que tenían registradas direcciones erróneas y *viceversa*, como consecuencia de fallas en los equipos registradores (vease Anexo B).

**\* Dirección horaria prevaleciente.**

Los cambios de la dirección del viento durante el día (principalmente los asociados a las brisas mar-tierra), se plasman en los gráficos de la dirección horaria prevaleciente donde, para cada hora, se tomó la moda de la dirección del viento de acuerdo a procedimientos del Quattro Pro (vease Anexo C).

**\* Dirección diaria prevaleciente.**

La fluctuación de la dirección de viento día a día, se representó en los gráficos de dirección diaria prevaleciente, en los cuales se detalla la moda diaria de la dirección del viento a través del mes en Quattro Pro (vease Anexo D). Para varias estaciones no se hicieron estos graficos, ya que resultaron con direcciones completamente fijas, sin ninguna alteracion diaria.

Debido a la ausencia de la linealidad de los datos de la dirección del viento, no se produjeron diagramas de dirección del viento día/hora, por las razones señaladas al principio, ni tampoco ploteos en papel de probabilidad normal.

#### V.2.c. DISTRIBUCION WEIBULL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO.

---

La estimación de los parámetros de Weibull, para el conjunto de observaciones de la velocidad del viento, se hizo en Statgraphics. Este utilizó el método de mínimos cuadrados de la distribución observada, en el cual se emplearon las frecuencias relativas y acumuladas, a las que se le efectuaron, a su vez, transformaciones lineales (para más detalles vease III.3.c., aparte A, con una descripción más precisa).

Estos valores para cada estación, se recopilaron en la tabla 3.

Al mismo tiempo se dibujó para comparaciones, la distribución de frecuencias relativas observadas y la curva teórica de probabilidades de Weibull (vease Anexo H).

### V.3. PRUEBAS DE BONDAD.

---

Con el fin de comprobar la semejanza entre las curvas de frecuencia de velocidad del viento observado y la función de distribución de velocidades Weibull es decir, determinar si los datos de vientos observados son del tipo Weibull, se utilizaron los test Chi-cuadrado ( $X^2$ ) y Kolmogorov-Smirnov, generalmente usados en datos de viento en superficie según [13], [16] y [18].

#### V.3.a. TEST CHI-CUADRADO ( $X^2$ ).

---

Introducido por Pearson en 1900, es una prueba de bondad comúnmente utilizada para un gran número de datos, tal que, se probó que la suma de los cuadrados de las desviaciones entre los valores de velocidad de viento esperados ( $P_i$ ) y los valores observados ( $Q_i$ ), divididos entre los valores esperados (d, vease ec. 39), debió ser menor que  $X^2_{k-3,0.05}$ , que es el valor de la distribución chi-cuadrado, con un nivel de significancia del 5% ( $\alpha=0.05$ ), con  $k-3$  grados de libertad ( $k$  es el número de intervalos y 3 resulta de la pérdida de grados de libertad: 1 por el total y 2 por los parámetros de Weibull  $K$  y  $C$ ) [42] y [43].

$$d = \sum_{i=1}^k ((P_i - Q_i)^2 / Q_i) \quad (39)$$

En resumen, la hipótesis que la distribución de las velocidades de viento observadas se ajustó a Weibull, con un 5% de significancia se confirmó si  $d < \chi^2_{k,0.05}$ , que en caso contrario fue negada.

Este procedimiento se ejecutó con el Statgraphics y sus resultados se encuentran en la tabla 3, que presenta las estaciones con niveles de significancia mayores o iguales al 5%.

#### V.3.b. KOLMOGOROV-SMIRNOV.

---

Válido para cualquier cantidad de datos, el test de Kolmogorov-Smirnov calculó la máxima desviación horizontal (D), en valor absoluto, entre la función de distribución acumulada de los datos observados  $F_o(x)$  y la función de distribución acumulada teórica  $F_w(x)$  (Weibull), con un nivel de significancia del 5% (error tipo I, 95% de nivel de confianza), de acuerdo a la ecuación (40) [43]:

$$D = \underset{i=1}{\overset{n}{\text{Máx}}} [ F_o(x_i) - F_w(x_i) ] \quad (40)$$

Así, esta máxima desviación fue comparada con los valores críticos del test K-S ( $D^*$ ) donde se aceptó la hipótesis del ajuste cuando  $D < D^*$  que en caso contrario se descartó.

## VI. ANALISIS DE RESULTADOS.

Se explican a continuación los resultados obtenidos en este estudio estadístico, por zonas, en cada estación.

### VI.1. COSTA NOR-ORIENTAL.

---

Esta zona se dividió en 2 sectores, definidos en base a las características del comportamiento del viento: Sector Costero (Muelle Jose 3, Barcelona y Carúpano) -bajas velocidades, asimetría en la distribución del viento,  $K$  cercanos a 2 (Alisios), efectos brisas mar-tierra- y Sector Costa Afuera (Porlamar y Estación A) -direcciones fijas ( $k > 2$ ), velocidades altas-.

#### VI.1.a. SECTOR COSTERO.

---

Muelle Jose 3. Se presentó una distribución irregular de la dirección del viento, predominando las direcciones del 1er cuadrante, concentrándose la distribución de las velocidades entre los 2 y 3 m/s (la menor asimetría del sector). Las mayores velocidades promedio ocurrieron alrededor de las 4 de la tarde con dirección prevaleciente norte-noreste y las mínimas sucedieron entre las 8 y 9 de la mañana, con dirección SW-SSW, lo que representa un giro de aproximadamente de 180

grados, que señaló la influencia de las brisas de mar-tierra en el sector.

Los valores observados no se ajustaron, tanto a la recta de regresión normal, como a la distribución de Weibull.

Barcelona. Tuvo una distribución de la dirección del viento aún más irregular que Muelle Jose 3, y velocidades más frecuentes en los 2 m/s, aunque bastante asimétrica. Las brisas mar-tierra fueron de un comportamiento similar en dirección y magnitud a la anterior estación, aunque las velocidades mínimas promedio se observaron entre las 2 y 4 de la mañana. Con pocas variaciones en las velocidades diarias, las direcciones diarias prevaecientes fluctuaron en el 1er y 2do cuadrante para Enero y Julio, respectivamente.

Tampoco pudo realizarse un ajuste con la recta normal ni con Weibull.

Carúpano. Entre las atributos que poseen las observaciones de esta estación meteorológica, se destacó las semejanzas que hubo entre esta y las de Barcelona y Muelle Jose 3, tanto en dirección (dispersión) y velocidad (bajas, y mayores en el mes de Enero), como en lo referente a la influencia de las brisas de mar-tierra, además de el descarte que se realizó con los ajustes de la recta normal (principalmente en los extremos) y Weibull. Un resultado importante fue el de los parámetros de forma de Weibull, los cuales indicaron un predominio de los vientos Alisios en el sector analizado (K cercanos a 2).

## VI.1.b. SECTOR COSTA AFUERA.

---

Porlamar. Mostró una dirección prevaleciente prácticamente fija ( $K > 2$ ), del este\*, tanto diaria como horariamente y velocidades promedio de 6 m/s. Las mayores velocidades promedio se sucedieron en la tarde 2-3 pm (8-9 m/s) y las mínimas en promedio al final de la noche 5-6 am.

La hipótesis de datos tipo Weibull en esta estación fue rechazada (la curva de frecuencias Weibull sobrepasó las frecuencias observadas en los valores centrales); así como hubo falta de amolde a la recta normal.

\* *Nota:* Durante la transcripción de los datos, se notó, principalmente en Julio, algunas desviaciones notables en velocidad y dirección, atribuidas al paso de situaciones sinópticas de mal tiempo en el sector.

Estación A. Con poca variación en su dirección prevaleciente diaria y horaria  $-K > 2-$  (generalmente del este y ligeras tendencias al 2do. cuadrante), se observaron las mayores velocidades de la costa nor-oriental, cuyos valores mínimos horario se hallaron alrededor de 10-11 am, y los máximos entre 7-9 pm (aprox. 7 m/s), (sin percibirse ninguna característica de brisa mar-tierra, como también Porlamar)

No obstante la asimetría negativa de la distribución de velocidades, no se superan los test de bondad para Weibull, pero hubo cierto alineamiento con la recta normal, excepción en los extremos altos y bajos.

Un resumen de los resultados se encuentra en la tabla 3, donde se ordenaron las estaciones de acuerdo a las divisiones efectuadas por sector (sentido E-W en la costa nor-oriental y circulación ciclónica -empezando por Los Monjes- en las costas nor-occidentales). y los gráficos se hallan repartidos en los anexos (según V.2).

## VI.2 ZONA NOR-OCCIDENTAL.

La zona nor-occidental se examinó en tres sectores, a razón de la conducta del viento en superficie: Sector Golfo de Venezuela (Los Monjes, Punto Fijo, Paraguaipoa, Isla Zapara, Santa Cruz y El Tablazo) -altas velocidades (menos Punto Fijo), direcciones persistentes ( $K > 2$ ), velocidades máximas y mínimas en la medianoche y el mediodía, respectivamente, y buenos ajustes de velocidad sobre la recta normal, más desviaciones a la izquierda en Enero y a la derecha en Julio-; Sector Estrecho de Maracaibo (Maracaibo LUZ, La Cañada) - definido como un sector de transición, con pérdida del 50% de las velocidades- y Sector Lago de Maracaibo (Barranquitas, Santa Bárbara, Menegas, Menegrande, Bachaquero y Canal VOC) -con atributos que destacan la convergencia local del sur del lago, porcentaje de calmas importante, dispersión acentuada en todas las direcciones y bajas velocidades (perdiendose de nuevo casi el 50% de la magnitud de las velocidades del sector anterior-.

## VI.2.a. SECTOR GOLFO DE VENEZUELA.

---

Los Monjes. Registró altas velocidades promedio ( $V > 8$  m/s), con dirección preferencial proveniente del noreste (confirmado por los valores de  $K > 2$ ). Sus velocidades máximas diarias ocurrieron entre las 8 y 9 pm (12 m/s), con mínimas promedio de hasta 7 m/s (10-11 am).

Aunque no pasó los test de pruebas, los datos se graficaron ordenadamente con respecto a la recta de distribución normal, con la excepción de los extremos.

Punto Fijo. Con dirección predominantemente del este ( $K > 2$ ), las velocidades promedio son las más bajas (3.3 y 3.9 m/s en Enero y Julio, respectivamente), caso extraño -se presumió a fallas en los equipos medidores- en un sector que se caracteriza por sus altas velocidades, siendo muy baja su variación diaria promedio (desviación estándar de 0.70 y 0.84 para Enero y Julio). Se ubicaron sus velocidades mínimas promedio entre las 5-6 am y las máximas: 1 de la tarde en Enero y 5-6 pm en Julio.

No se pudo afirmar, que los datos fueran del tipo Weibull, ya que no pasó las pruebas de  $\chi^2$ , ni K-S (Kolmogorov-Smirnov), debido a que la curva teórica sobreestimó las frecuencias máximas; mientras que el arreglo gráfico de los datos en la recta normal no fue satisfactorio.

Al igual que Porlamar, en Punto Fijo se observaron grandes fluctuaciones de velocidad y dirección del viento, paralelamente en las épocas del paso de sistemas de mal tiempo

por el Mar Caribe (Julio en especial), lo que significa que tanto Porlamar como Punto Fijo, son estaciones meteorológicas que demuestran estas influencias sobre las costas del norte de Venezuela.

Paraguiapoa. Con más del 70% de ocurrencia de vientos del NE ( $K > 2$ ), Paraguiapoa tuvo las mayores velocidades promedio del sector, de la zona, y de las examinadas en este estudio, debido a que el viento fluye prácticamente desde el mar abierto, sin ninguna influencia topográfica importante (estando Los Monjes más al norte, no posee mayores velocidades, ya que este es un islote rocoso y Paraguaipoa está casi al nivel del mar). Inversamente a lo acostumbrado, las mayores velocidades se situaron en la medianoche (10 m/s) y las mínimas diarias entre 3 y 4 pm (asociado a las diferencias del calentamiento entre la tierra y el mar).

Esta estación fue la única que aprobó los 2 test de prueba de ajuste a la distribución Weibull, para los meses de estudio, y adicionalmente, los datos se acomodaron bastante bien a la recta normal (el mejor caso: Enero), salvo los extremos.

Isla Zapara. En la estación Isla Zapara se advirtió un descenso, de 5 m/s, en las velocidades horarias promedio en el mediodía (acompañada de una ligera variación de la dirección N-NNE), con máximas a las 11 pm (casi 12 m/s).

La distribución de las velocidades indicaron un predominio de altas velocidades, con un desfase de aproximadamente 2 m/s (Marzo > Julio), y la distribución de la dirección señaló un dominio de flujo del NE ( $K > 2$ ).

Las observaciones de Marzo, prácticamente se inscribieron dentro de la recta de regresión normal (mejor que Julio), con la excepción de los extremos, que se desviaron de manera significativa; no pasando lo mismo con las pruebas de bondad, de modo que se negó la suposición de valores tipo Weibull (la curva teórica no simuló las frecuencias máximas).

Santa Cruz. Presentó condiciones similares a la estación anterior, dirección persistente ( $K > 2$ ) del ENE y altas velocidades promedio (7.9 / 6.6 m/s, Enero/Julio); sus velocidades mínimas diarias en promedio ocurrieron a las 11 am, siendo sus mayores velocidades entre 10-12 pm en Enero (10 m/s) y para Julio 5-9 pm.

La estación mostró amplios cambios de velocidad (las mayores desviaciones estándar del estudio) y dirección diaria (dentro del 1er cuadrante); efectuándose una aceptación de los test de bondad sólo para el mes de Enero (que de paso es el mejor ploteado sobre la recta normal, con la excepción en los extremos mínimos y máximos).

El Tablazo. De nuevo, se repitieron ciertas condiciones ya descritas anteriormente: altas velocidades con mínimas diarias a las 11 am, y máximas en la medianoche (11 pm, 8 m/s), con un desfase de 2 m/s (siendo mayor el mes de Enero), dirección predominante del N y NNE, para Enero y Octubre, respectivamente, que comprueba las propiedades del factor de forma de Weibull ( $K > 2$ ).

Los valores intermedios de velocidad, se asemejaron en buena forma a la recta normal (menos los extremos superiores e

inferiores) y la prueba de K-S permitió la clasificación de los datos como Weibull, en el mes de Julio.

#### VI.2.b. SECTOR ESTRECHO DE MARACAIBO.

---

Maracaibo LUZ. La dirección predominante ( $K > 2$ ) del norte y velocidades menores a las del sector antes estudiado (3.9 / 3.4 m/s para Enero/Julio, un 50% menos), fueron detalles propios de esta estación; con velocidades máximas diarias promedio entre las 5 y 7 de la noche (5-6 m/s), y mínimas a las 7 am, que no logró pasar los test de prueba y tampoco se ajustó bien a la recta normal.

La Cañada. Fue prácticamente una estación "gemela" de la estación Maracaibo Luz, con la única diferencia que la dirección prevaleciente resultó del NNE. Cualquier otra referencia se hace de la misma manera que la estación anterior.

#### VI.2.c SECTOR LAGO DE MARACAIBO.

---

Barranquitas. Una distribución de la dirección del viento bastante dispersa, y la presencia de bajas velocidades (1.6 y 1.3 m/s en Enero y Julio, respectivamente), con un porcentaje de calmas apreciable, fue un atributo típico de este sector; velocidades máximas en la tarde (2-3 pm, 2m/s), pero con mínimas promedio muy variables, su dirección prevaleciente en Enero fue del norte, y en Julio del NW, fluctuando la dirección horaria del SSW a E (aprox, 270 grados), en sentido horario.

En Julio, los valores de velocidad se ordenaron según la recta normal, no así en los extremos, y en conjunto los datos analizados resultaron del tipo Weibull (o sea, que se ajustan a la distribución teórica), sólo para el mes de Julio.

Santa Bárbara. Resultó la estación con las más bajas velocidades promedio calculadas (menores de 1 m/s), y con la mayor cantidad de calmas registradas (de paso  $K < 2$  y cercanos a 1), con más del 30% de ocurrencia por lo menos; presentó además variaciones de la dirección en todos los sentidos durante el día y el mes. Entre las 2 y 4 de la tarde se ubicaron las velocidades máximas, con velocidades mínimas cerca de las 11 pm en Enero y 6 am en Julio (calmas absolutas). Debe recordarse que esta estación se ubica en la llamada zona de convergencia local del sur del lago (vease III.2.b).

Ploteados en papel normal, los datos no se ajustan a la recta de regresión, pareciendo más bien a una distribución exponencial, dado su alineamiento.

Respecto a la distribución Weibull, estos datos no se ajustaron, a pesar que la curva dibujada se adaptó bastante a la distribución observada.

Menegas. Las velocidades promedio resultaron 2 m/s mayores en Julio que en Enero (3.3 y 1.1 m/s respectivamente), desfase que se aprecia en la distribución de velocidades, con un porcentaje de calmas notable en Enero (<25%) y una distribución irregular de la dirección del viento (común en zonas de convergencia), con predominio de flujos del SW en Enero y del E

en Julio. Las velocidades máximas ocurrieron creca del mediodía (flujos del SW) y las mínimas entre 4-5 am (dir.E-NE).

La forma como se adapta la curva teórica de Weibull a las observaciones, se pudo considerar buena visualmente, como lo confirmó la aceptación de la suposición de datos tipo Weibull para cada mes (se supuso que esto se debe a la ubicación de la estación sobre el lago), pero de manera separada ( $\chi^2$ , Enero y K-S, Julio); además los valores intermedios de la velocidad, se ajustan en buena medida a la recta de regresión normal, excepción hecha en los extremos.

Menegrande. De nuevo predominaron las velocidades bajas, con una distribución de direcciones bastante diseminadas (a pesar que  $K > 2$ ), reflejadas horaria y diariamente (sobresaliendo el flujo del SSE en Enero y del ENE en Julio). Las velocidades máximas en promedio se encontraron alrededor de las 3 de la tarde y las mínimas a las 10 pm. Los valores de velocidad del viento en Enero, fueron los que mejor se adaptaron a la recta normal, como tambien pasaron el test de K-S para Weibull.

Bachaquero. En el mes de Enero, se presentó una velocidad promedio baja (1.2 m/s) y un alto porcentaje de calmas (típico de la zona de convergencia local del lago), junto a una distribución bastante irregular de la dirección del viento, con flujo del SE generalmente, y un giro durante el día, de casi 180 grados (del Este a Oeste en sentido horario). Bachaquero no tuvo datos ajustados a la recta normal ni por las pruebas de bondad para Weibull.

Canal VOC. Alto porcentaje de calmas, bajas velocidades promedio, distribución de la dirección muy dispersa, velocidad promedio máxima a las 3 de la tarde (dirección SSW), y mínimas a las 11 pm (flujo del NNE), fueron varios de los resultados obtenidos en esta estación, que tuvo valores de  $K < 2$  (influencia de calmas) y no presentó datos ajustados a Weibull, como tampoco adaptación a la recta normal.

Dos mapas que presentan las velocidades y direcciones prevalecientes del viento en superficie, de la circulación de la zona nor-occidental se hallan en la fig. 29 (Enero), y fig. 30 (Julio). Un resumen de los resultados se encuentra en la tabla 3. y los gráficos se hallan repartidos en los anexos (según V.2).

En general se pudo resumir que:

Las velocidades promedio de Enero fueron mayores que las de Julio, siendo las excepciones producto de influencias locales.

Existió una variación estacional notable de los parámetros de Weibull.

El factor de Escala C, mostró una correlación excelente con respecto a las velocidades promedio, en mayor grado que K, que logra describir, de una manera aproximada las condiciones del viento en las estaciones.

Los valores de los parámetros de Weibull hallados aquí, son similares a los estimados por Pavia ET AL [19] (vease la fig. 17 y tabla 3), incluyendose las fluctuaciones estacionales y latitudinales señaladas en los diagramas Hovmoller.

Sólo la estación de Paraguiapoa registró valores ajustados a la distribución Weibull de velocidades, ya que pasó los dos test de prueba en conjunto; aunque esto no quiere decir que la distribución de velocidades de las estaciones restantes hayan diferido de una forma importante a la curva teórica. Esto se observó en los gráficos del Anexo H, en que la curva teórica sigue las tendencias de las distribuciones observadas, bien sea por la asimetría, ancho de la base de la curva o por el rango de frecuencias teórico esperado.

Los datos de los meses típicos, de las estaciones con velocidades promedios altas, fueron los que mejor se ordenaron con respecto a la recta de regresión, en papel de probabilidad normal, con la excepción común de la falta de ajuste en los extremos superiores e inferiores, que fue una de las ventajas de las curvas de frecuencia de Weibull.

Tabla 3.

CUADRO RESUMEN DE ESTADISTICAS DE VIENTO EN SUPERFICIE

COSTA NOR-ORIENTAL																
ESTACION	VELOC. PROM. (m/s)		DESV. ESTANDAR		DIRECCION PREVAL		K (F. DE FORMA)		C (F. DE ESCALA)		ASIMETRIA		PRUEBA CHI-2 > 0.05		PRUEBA K-S > 0.05	
	ENERO	JULIO	ENERO	JULIO	ENERO	JULIO	ENERO	JULIO	ENERO	JULIO	ENERO	JULIO	ENERO	JULIO	ENERO	JULIO
MUELLE JOSE S	3.3	2.6	1.70	1.40	NNE	N	2.09	2.04	3.71	2.84	0.27	0.52	-	-	-	-
BARCELONA	2.9	2.3	1.64	1.06	NNE	SSE	2.30	1.80	2.50	3.10	0.75	0.87	-	-	-	-
CARUPANO	2.3	2.1	1.17	1.04	E	E/SSW	2.12	2.17	2.61	2.37	0.78	0.73	-	-	-	-
FORLAMAR	6.3	6.0	1.75	1.80	E	E	4.04	4.28	7.00	6.62	0.14	0.02	-	-	-	-
A	6.8	5.4	1.70	2.24	E	E	4.89	2.82	7.39	6.03	-0.69	-0.27	-	-	-	-
COSTA NOR-OCCIDENTAL																
ESTACION	VELOC. PROM. (m/s)		DESV. ESTANDAR		DIRECCION PREVAL		K (F. DE FORMA)		C (F. DE ESCALA)		ASIMETRIA		PRUEBA CHI-2 > 0.05		PRUEBA K-S > 0.05	
	ENERO	JULIO	ENERO	JULIO	ENERO	JULIO	ENERO	JULIO	ENERO	JULIO	ENERO	JULIO	ENERO	JULIO	ENERO	JULIO
LOS MONJES	8.9	8.8	1.95	2.24	NE	NE	5.00	4.70	8.60	10.70	0.08	0.38	-	-	-	-
PUNTO FIJO	3.3	3.9	0.70	0.84	E	E	4.59	6.35	3.67	4.14	-0.08	-0.13	-	-	-	-
PARAGUAPOA	8.0	* 8.0	1.68	1.56	NE	NE	6.00	6.30	8.70	8.70	-0.19	0.03	0.63	0.73	0.99	0.48
ISLA ZAPARA	** 8.8	7.2	1.79	1.75	NE	NE	6.00	2.80	10.80	8.10	-0.01	0.05	-	-	-	-
SANTA CRUZ	7.9	6.8	1.86	2.74	ENE	ENE	4.60	2.60	8.60	7.50	-0.17	0.18	0.21	-	0.13	-
EL TABLAZO	*** 7.2	4.6	1.70	2.28	NE	NNE	4.71	2.23	7.81	6.16	-0.28	0.28	-	-	-	0.24
MARACAIBO LUZ	3.9	3.4	0.57	1.29	N	N	3.78	2.80	4.38	3.77	0.02	0.49	-	-	-	-
LA CANADA	4.0	3.3	1.13	1.11	NNE	NNE	3.71	3.08	4.38	3.64	0.00	0.84	-	-	-	-
BARRANQUITAS	1.6	1.3	0.59	0.44	N	NW	3.00	3.20	1.80	1.50	0.11	0.14	-	0.08	-	0.16
SANTA BARBARA	0.7	0.8	0.50	0.50	C/WNW	C/ENE	1.30	1.80	0.70	0.90	0.00	0.62	-	-	-	-
MENEGAS	1.1	3.3	0.71	1.44	SW	E	2.46	2.53	1.56	3.77	0.69	0.18	0.12	-	-	0.66
MENEGRADE	2.0	1.8	0.71	0.64	SSE	ENE	3.01	2.94	2.21	1.99	0.22	0.81	-	-	-	0.29
BACHAQUERO	1.3	/	0.90	/	SE	/	2.41	/	1.88	/	0.33	/	-	/	-	/
CANAL VOC	1.2	1.2	0.82	0.79	C/SSW	SSW	1.90	1.80	1.50	1.70	0.77	0.69	-	-	-	-

\* JUNO C= CALMA

\*\* MARZO

\*\*\* OCTUBRE

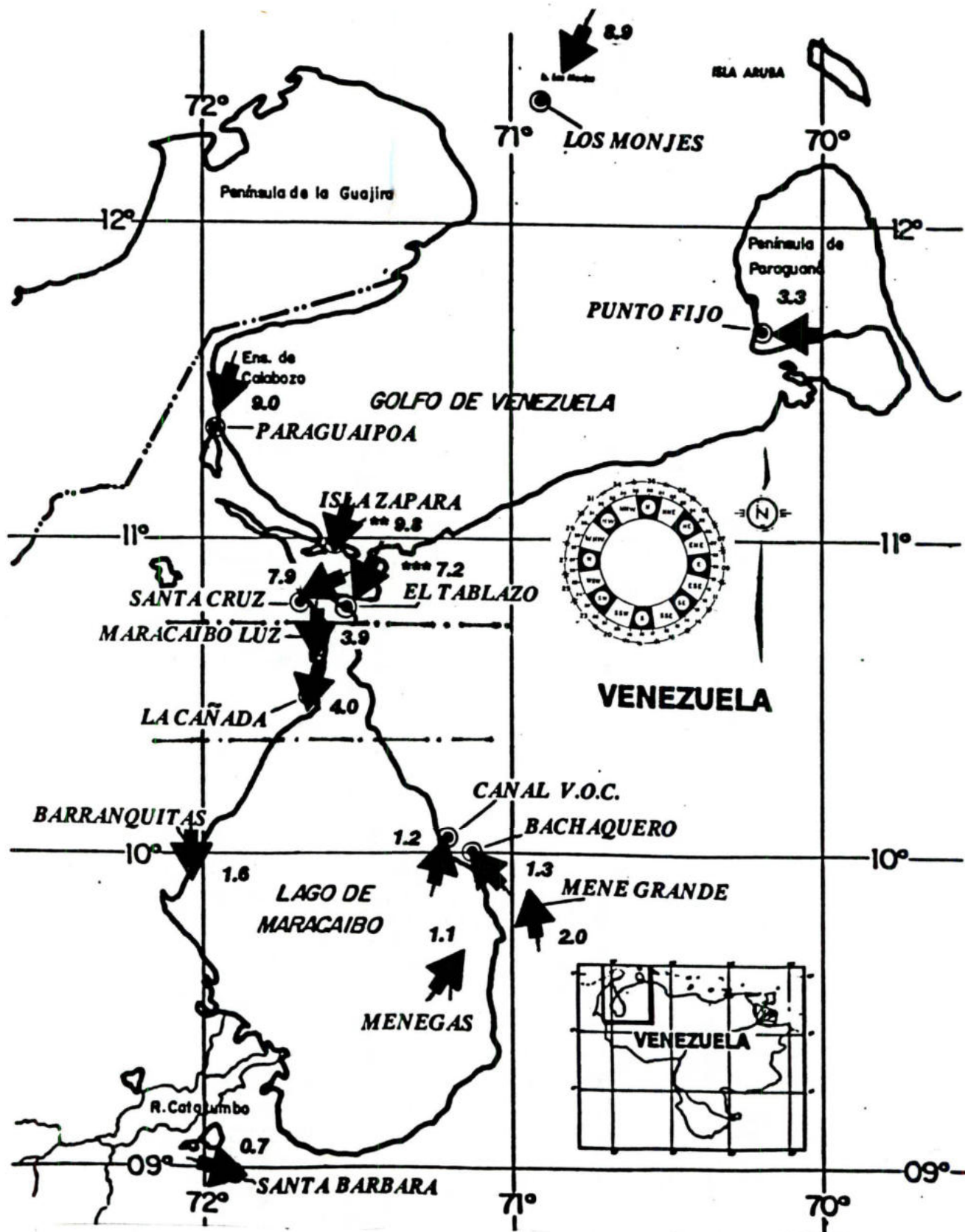


Fig. 29. Esquema resumen de la Circulación del Lago de Maracaibo, Estrecho de Maracaibo y Golfo de Venezuela. Enero. (notese la línea de separación).

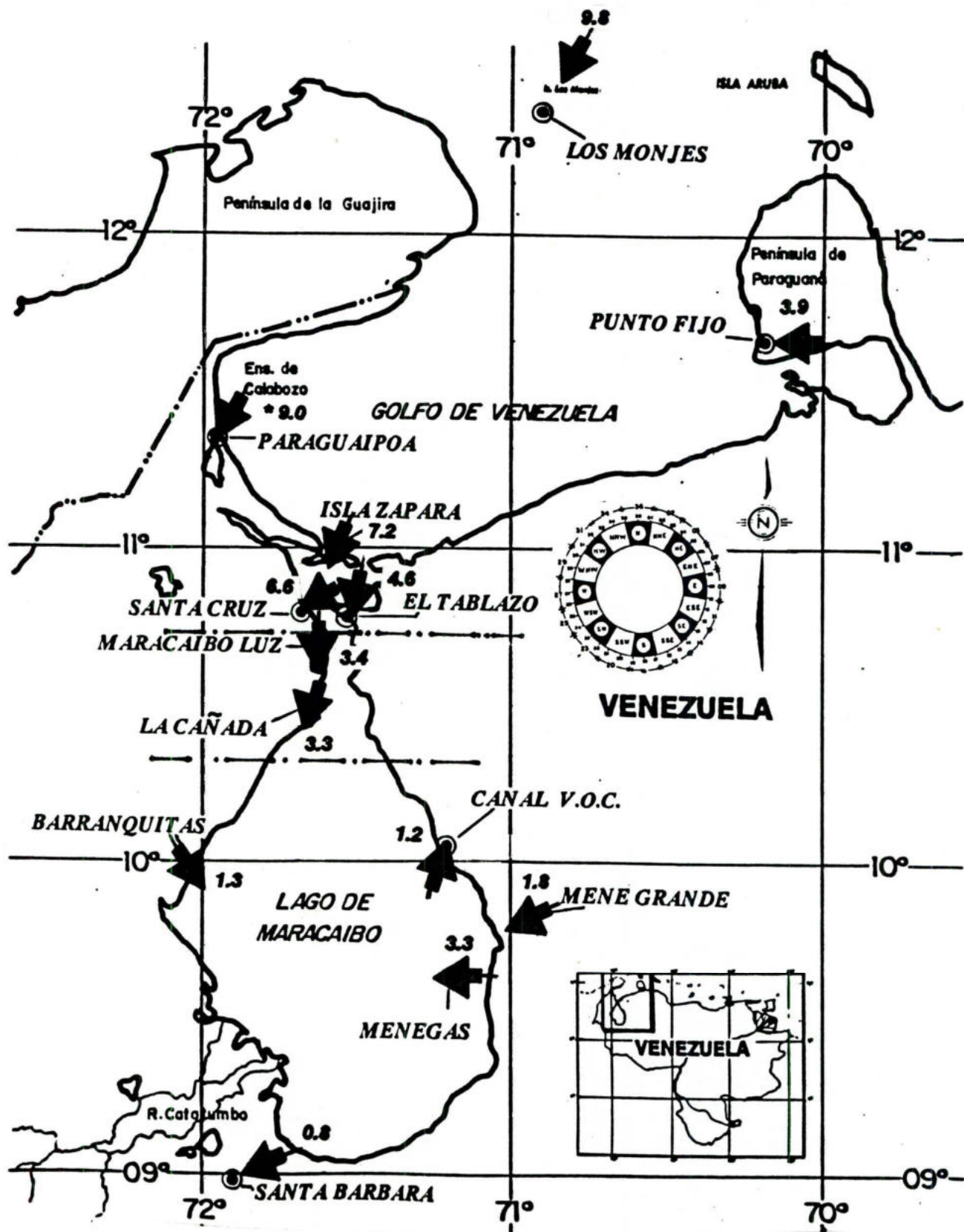


Fig. 30. Esquema resumen de la Circulación del Lago de Maracaibo, Estrecho de Maracaibo y Golfo de Venezuela. Julio. (notese la línea de separación).

## VII. CONCLUSIONES.

De acuerdo a la regionalización (costas nor-oriental y nor-occidental de Venezuela), y sectorizaciones hechas, se concluye en general, que:

- En las costas norte de Venezuela, el flujo predominante de los vientos Alisios del NE se confirma con las mayores velocidades del viento durante el mes de Enero, coincidiendo con la marcada influencia del anticiclón de las Azores en esa época. Lo contrario relaciona el debilitamiento del viento en Julio.

- Las velocidades del viento disminuyen a medida que se acerca a la costa, debido al roce producido por la topografía; en este sentido, la dirección prevaleciente también sufre modificaciones.

- Se corroboran los argumentos expuestos por [11] y [39], que indican una circulación ciclónica (sentido antihorario) del flujo del viento en el lago de Maracaibo, cuya principal razón se debe a la topografía de la región.

- La ubicación de las estaciones meteorológicas señalan la existencia de una variación espacial de la velocidad del viento en la costa nor-occidental. Las velocidades presentan una tendencia a disminuir un 50% a medida que se avanza hacia el sur, de acuerdo a tres sectores: altas velocidades, Golfo de Venezuela; velocidades intermedias, Estrecho de Maracaibo y bajas velocidades, Lago de Maracaibo.

- En las costas nor-orientales (sector costero) se puede decir que el efecto de brisa mar-tierra es más notable (tiene una orografía más pronunciada cerca de las estaciones) que en las costas nor-occidentales, aunque para ser más preciso al respecto hay que realizar mediciones adicionales de presión y temperatura, como mínimo.

- Se ratificaron los valores de los parámetros de la distribución Weibull de velocidad del viento, estimados por *Pavia ET AL* en [19], para las latitudes en que se encuentra Venezuela, principalmente el factor de escala C.

- Las pruebas de bondad de  $\chi^2$  y Kolmogorov-Smirnov, indican el rechazo a la hipótesis que los vientos en las zonas examinadas (menos Paraguaipoa, que se debe a efectos locales) tienen un comportamiento regido bajo la distribución Weibull de velocidad del viento y validan las afirmaciones que hace *Erickson ET AL* en [18], sobre la ausencia de vientos superficiales del tipo Weibull en áreas de Suramérica y Atlántico ecuatorial.

- Dadas las magnitudes de las velocidades promedio del viento y direcciones prevalecientes prácticamente fijas, se considera a los sectores del Golfo de Venezuela y Costa Afuera, con todas las características aprovechables, para desarrollos de energía eólica.

- La aridez que presentan las zonas de altas velocidades se debe a la influencia de viento en la degradación del suelo (vientos mayores de 7 m/s lo erosionan) [44]

- A pesar que se trabajó con un selecto número de estaciones y con registros poco homogéneos cronológicamente hablando, los resultados dan una buena aproximación a la descripción de lo que sucede con respecto a vientos en las zonas estudiadas, logrando llenar un vacío de información que sobre el tema existía en Venezuela y que será de gran utilidad para INTEVEP y los organismos colaboradores (MARNR, FAV y MARINA).

## VIII. RECOMENDACIONES.

- Complementar y extender este estudio estadístico para toda Venezuela, puesto que es muy poca la información analizada sobre vientos en el país.

- La Industria Petrolera Nacional debe tomar en cuenta los valores examinados para los planes de contingencia en derrames de petróleo, incendios, etc., ya que el viento es un factor importante en el movimiento e intemperización del petróleo [45]. Más del 50% de las estaciones mostraron vientos promedios superiores a los 16 Km/h ( $<4\text{m/s}$ ), lo que implica problemas de contención y recolección.

- Las estadísticas obtenidas pueden servir de base a modelos de derrames y de circulación o de corrientes, de contaminación atmosférica; también para navegación, seguridad y defensa nacional, planificación, diseño, exploración, confort climático, etc.

- En lo posible, todos los organismos encargados de proveer datos meteorológicos, deben computarizar sus bases de datos, para así hacer más accesible y manejable la información a procesar, permitiendo de esta manera, la elaboración de investigaciones más ambiciosas, en cuanto a la longitud de sus datos.

- Esta es la 1ra vez que se aplica la distribución de Weibull en Venezuela. La ausencia del ajuste, no significa que los parámetros no tengan validez; por eso se aconseja probar

esta distribución en otras áreas del país, con las modificaciones señaladas III.3.b.

- INTEVEP podría interesarse en fuentes alternas de energía (en este caso eólica, por supuesto), dada la ubicación de las actividades de la Industria; lo que conllevaría a ahorros sustanciales en actividades donde fuese difícil la obtención de energía eléctrica, para dar un ejemplo. Además, con vistas al futuro petroquímico del país, el parámetro viento, tomará un valor importante en las actividades de predicción y dispersión de contaminantes generados por estas labores.

Como INTEVEP posee una buena infraestructura en cuanto a estaciones meteorológicas, debe y puede aprovecharla, optimizándola al máximo, por medio de un plan general de operación y mantenimiento de sus estaciones, logrando de este modo, una cierta independencia de información con respecto a otros organismos, puesto que los objetivos de servicio, adecuados a la industria Petrolera sólo los podría cumplir a cabalidad la Gerencia General de Ecología y Ambiente que maneja la red de INTEVEP

## IX. BIBLIOGRAFIA.

- 1- GORDON, A. H. *Elementos de meteorología dinámica*. UTEHA, 1ra. Edición, . Mexico. 1965.
- 2- NECCO, G. V. *Curso de cinemática y dinámica de la atmósfera*. EUDEBA, Buenos Aires. 1980.
- 3- TOHARIA, M. *Tiempo y clima*. Salvat Editores, Barcelona. 1984.
- 4- GLENN, A. H. *Meteorological-oceanografic factor affecting offshore petroleum operations in the Gulf of La Vela: offshore Venezuela*. Informe Tecnico. s/n. 1970.
- 5- REIHL, H. *Climate and weather in the tropics*. Academic Press, London. 1979.
- 6- MUNN, R. E. *Descriptive micrometeorology*. Academic Press, New York. 1968.
- 7- HERRERA, L., FEBRES, G. *Aspectos meteorológicos importantes en la región del Delta del Orinoco dentro del marco de la meteorología caribeña y atlántica*. Informe Tecnico INTEVEP (INT-00109,79). Los Teques. Noviembre 1979.
- 8- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES. *Atlas de Venezuela*. 2da. Edición. Dirección de Cartografía Nacional, Caracas. 1979.
- 9- NATIONAL METEOROLOGICAL CENTER. *Climate Diagnostics Bulletin, January 1987*. National Weather Services, NOAA, Washington D. C. 1987.

10- NATIONAL METEOROLOGICAL CENTER. *Climate Diagnostics Bulletin, July 1987*. National Weather Services, NOAA, Washington D. C. 1987.

11- PELEGRI J. L., VILLORIA, C., AVILA R., MASCIANGIOLI P. *Caracterización preliminar de la dinámica del sistema oceano-atmósfera en el Golfo de Venezuela*. Informe Técnico INTEVEP (INT-EPTP-00013,88). Los Teques, Diciembre 1988.

12- TULLER, S. E. y BRETT, A. C. The characteristics of wind velocity that favor the fitting of a Weibull distribution in wind speed analysis. *J. Clim. Appl. Meteorol.*, 23, 124-134. 1984.

13- TULLER, S. E. y BRETT, A. C. The goodness of fit of the Weibull and Rayleigh distributions to the distributions of observed wind speed in a topographically diverse area. *J. of Climatology*, 5, 79-94. 1985.

14- TAYLOR, J. A., JAKEMAN, A. J. y SIMPSON, R. W. Modeling distributions of air pollutant concentrations, II. Estimations of one and two parameter statistical distributions. *Atmos. Environ.*, 20, 2435-2447. 1986.

15- DRUYAN, L. M. Wind climate studies for WECS siting. *J. of Climatology*, 5, 95-105. 1985.

16- COROTIS, R. B., SIGL, A. B. y KLEIN, J. Probability models of wind velocity magnitude and persistence. *Solar Energy*, 20, 483-493. 1978.

17- JUSTUS, C. G., HARGRAVES, W. R., MIKHAIL, A. y GRABER, D. Methods for estimating wind speed frequency distributions. *J. Appl. Meteor.*, 17, 350-353. 1978.

18- ERICKSON, D. J., III y TAYLOR, J. A. Non-Weibull behavior observed in a model generated global surface wind field frequency distribution. *J. Geophys. Res.*, 94, 12693-12698. 1989.

19- PAVIA, E. G. y O'BRIEN, J. J. Weibull statistics of wind speed over the ocean. *J. Clim. Appl. Meteorol.*, 25, 1324-1332. 1986.

20- TAKLE, E. S. y BROWN, J. M. Note on the use of Weibull statistics to characterize wind speed data. *J. Appl. Meteor.*, 17, 556-559. 1978.

21- STEWART, D. A. y ESSENWANGER, O. M. Frequency distribution of wind speed near the surface. *J. Appl. Meteor.*, 17, 1633-1642. 1978.

22- DIXON, J. C. y SWIFT, R. H. The directional variation of wind probability and weibull speed parameters. *Atmos. Environ.*, 18, 2041-2047. 1984

23- HUMBOLDT, A. *Viaje a las regiones equinociales del nuevo continente*. 1ra. Edición. Monte Avila Editores, Caracas. 1985.

24- FEBRES, G., COOPER, C., OCTAVIO, K., AVILA, R. *Evaluación de las condiciones oceanográficas y meteorológicas del Delta del Orinoco en base a datos históricos*. Informe Tecnico INTEVEP. Los Teques. Marzo 1978.

25- FEBRES, G., COOPER, C., OCTAVIO, K., AVILA, R. *Investigaciones oceanográficas y meteorológicas del Delta del Orinoco*. Informe Tecnico INTEVEP. Los Teques. Septiembre 1978.

26- FEBRES, G., HERRERA, L., COOPER, C. *Estudio oceanográfico y meteorológico integral de la región costera de Venezuela*. Informe Tecnico INTEVEP. Los Teques. Noviembre 1978.

27- FEBRES, G., HERRERA, L. *Características oceanográficas y meteorológicas de la región del muelle de Hoces, SE de la fosa de Cariaco*. Informe Tecnico INTEVEP. Los Teques. Noviembre 1979.

28- HERRERA, L., FEBRES, G., ANDRES, J. *Distribución de las masas de agua y sus vinculaciones dinámicas en el sector Centro Occidental venezolano, mar Caribe*. Informe Tecnico INTEVEP (INT-00241,80). Los Teques. Abril 1980.

29- HERRERA, L., FEBRES, G., VILLORIA, C., AVILA, R., PELEGRI, J. L. *Características meteorológicas presentes en la región de Muelle de Jose, bajo condiciones normales y extremas*. Informe Tecnico INTEVEP. Los Teques. Febrero 1981.

30- FEBRES, G., VILLORIA, C., AVILA, R., MASCIANGIOLI, P. *Características generales de los regimenes de vientos, corrientes, mareas y olas en el Noroeste de la Península de Paraguaná*. Informe Tecnico INTEVEP. Los Teques. Noviembre 1982.

31- CHITTY, A. *Compendio de información eólica de Venezuela 1981*. Ministerio de Energía y Minas. Caracas. 1982.

32- MARION, A., FEBRES, G. *Caracterización de los vientos en el área costa afuera del delta del Orinoco*. Informe Tecnico INTEVEP (INT-01007,84). Los Teques. Junio 1983.

33- MORENO, M. *Análisis de viento y radiación para Venezuela*. Serie de Informes Tecnicos IT. Ministerio del

Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Caracas, Marzo 1983.

34- MARTINEZ, M. *Regimen de vientos en la Bahía El Tablazo. Edo. Zulia. Informe de Pasantía. Dpto. de Meteorología e Hidrología. UCV. Caracas. 1984.*

35- MASCIANGIOLI, P., PELEGRI, J. L., AVILA, R. *Breve descripción de las corrientes, mareas, vientos y oleaje en la bahía del Tablazo. Informe Interno INTEVEP. Los Teques. Noviembre 1984.*

36- PELEGRI, J. L., AVILA, R., MASCIANGIOLI, P., VILLORIA, C., PONTE, R. *Evaluación preliminar de las condiciones oceanográficas y meteorológicas del Golfo de Venezuela. Justificación para el establecimiento de un programa de mediciones. Informe Tecnico INTEVEP. Los Teques. Diciembre 1984.*

37- GOLDBRUNNER, A. W. *Atlas climatológico de Venezuela (1951-1970). Servicio de Meteorología. FAV. Ministerio de la Defensa. 1984.*

38- PELEGRI, J. L., MASCIANGIOLI, P., VILLORIA, C., AVILA, R., ALONSO, B. *Mediciones de corrientes y vientos en Planta Lama, Lago de Maracaibo. Informe Tecnico INTEVEP (INT-01629,86). Los Teques. Mayo 1986.*

39- CAMARGO, M. *Caracterización climatológica de los regímenes de precipitación y vientos en la zona Nor-occidental de Venezuela (Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela). Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Forestales. ULA. Merida. 1986.*

40- PELEGRI, J. L., AVILA, R. *Base de datos de vientos, corrientes y mareas de Intevep*. Informe Tecnico INTEVEP (INT-EPTP-00020,88). Los Teques. Agosto 1988.

41- MARDIA, K. V. *Statistics of directional data*. Academic Press, London. 1972.

42- MILLER, I., FREUND, J. E. *Probability and statistics for engineers*. Prentice-Hall, New Jersey. 1977.

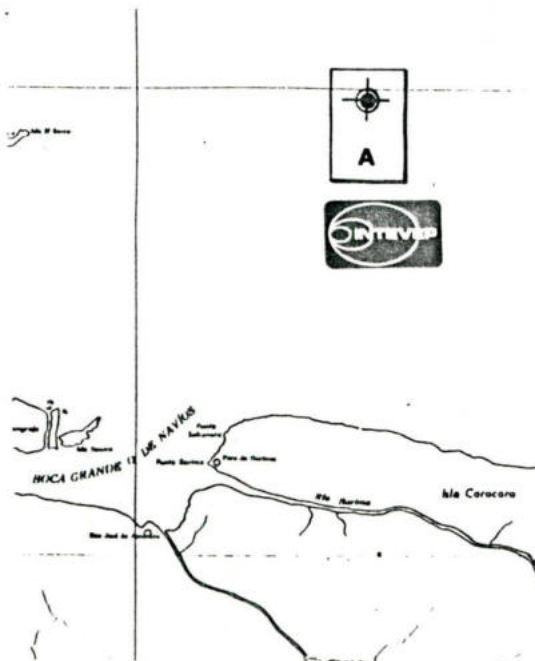
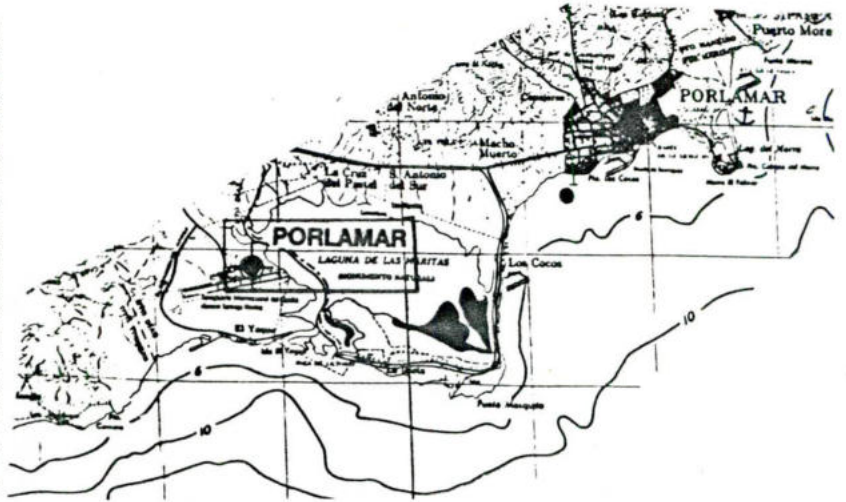
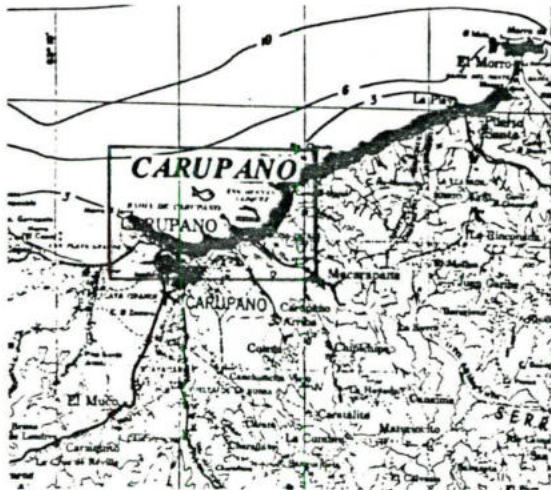
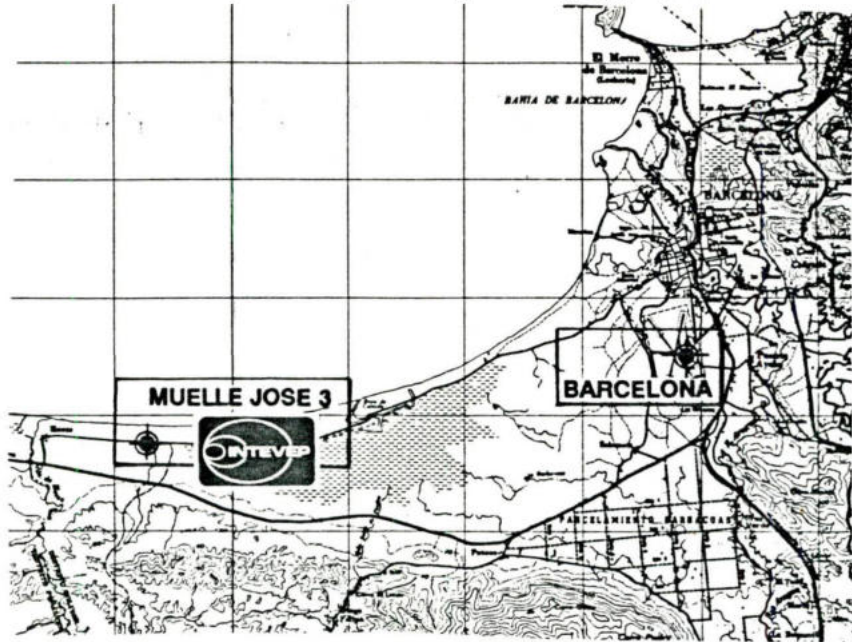
43- SOONG, T. T. *Probabilistic modeling and analysis in science and engineering*. Wiley, New York. 1981.

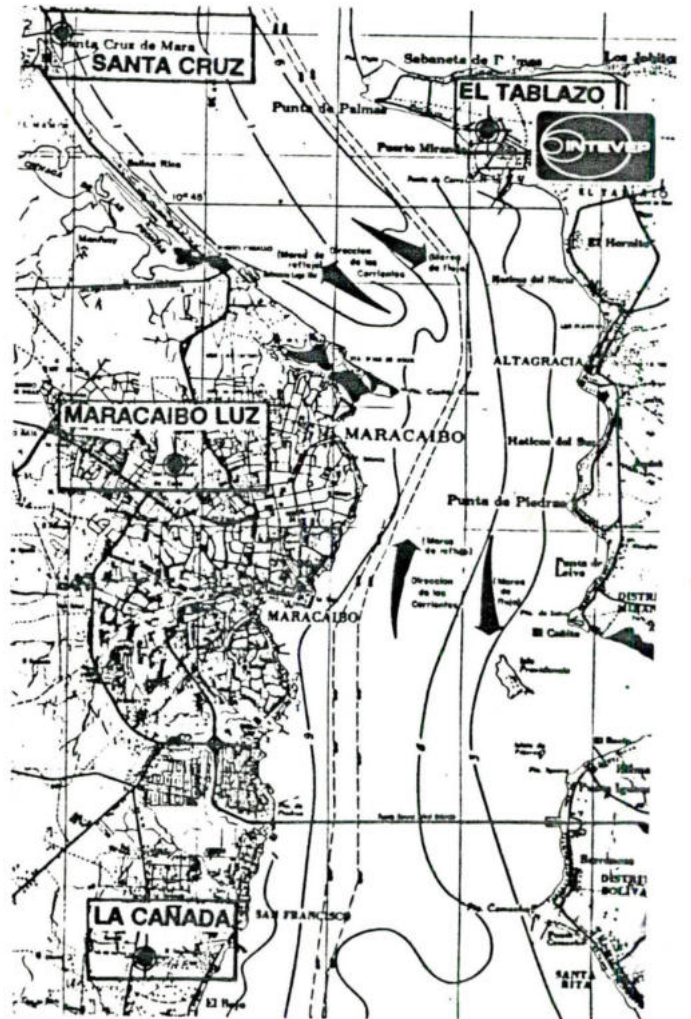
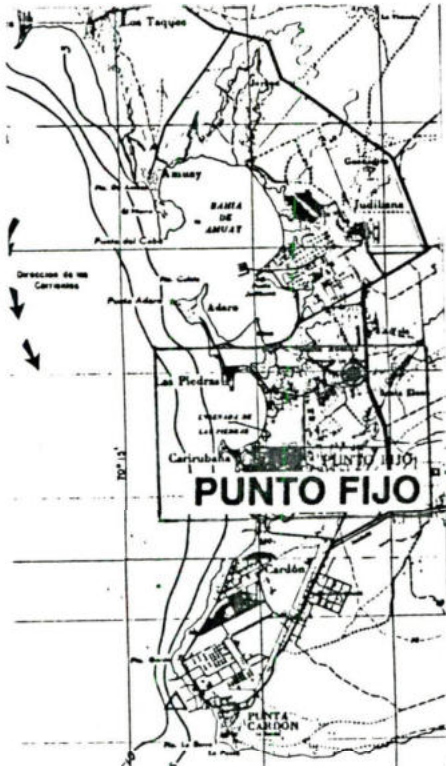
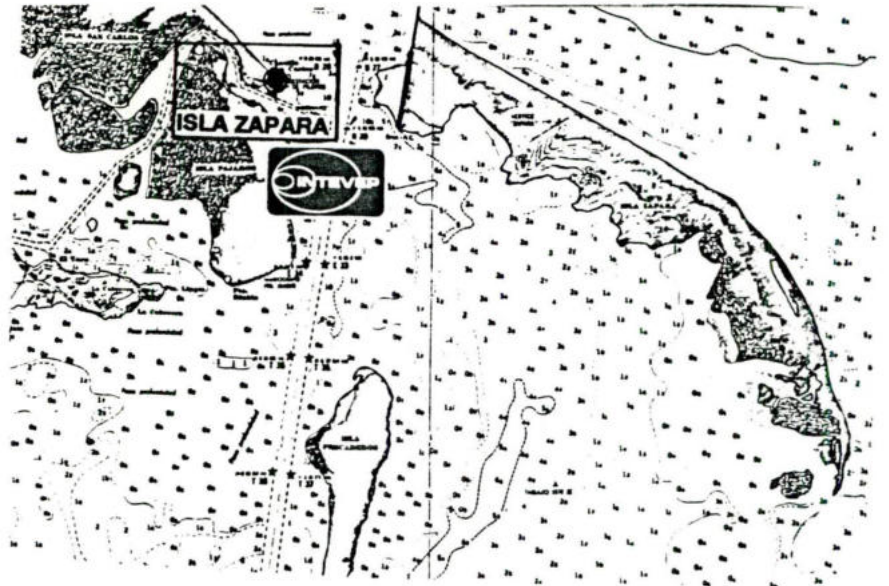
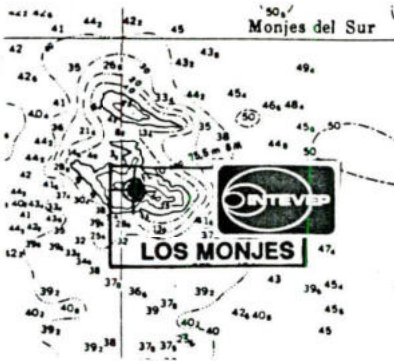
44- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. *Meteorological aspects of certain processes affecting soil degradation- specially erosion*. Technical Note N. 178. Geneva. 1983.

45- PDVSA. Plan Nacional de Contingencia. Tomo II. Mapas de sensibilidad ambiental. Caracas, 198.

**X. ANEXOS**

**ANEXO A.**  
**UBICACION DE LAS ESTACIONES**  
**METEOROLOGICAS.**

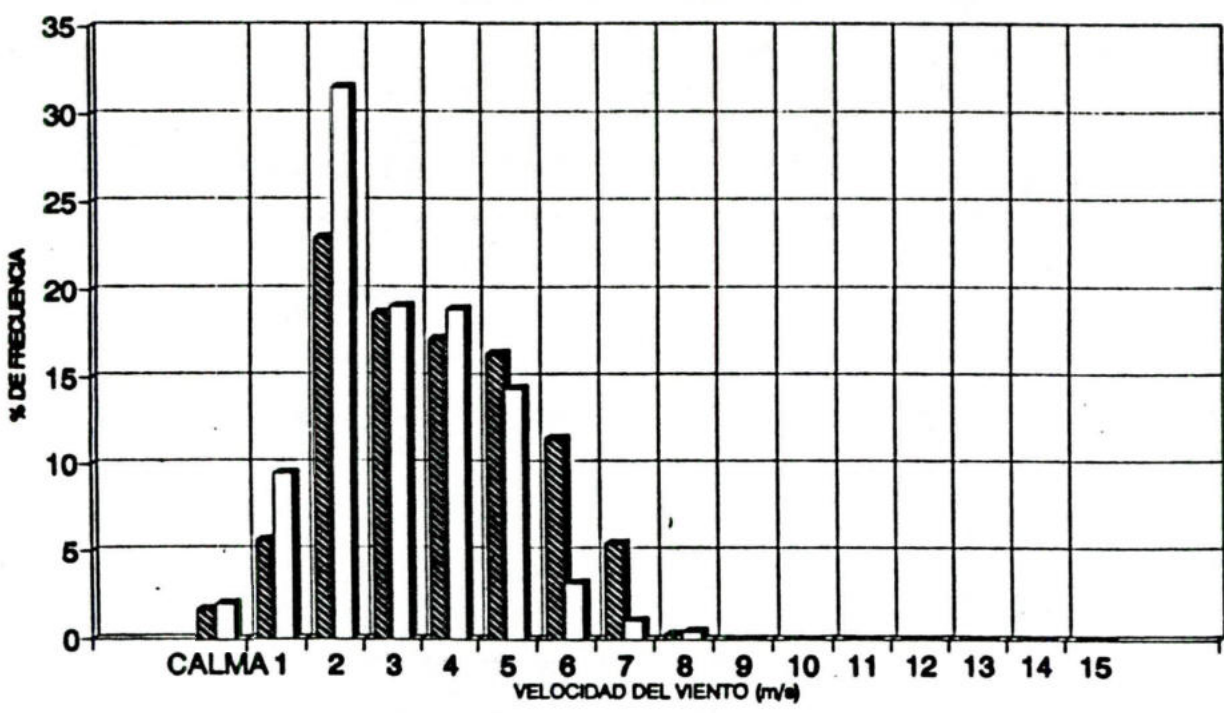




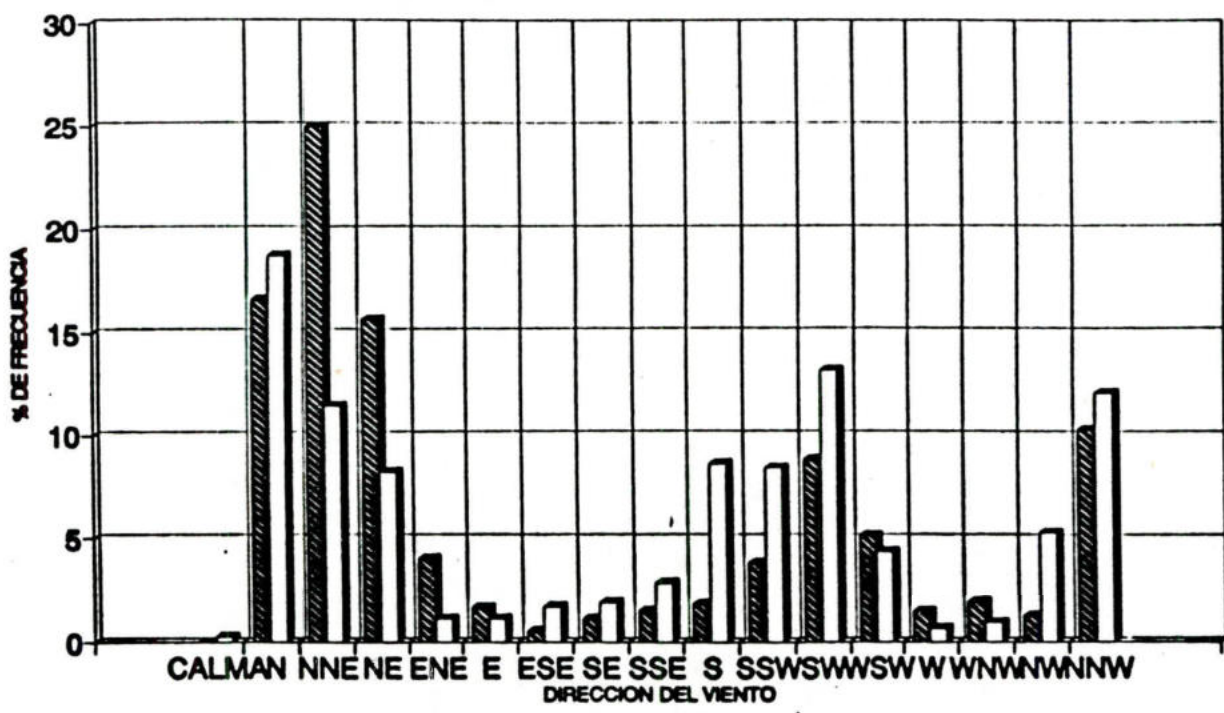




**ANEXO B.**  
**DISTRIBUCION DE LA VELOCIDAD**  
**Y LA DIRECCION DEL VIENTO.**

**MUELLE JOSE 3 (INTEVEP/M3)**  
**DISTRIBUCION DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO**

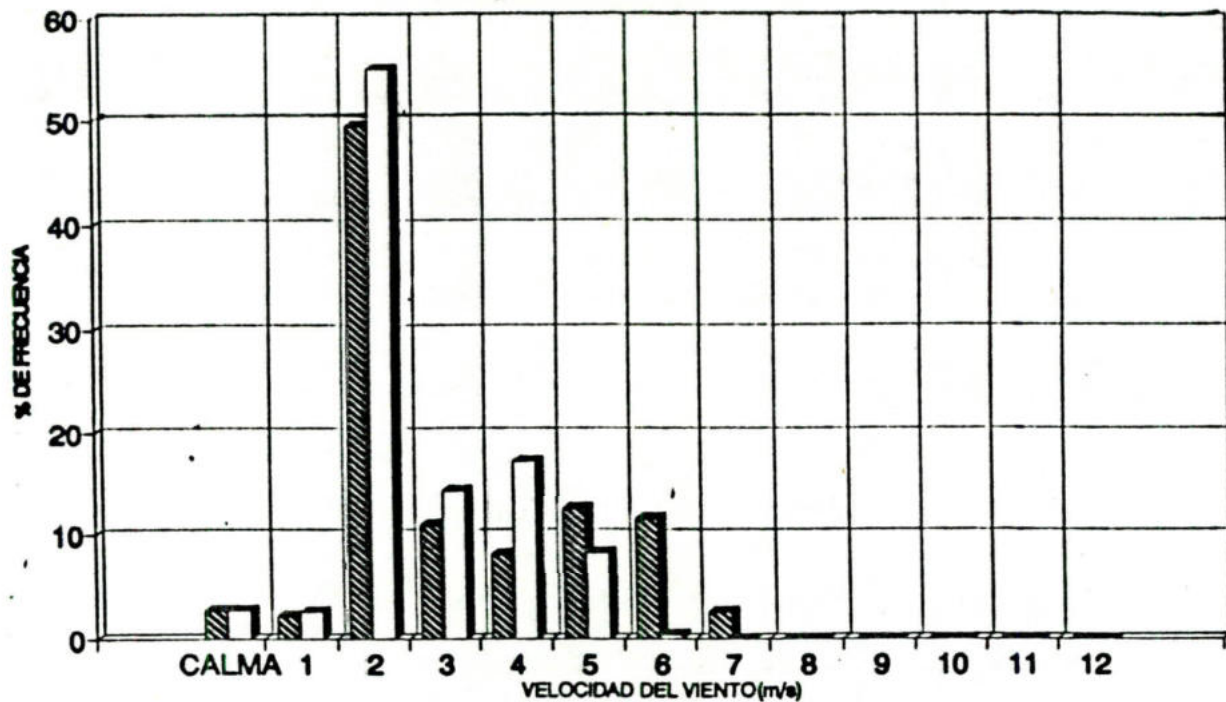


**MUELLE JOSE 3 (INTEVEP/M3)**  
**DISTRIBUCION DE LA DIRECCION DEL VIENTO**

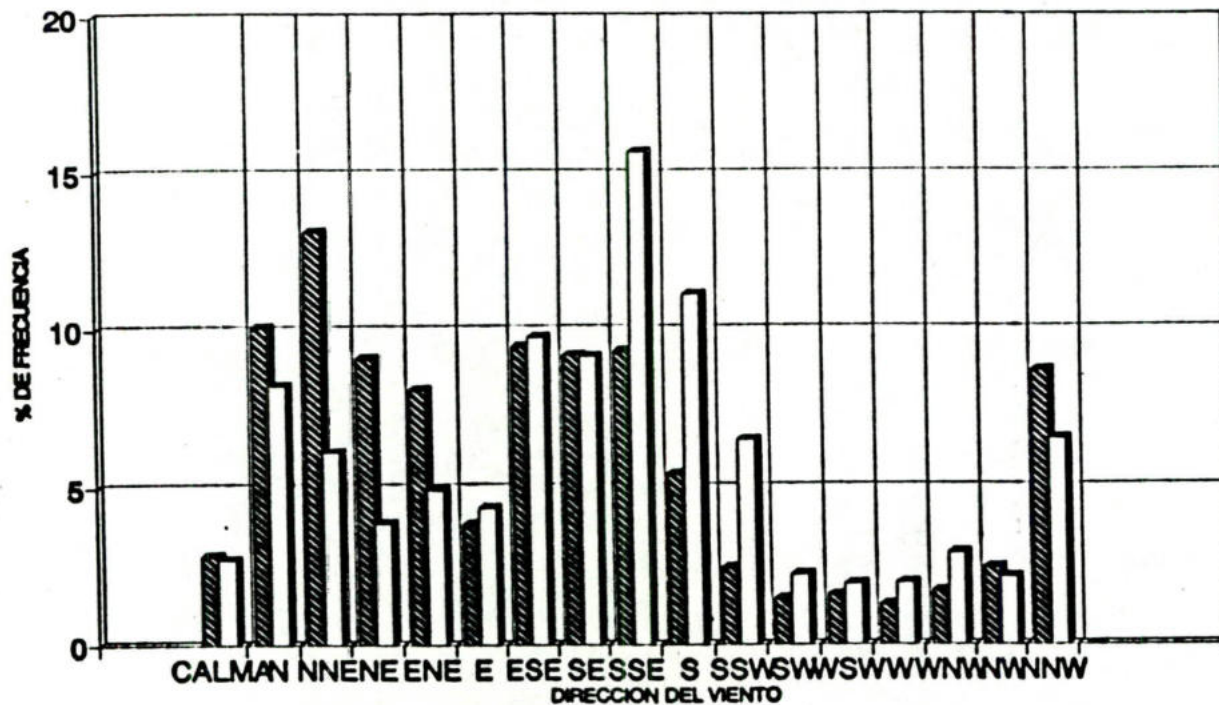




 ENERO 1989
  JULIO 1989

**BARCELONA (FAV/80419)**  
**DISTRIBUCION DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO**

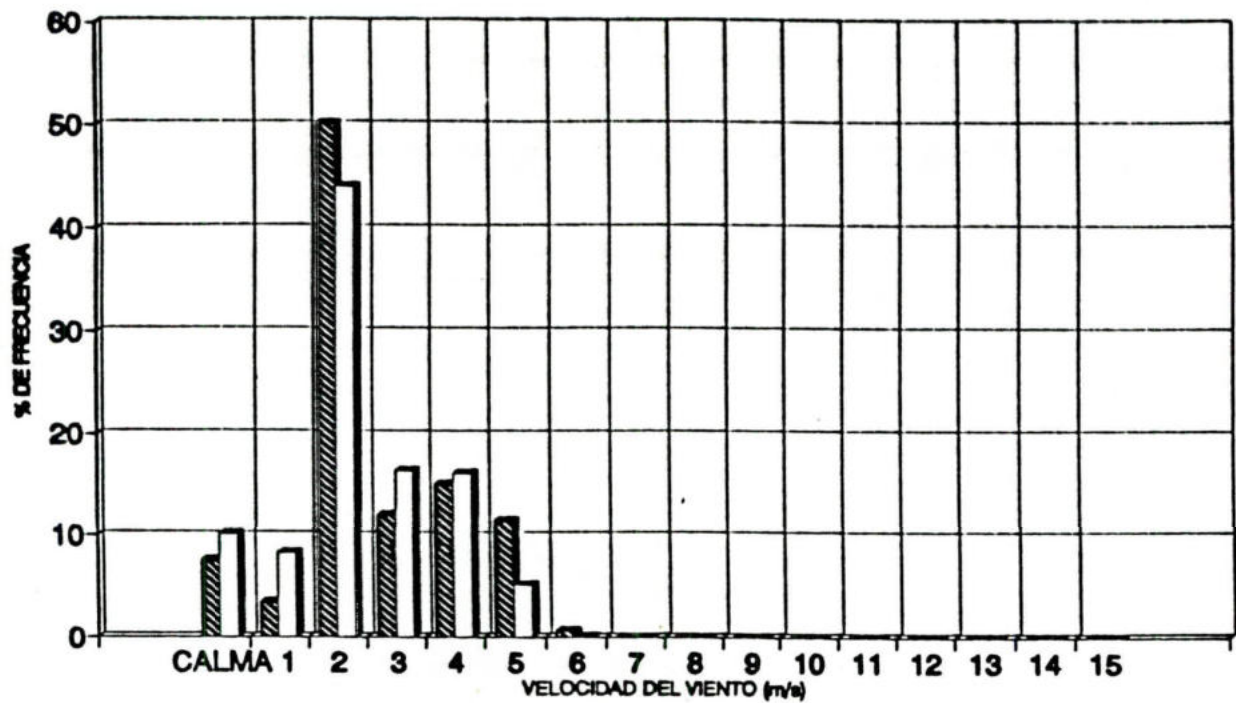


**BARCELONA (FAV/80419)**  
**DISTRIBUCION DE LA DIRECCION DEL VIENTO**

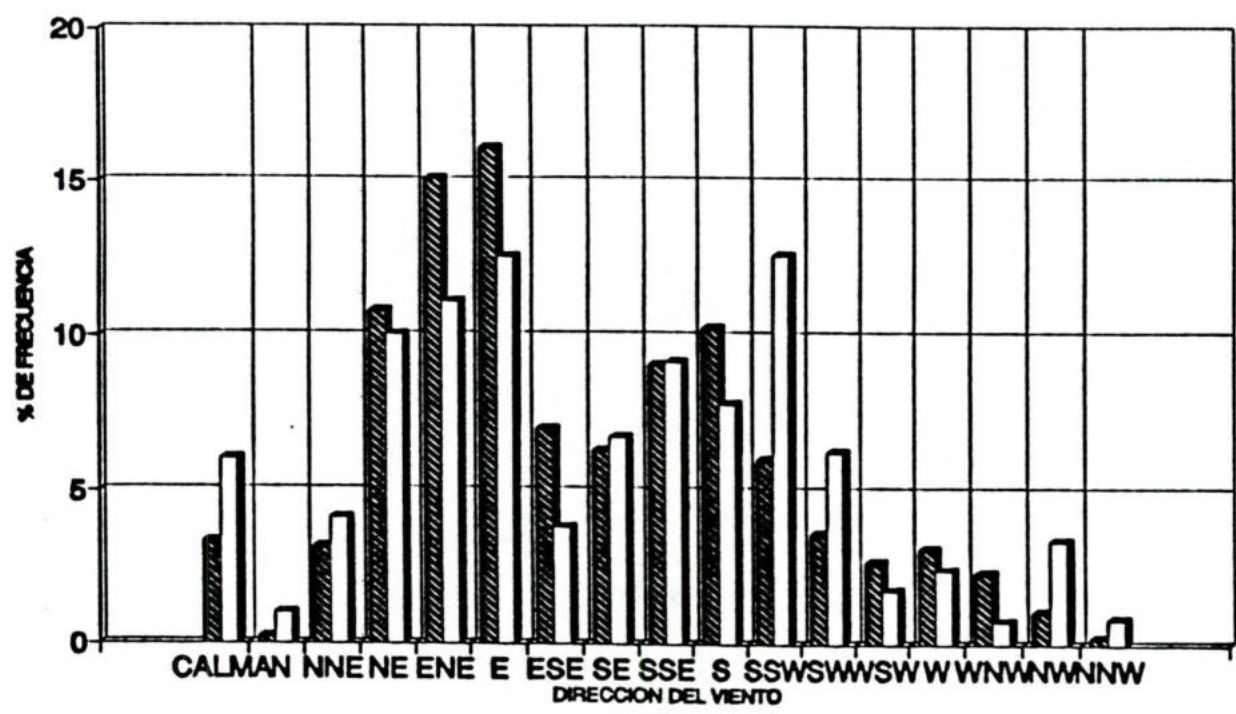


 ENERO 1980-89
  JULIO 1980-89

**CARUPANO (MARINA/80422)**  
**DISTRIBUCION DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO**



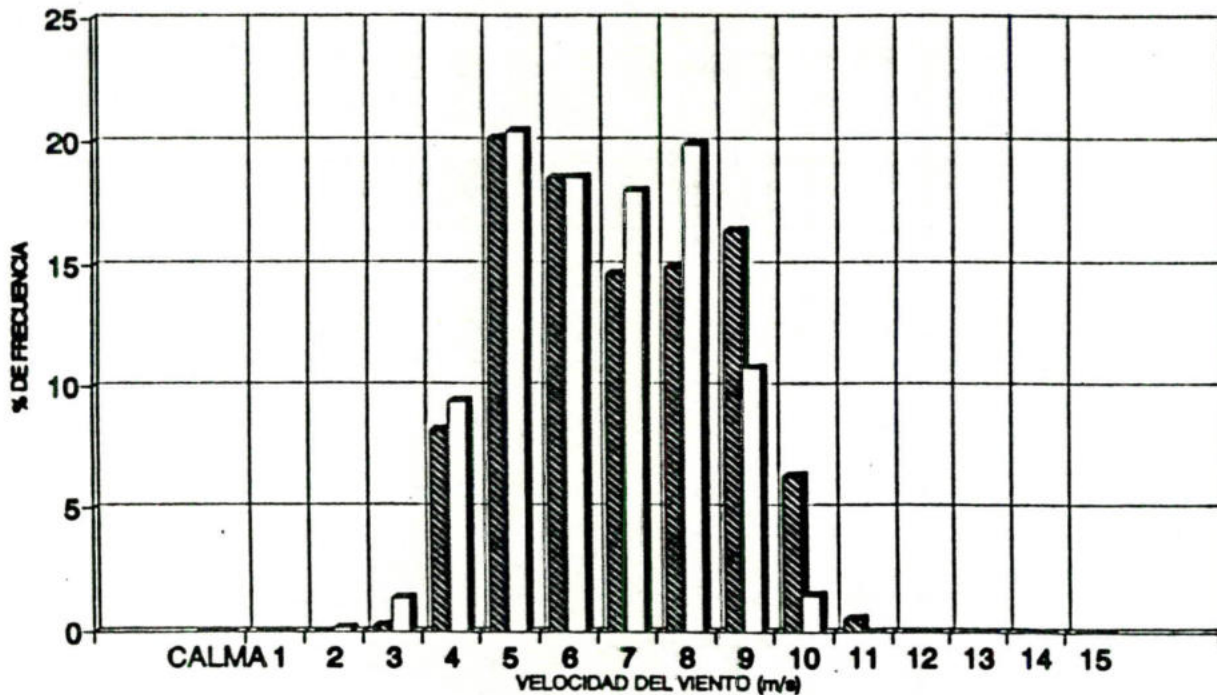
**CARUPANO (MARINA/80422)**  
**DISTRIBUCION DE LA DIRECCION DEL VIENTO**



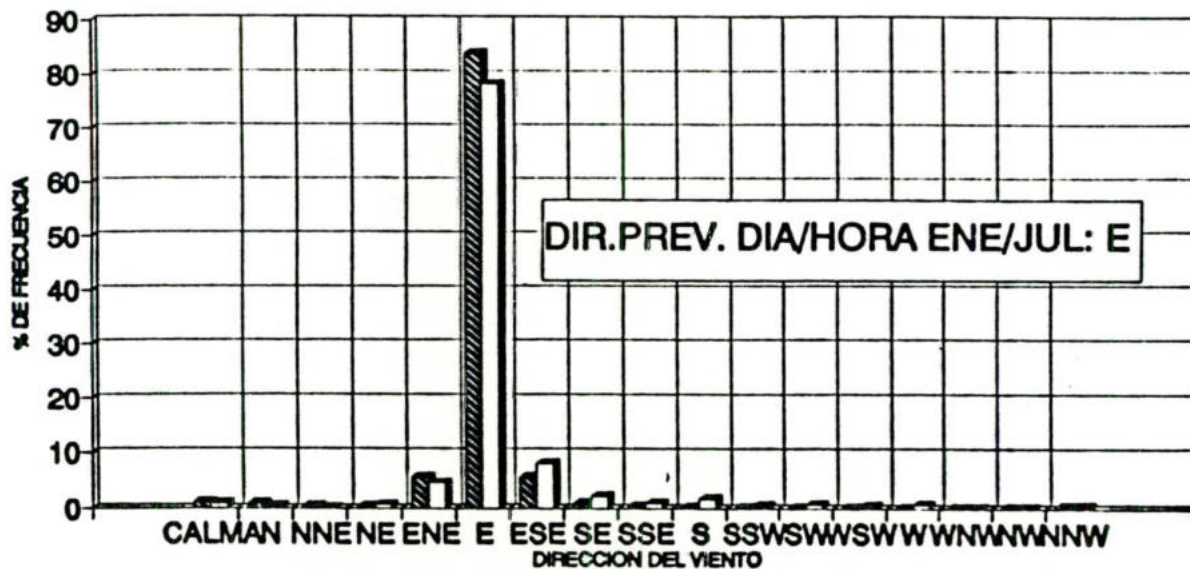
**ENERO 1983-89**

**JULIO 1983-89**

**PORLAMAR (FAV/80421)**  
**DISTRIBUCION DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO**

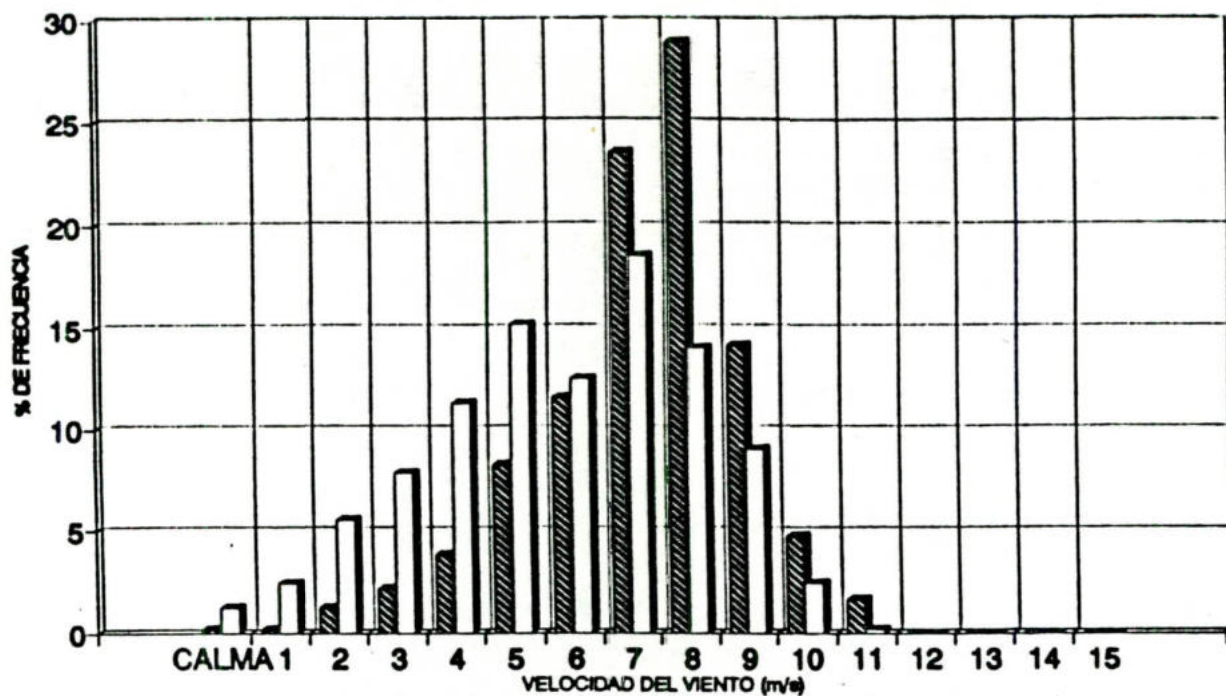


**PORLAMAR (FAV/80421)**  
**DISTRIBUCION DE LA DIRECCION DEL VIENTO**

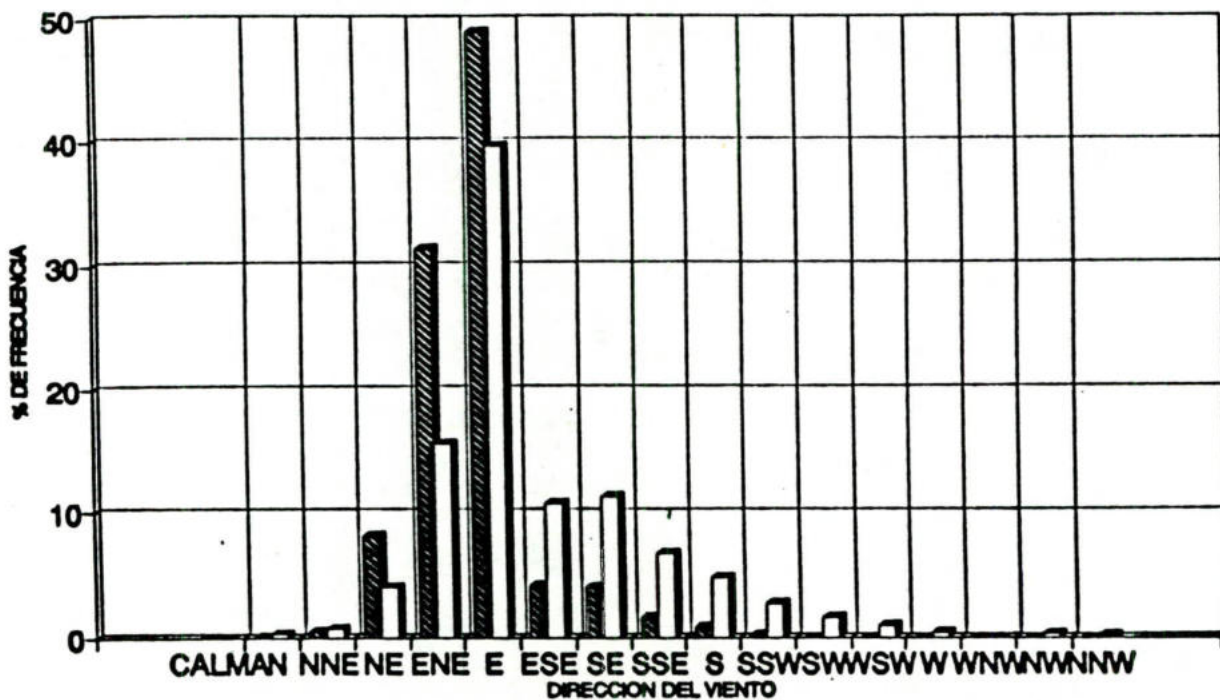


ENERO 1985-89
  JULIO 1985-89

**DELTA DEL ORINOCO (INTEVEP/A)**  
**DISTRIBUCION DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO**

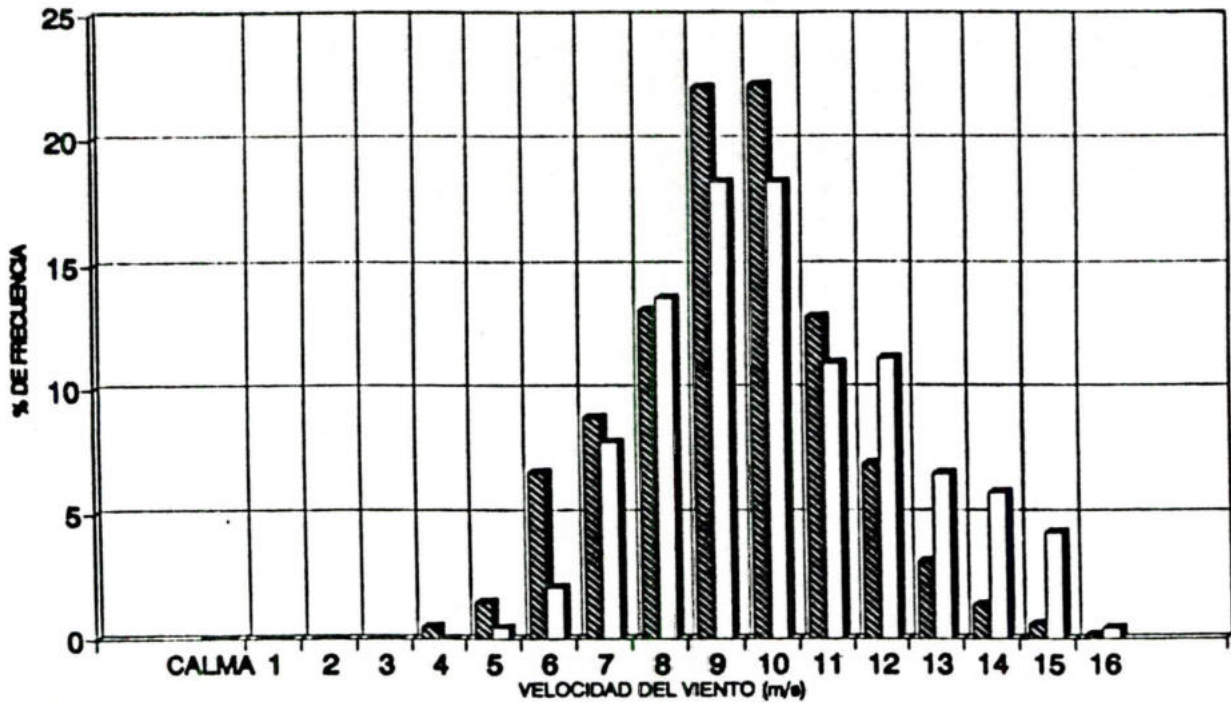


**DELTA DEL ORINOCO (INTEVEP/A)**  
**DISTRIBUCION DE LA DIRECCION DEL VIENTO**

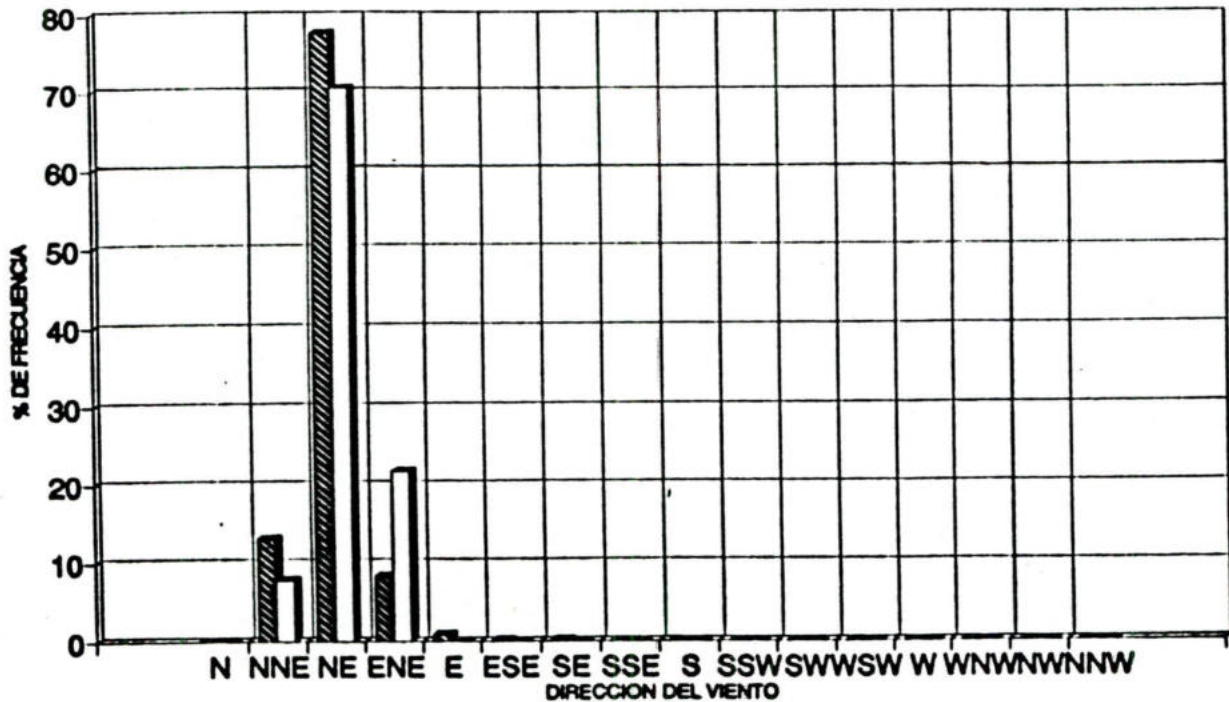


ENERO 1978
  JULIO 1978

**LOS MONJES (INTEVEP/13)**  
**DISTRIBUCION DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO**

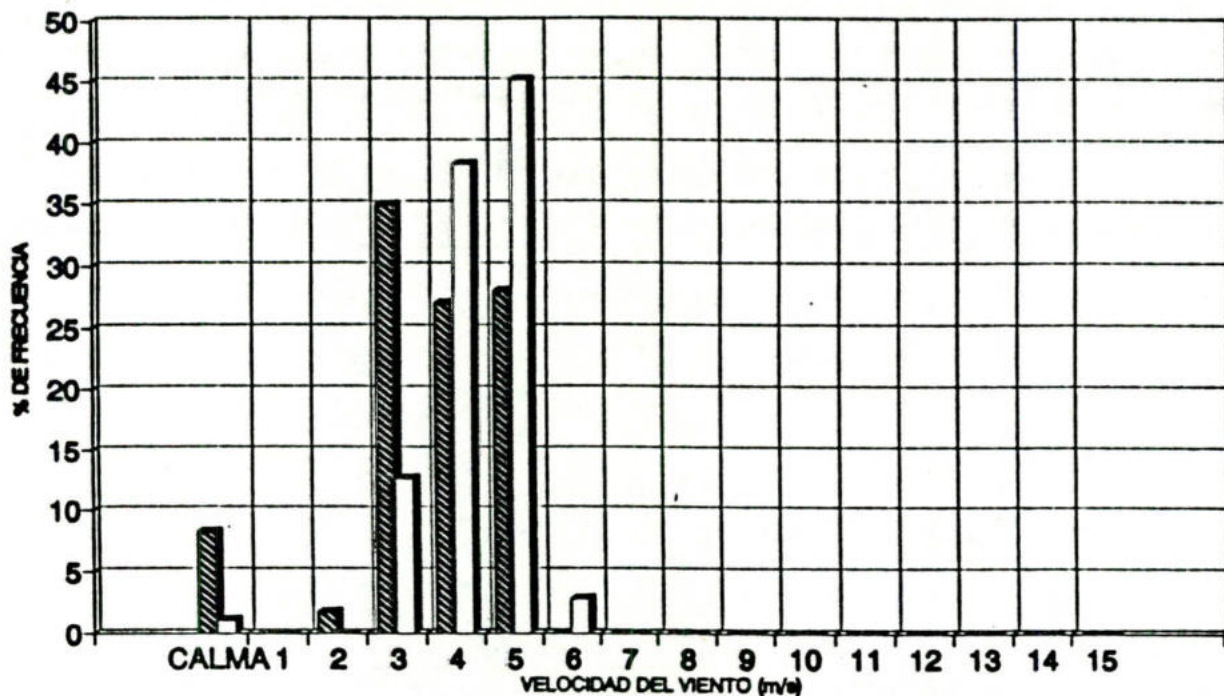


**LOS MONJES (INTEVEP/13)**  
**DISTRIBUCION DE LA DIRECCION DEL VIENTO**

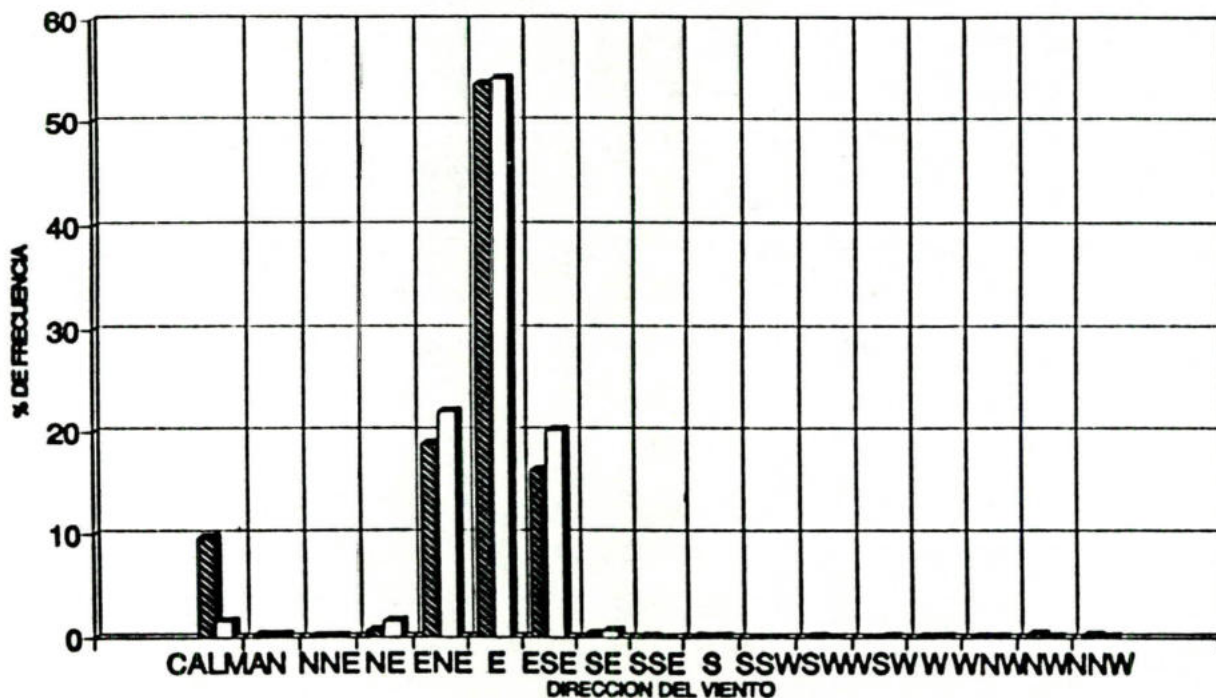


ENERO 1988-89
  JULIO 1988

**B.N. PUNTO FIJO (MARINA/80402)**  
**DISTRIBUCION DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO**



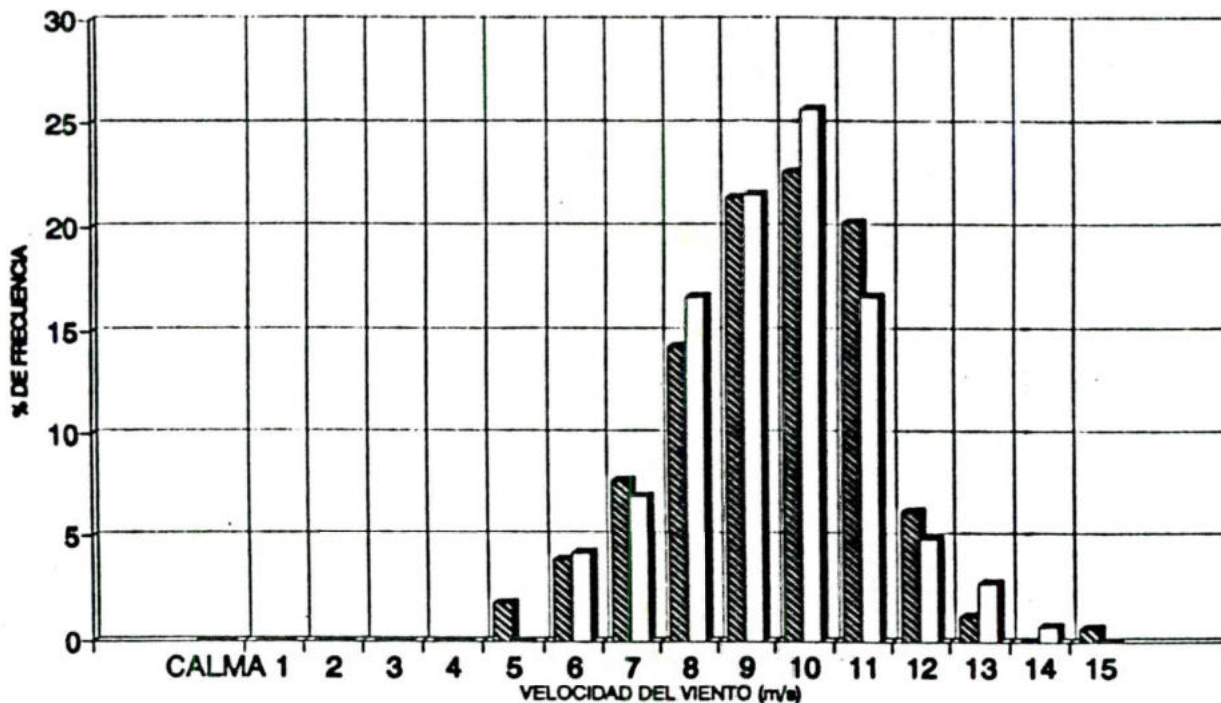
**B.N. PUNTO FIJO (80402)**  
**DISTRIBUCION DE LA DIRECCION DEL VIENTO**



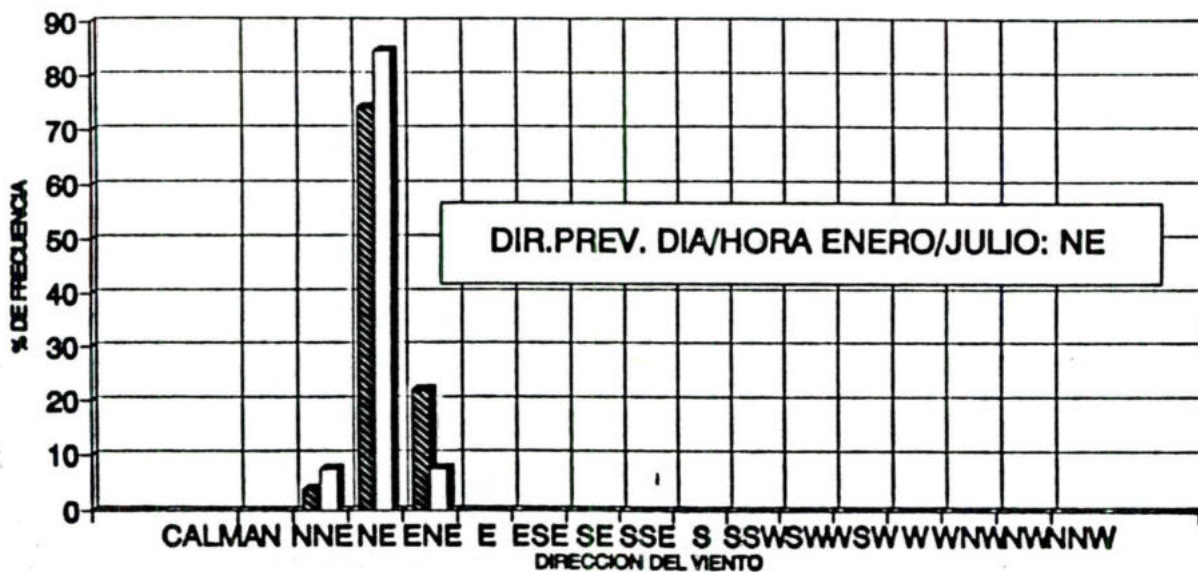
**ENERO 1980-89**

**JULIO 1980-89**

**PARAGUAIPOA (INTEVEP/PA)**  
**DISTRIBUCION DE VELOCIDAD DEL VIENTO**



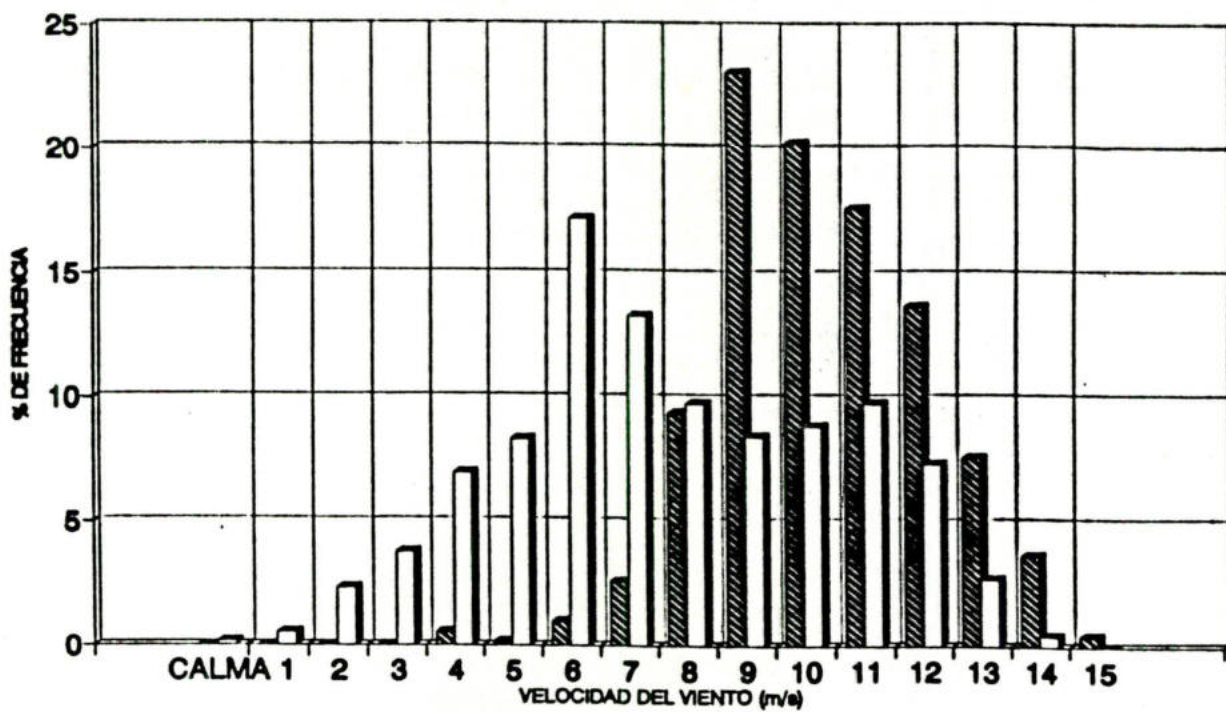
**PARAGUAIPOA (INTEVEP/PA)**  
**DISTRIBUCION DE LA DIRECCION DEL VIENTO**



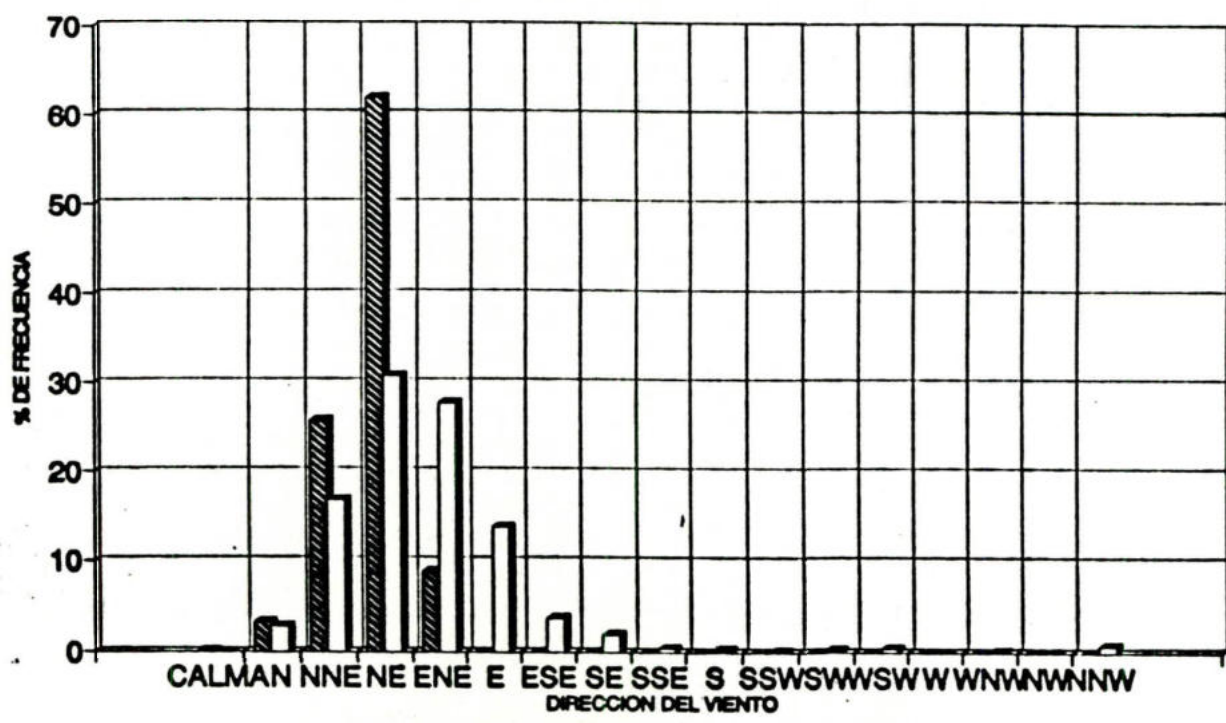
**ENERO 1990**

**JUNIO 1990**

**ISLA ZAPARA (INTEVEP/IZ)**  
**DISTRIBUCION DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO**



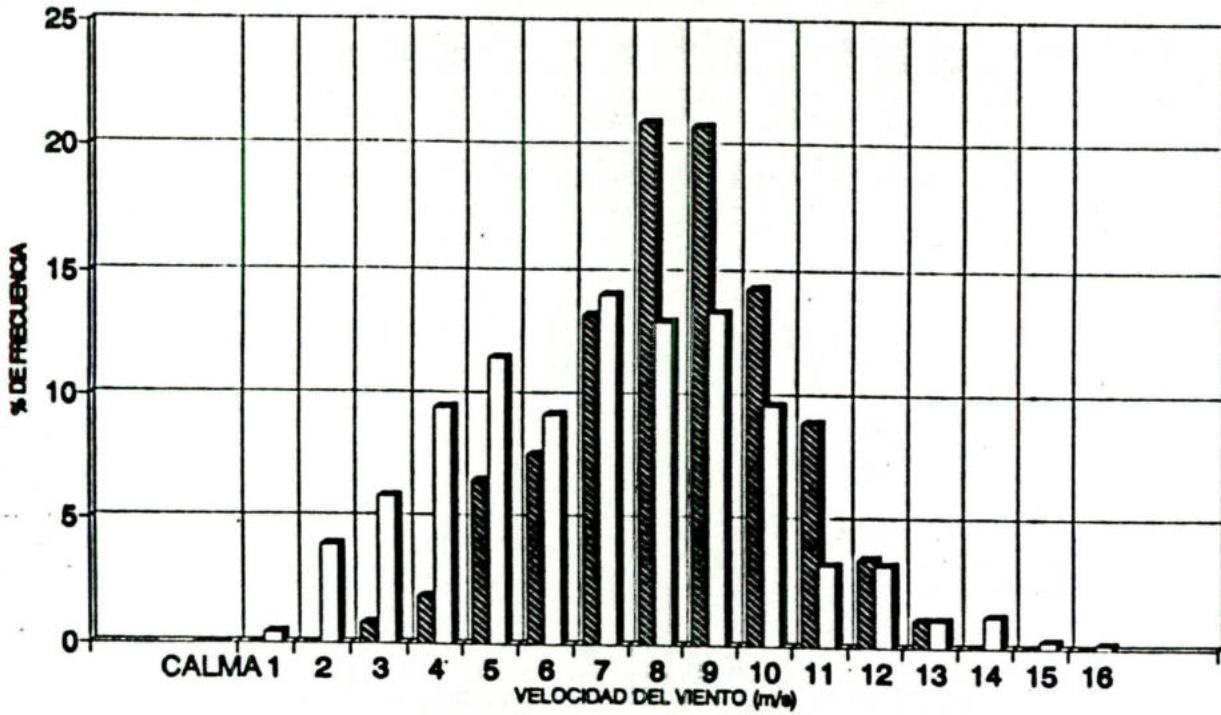
**ISLA ZAPARA (INTEVEP/IZ)**  
**DISTRIBUCION DE LA DIRECCION DEL VIENTO**



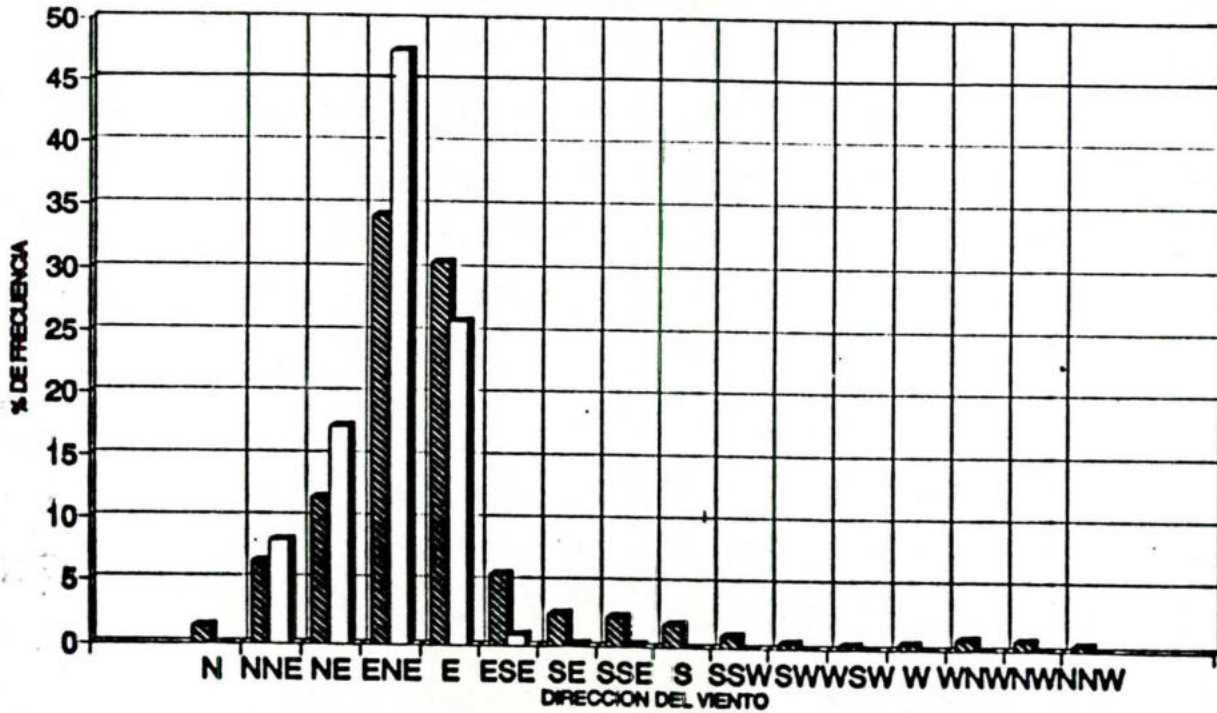
**MARZO 1990**



**JULIO 1988**

**SANTA CRUZ (MARNR/1130)**  
**DISTRIBUCION DE VELOCIDADES**

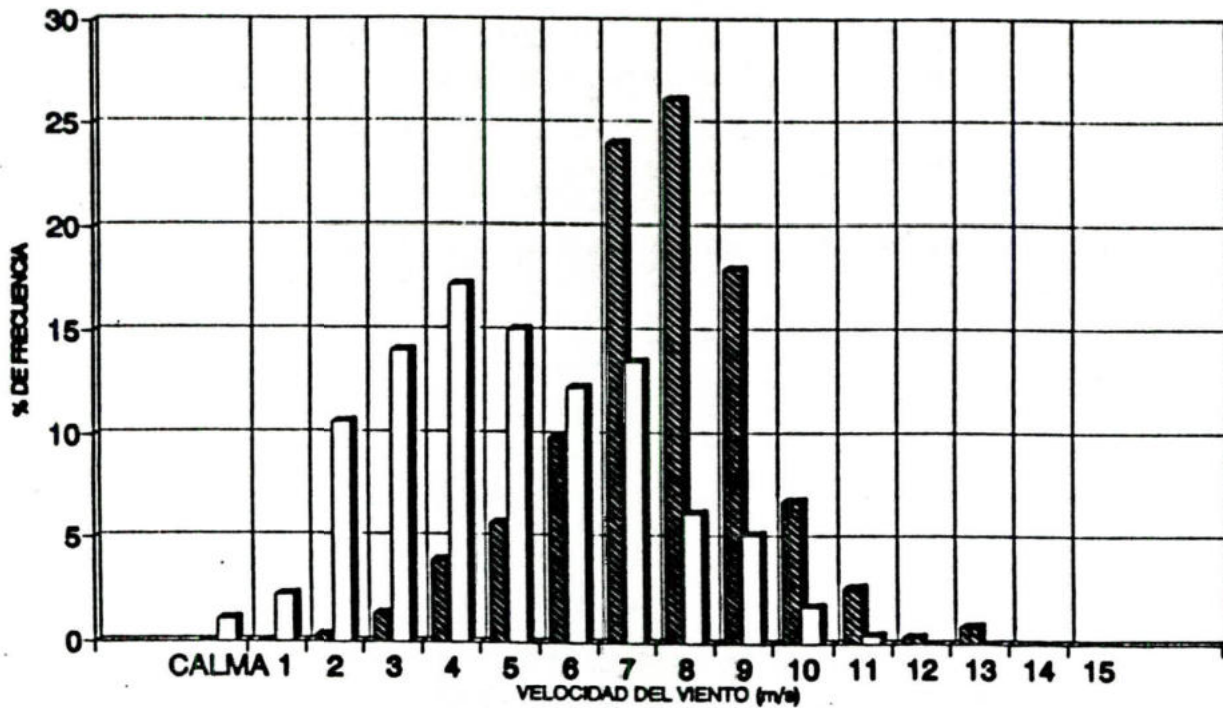


**SANTA CRUZ (MARNR/1130)**  
**DISTRIBUCION DE LA DIRECCION DEL VIENTO**

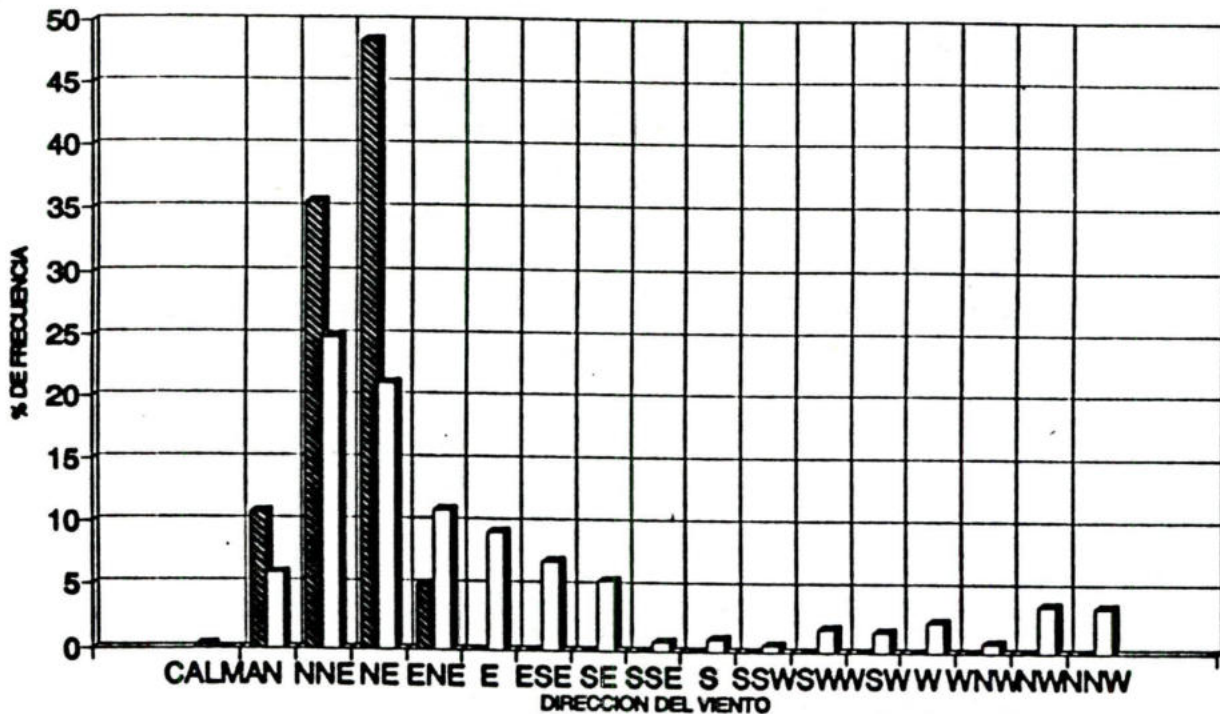


 **ENERO 1989-90**
 **JULIO 1989**

**EL TABLAZO (INTEVEP/T0)**  
**DISTRIBUCION DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO**

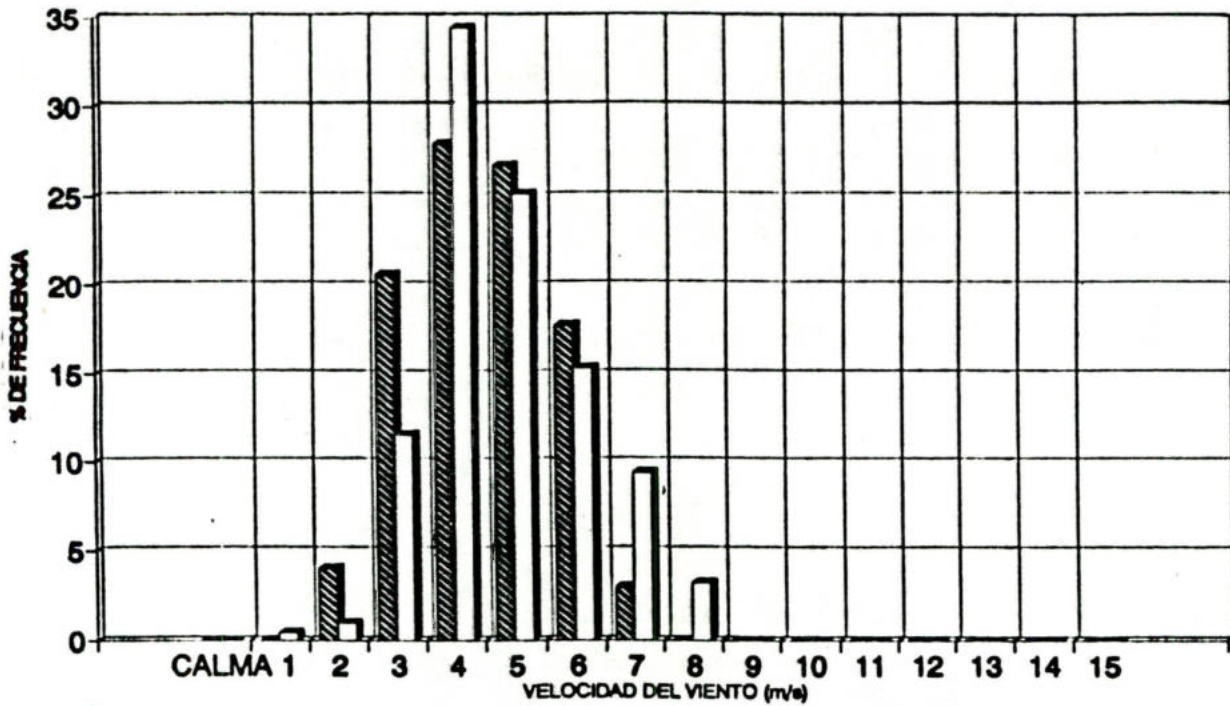


**EL TABLAZO (INTEVEP/T0)**  
**DISTRIBUCION DE LA DIRECCION DEL VIENTO**

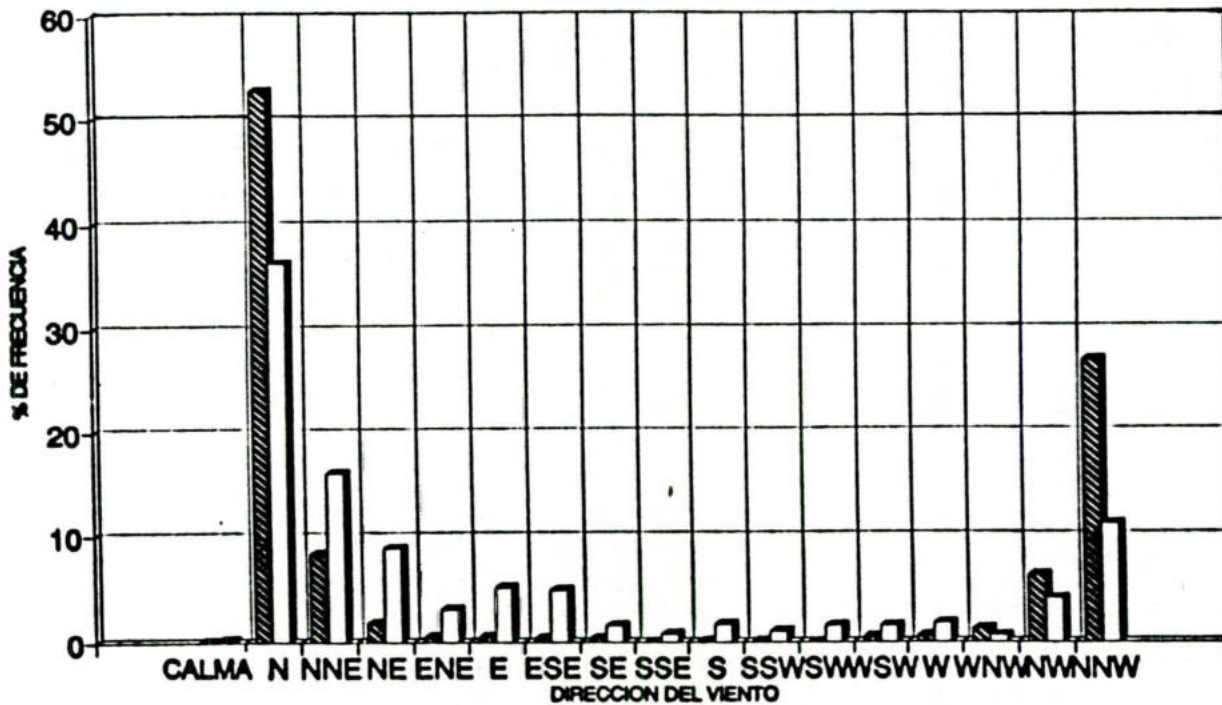


ENERO 1985
  OCTUBRE 1984

**MARACAIBO LUZ (MARNR/1070)**  
**DISTRIBUCION DE VELOCIDADES**



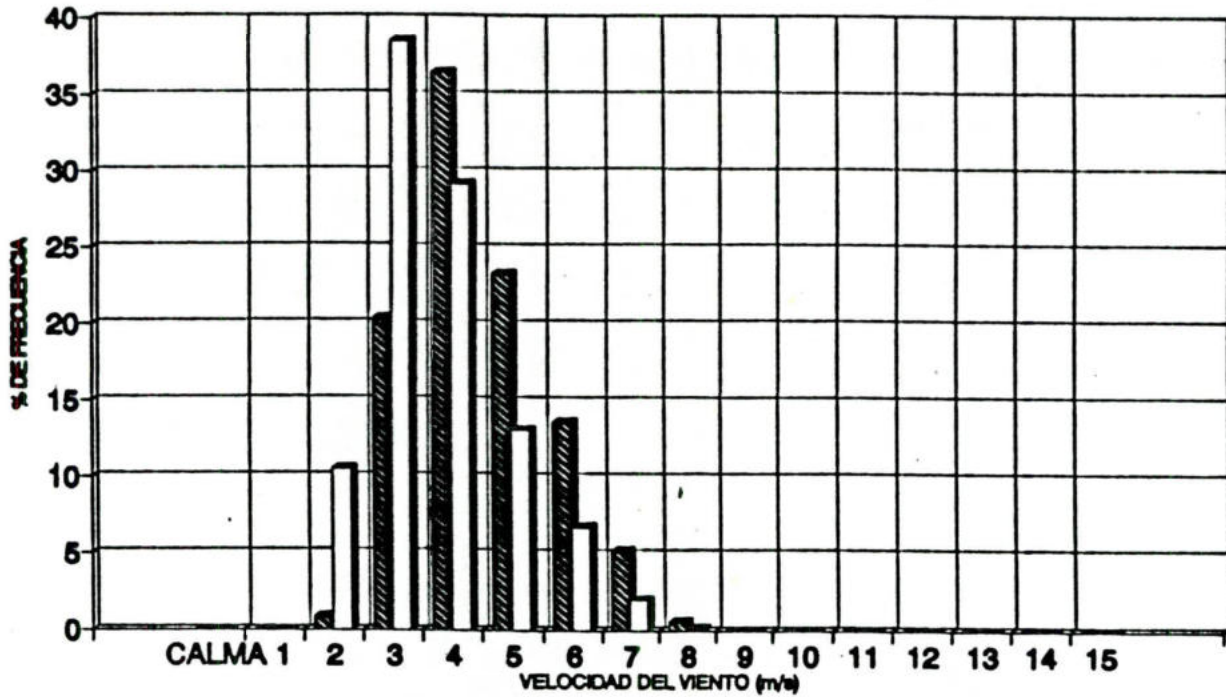
**MARACAIBO LUZ (MARNR/1070)**  
**DISTRIBUCION DE LA DIRECCION DEL VIENTO**



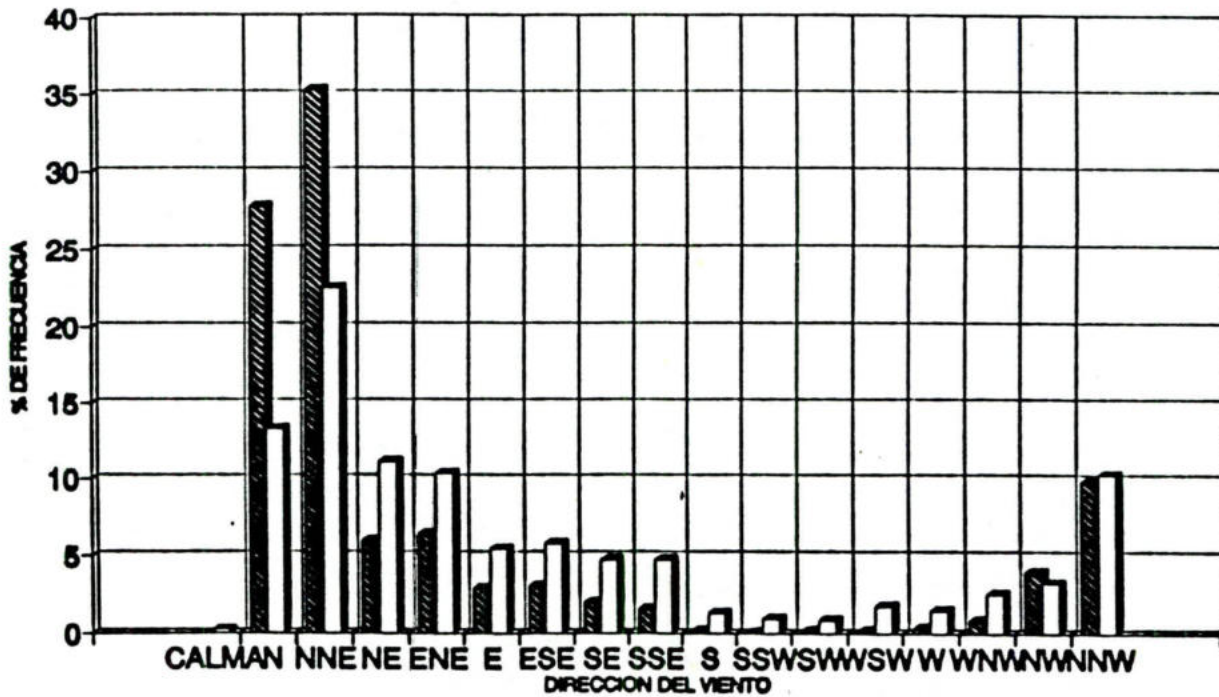
**ENERO 1982-84**

**JULIO 1981-83**

**LA CAÑADA (FAV/80476)**  
**DISTRIBUCION DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO**

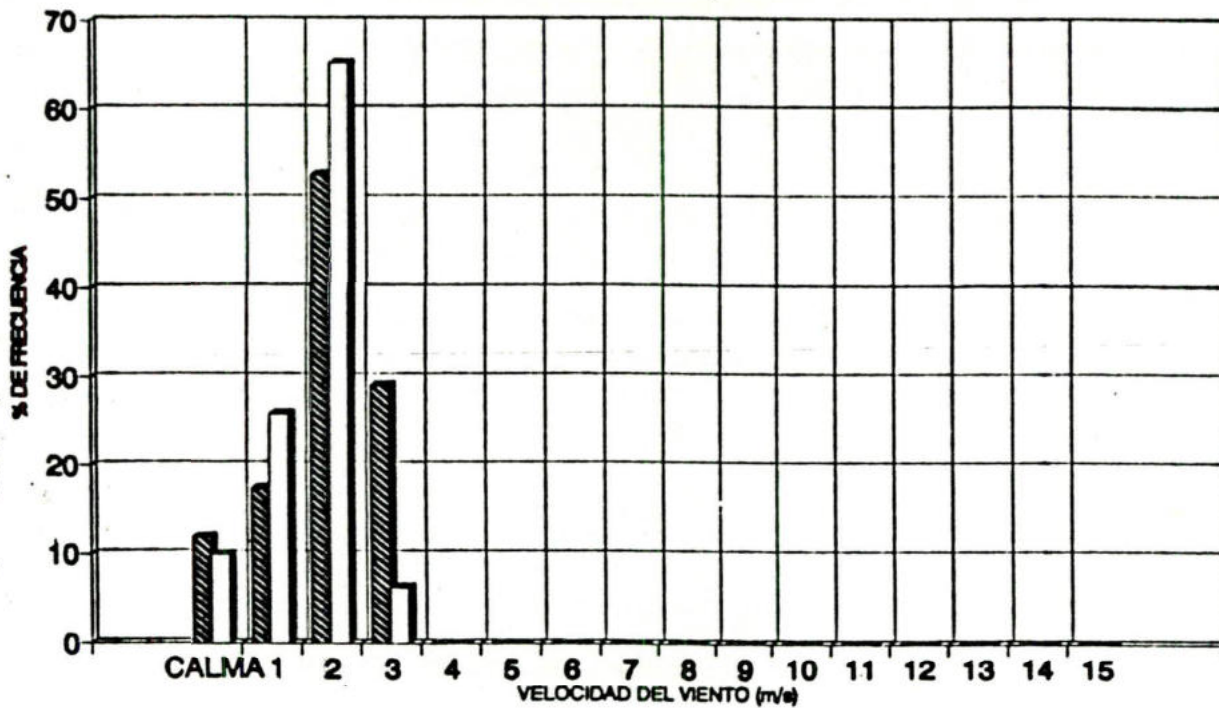


**LA CAÑADA (FAV/80476)**  
**DISTRIBUCION DE LA DIRECCION DEL VIENTO**

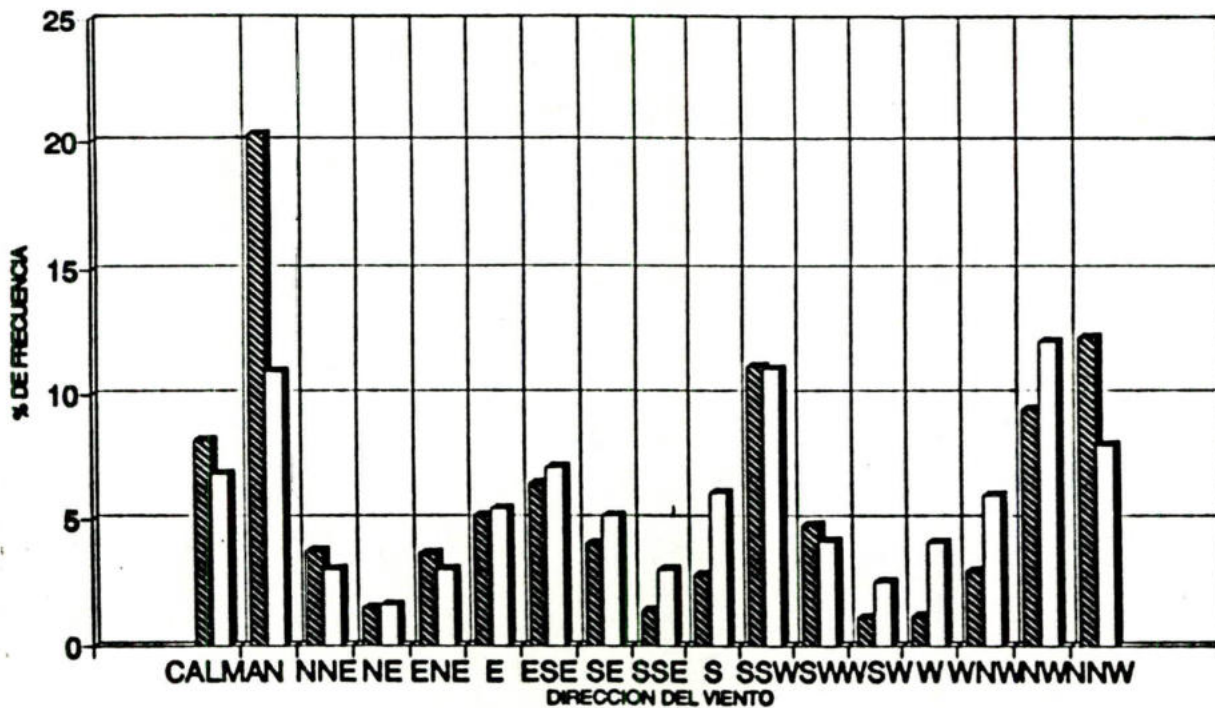




ENERO 1982-85
  JULIO 1982-85

**BARRANQUITAS (MARNR/2038)**  
**DISTRIBUCION DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO**

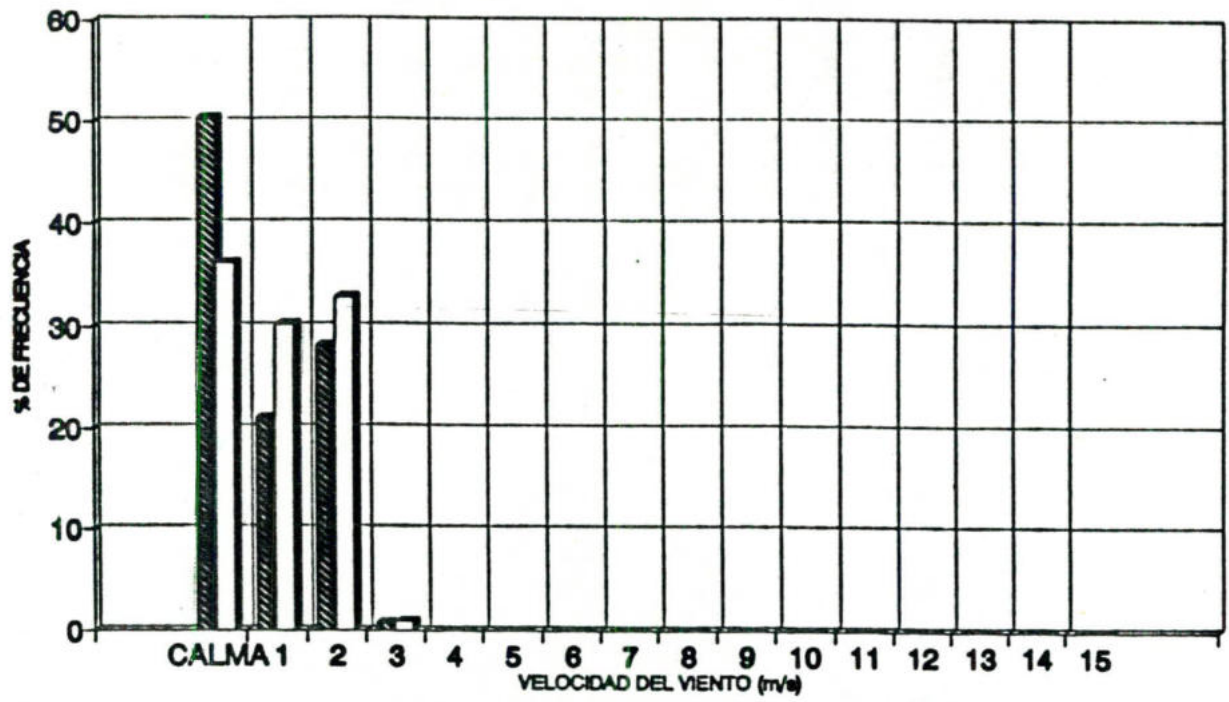


**BARRANQUITAS (MARNR/2038)**  
**DISTRIBUCION DE LA DIRECCION DEL VIENTO**

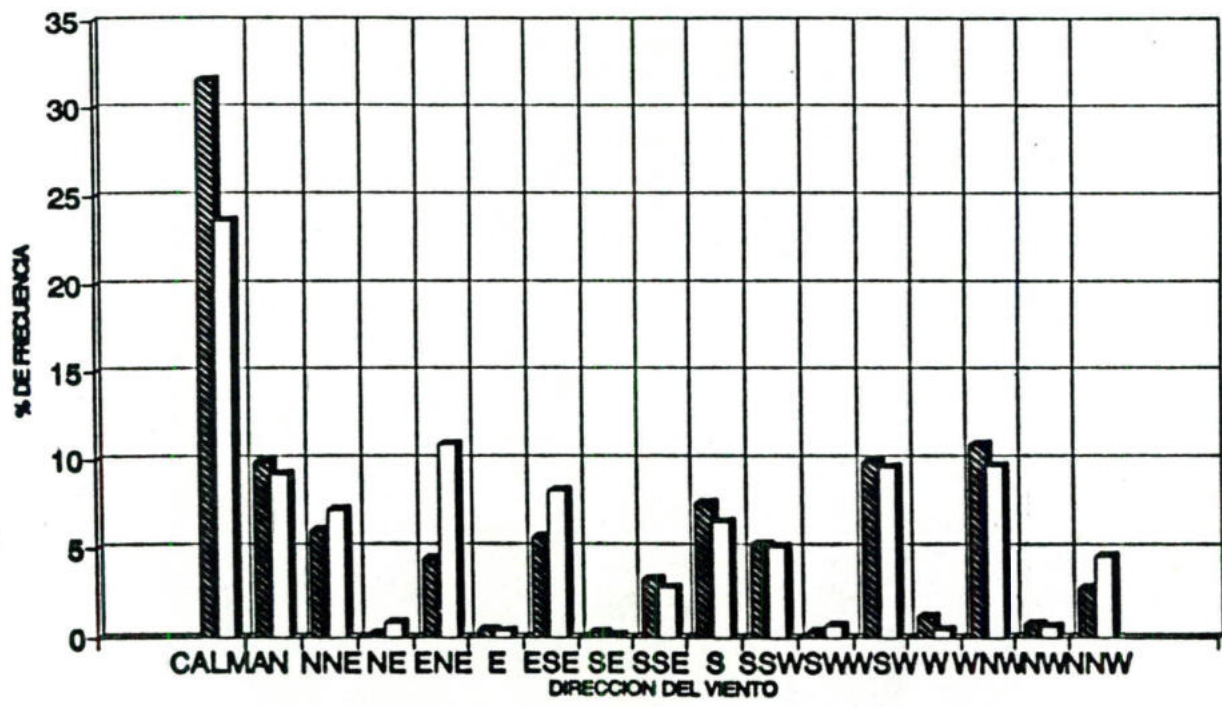


 ENERO 1980-85
  JULIO 1980-84

**SANTA BARBARA (MARNR/2099)**  
**DISTRIBUCION DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO**



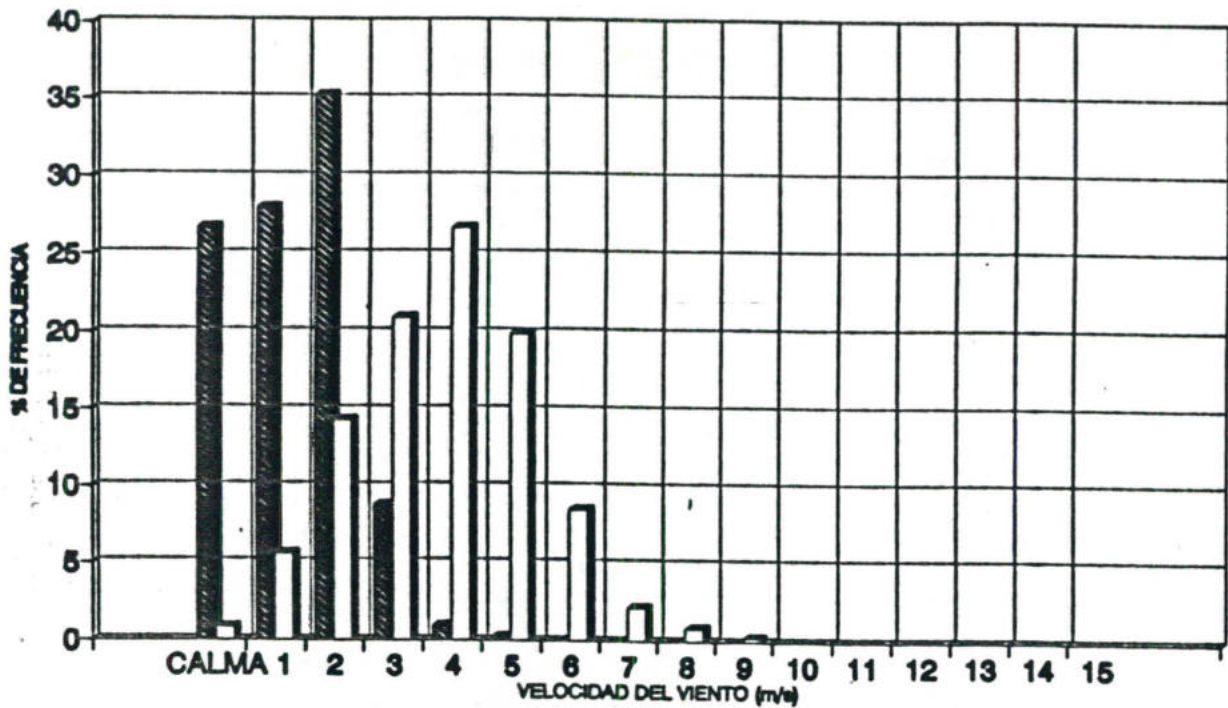
**SANTA BARBARA (MARNR/2099)**  
**DISTRIBUCION DE LA DIRECCION DEL VIENTO**



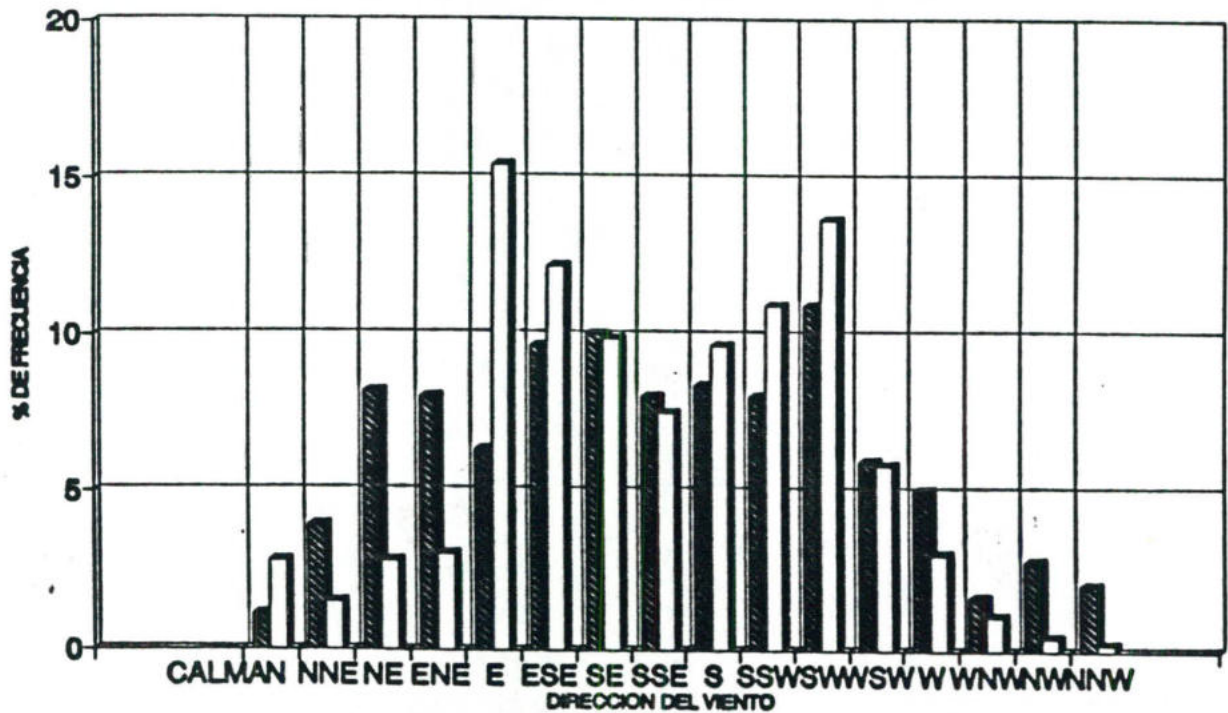
**ENERO 1980-84**

**JULIO 1980-84**

**MENEGAS (INTEVEP/MG)**  
**DISTRIBUCION DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO**

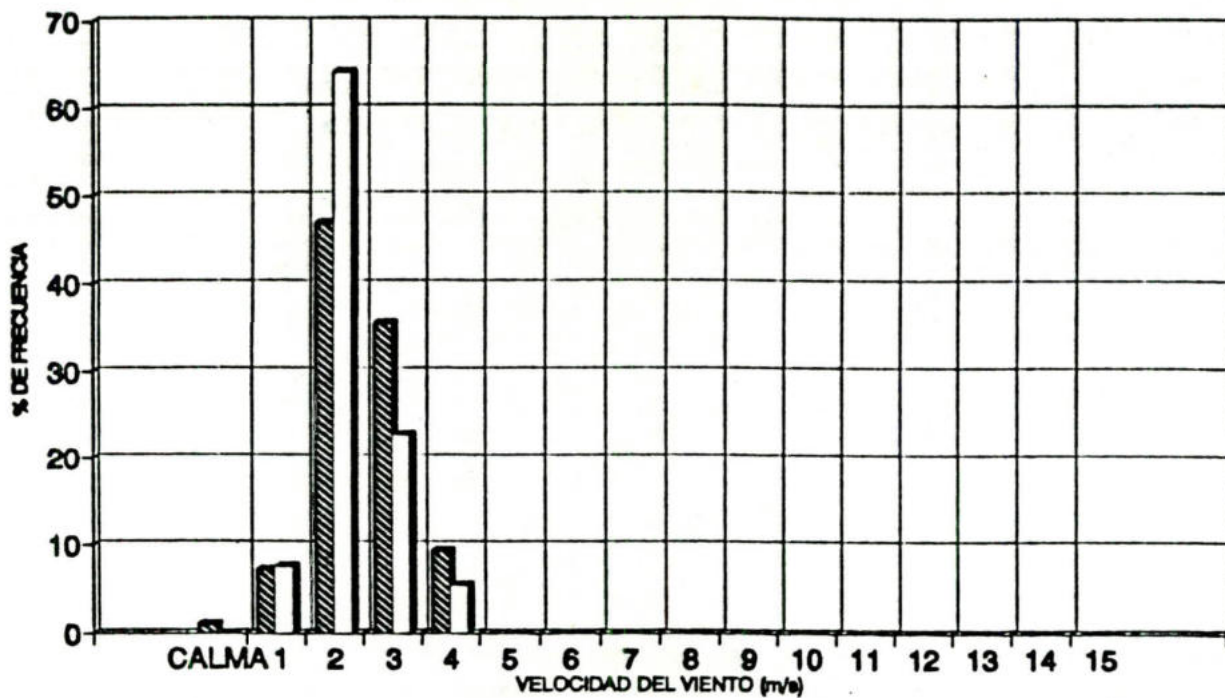


**MENEGAS (INTEVEP/MG)**  
**DISTRIBUCION DE LA DIRECCION DEL VIENTO**

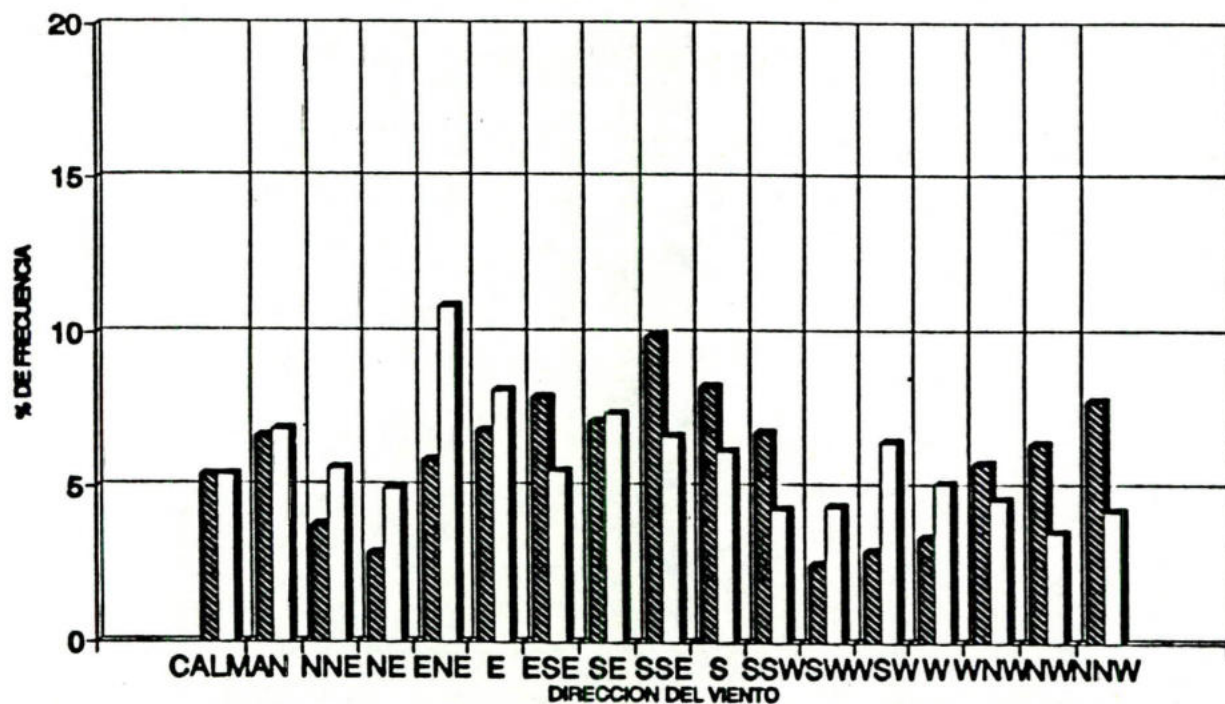


ENERO 1984
  JULIO 1984

**MENE GRANDE (FAV/80425)**  
**DISTRIBUCION DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO**

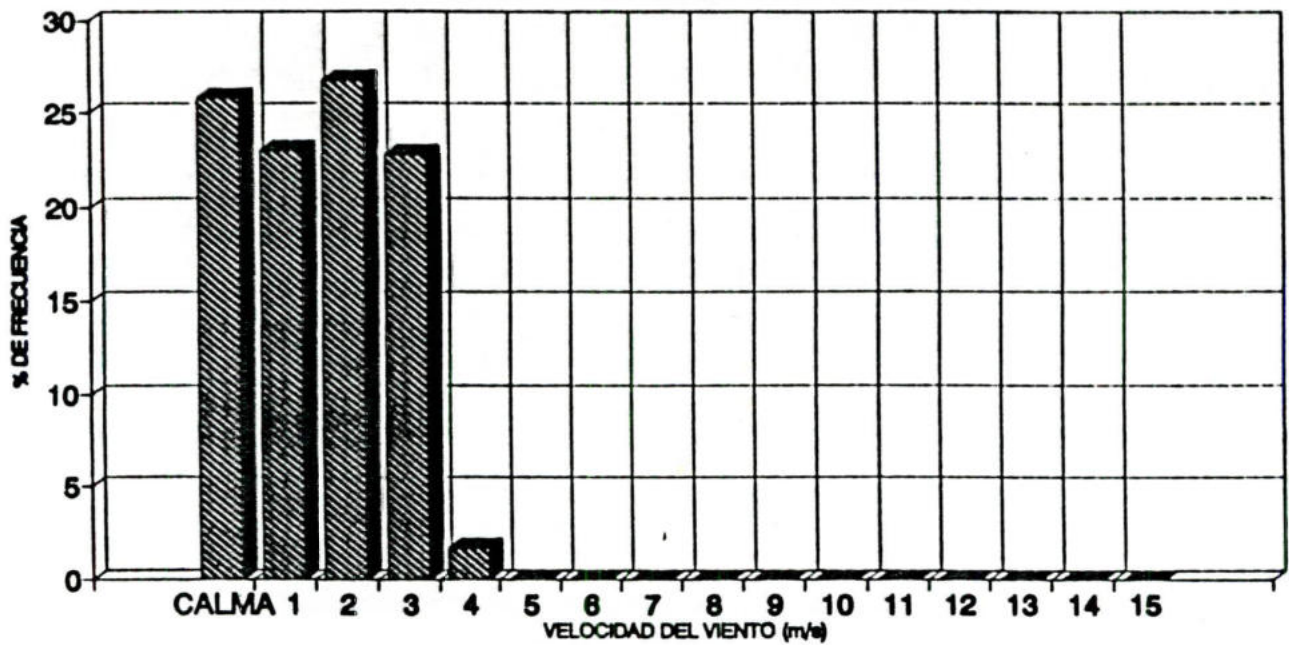


**MENEGRANDE (FAV/80425)**  
**DISTRIBUCION DE LA DIRECCION DEL VIENTO**

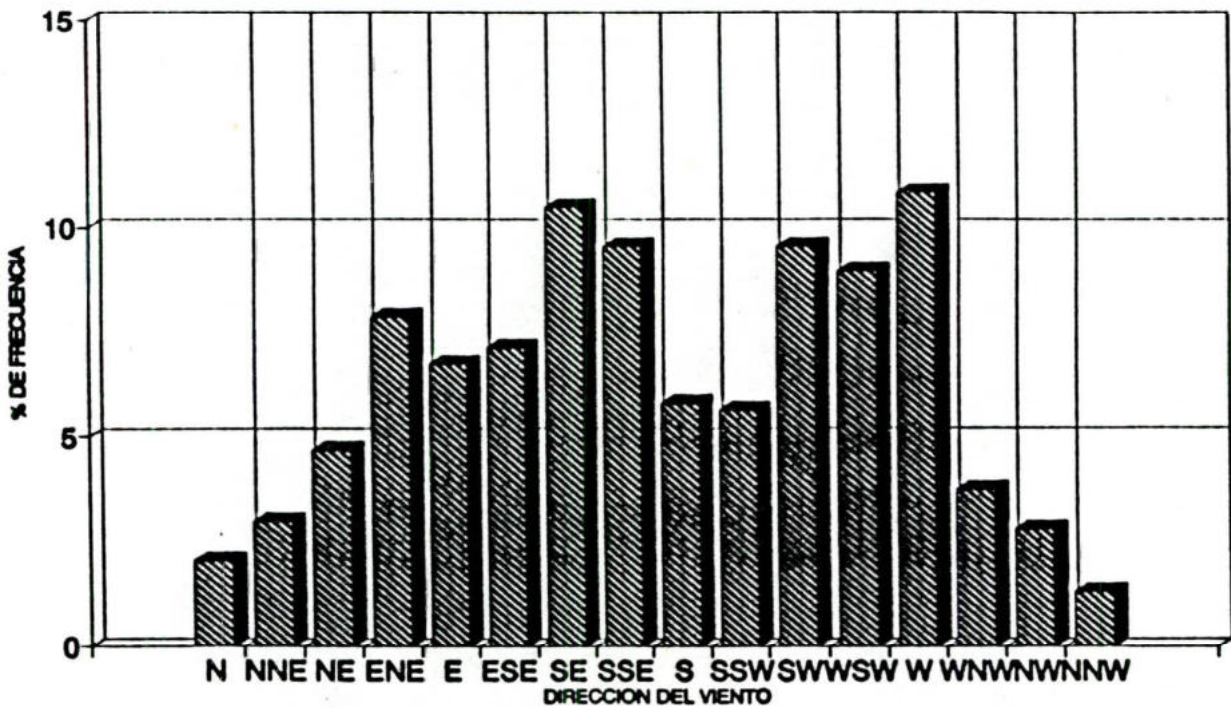


ENERO 1980-85
  JULIO 1980-85

**BACHAQUERO (INTEVEP/BH)**  
**DISTRIBUCION DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO**

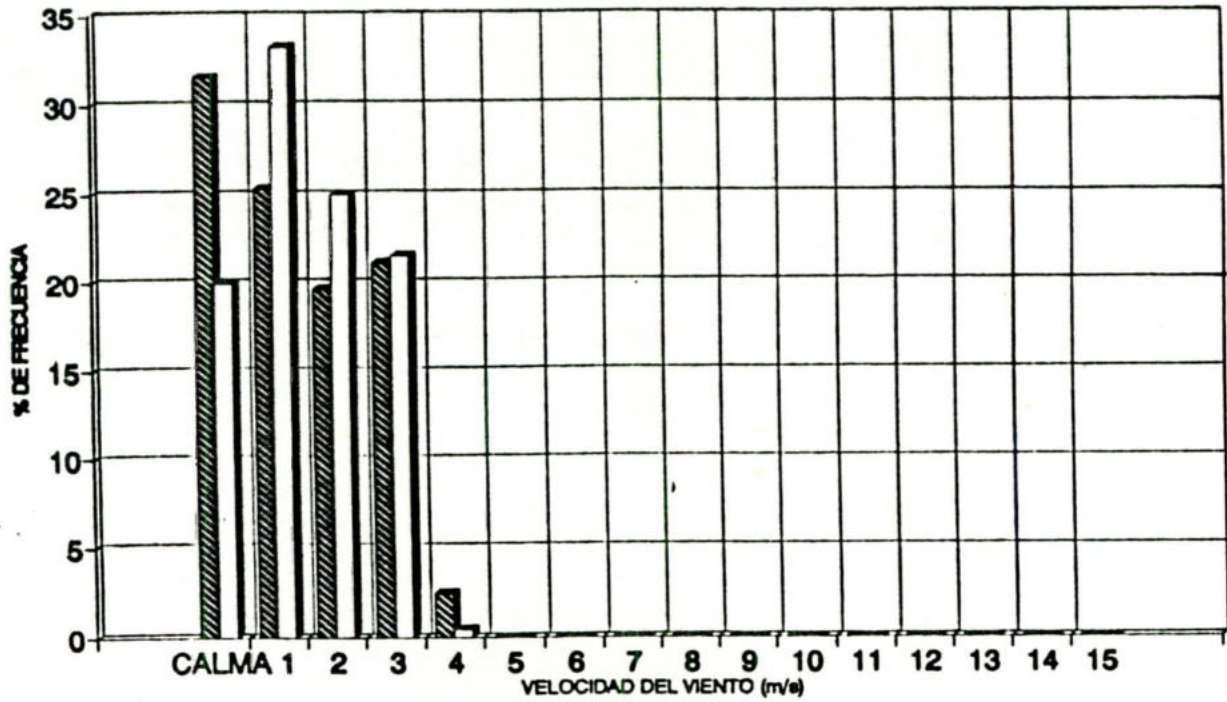


**BACHAQUERO (INTEVEP/BH)**  
**DISTRIBUCION DE LA DIRECCION DEL VIENTO**

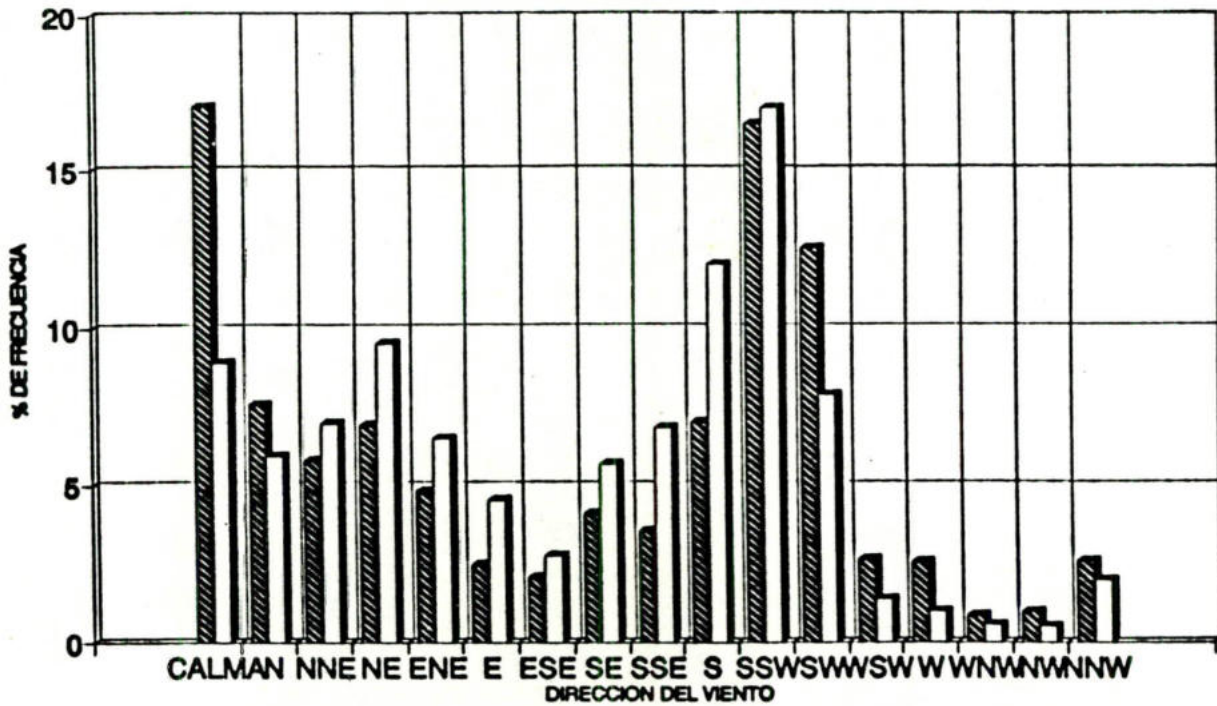


▨ ENERO 1984

**CANAL V.O.C. (MARNR/1931)**  
**DISTRIBUCION DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO**



**CANAL V.O.C. (MARNR/1931)**  
**DISTRIBUCION DE LA DIRECCION DEL VIENTO**

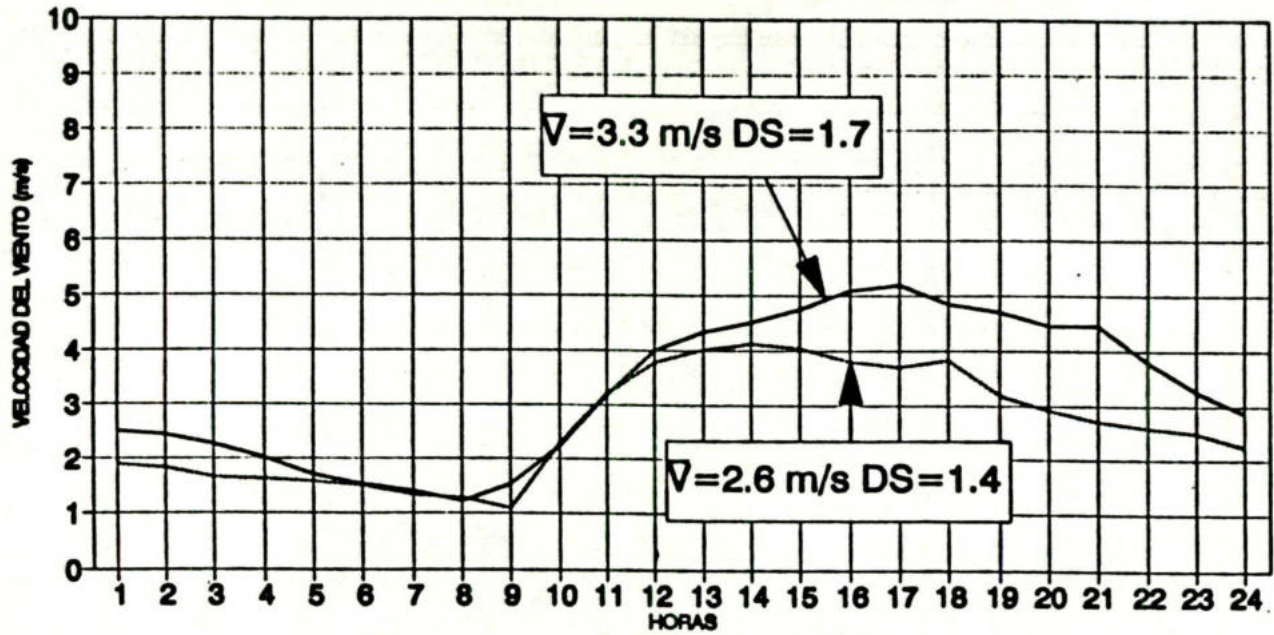


**ENERO 1981-85,87**

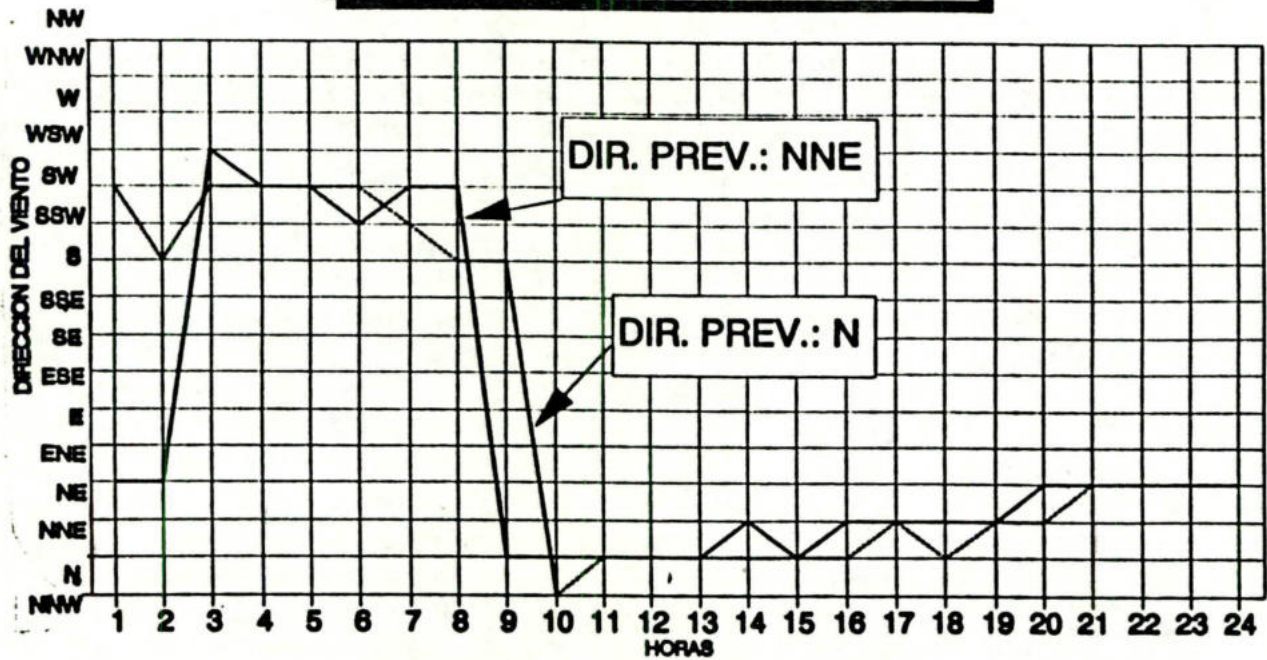
**JULIO 1980-87**

**ANEXO C.**  
**VARIACION HORARIA PROMEDIO Y**  
**DIRECCION HORARIA PREVALECIENTE**  
**DEL VIENTO.**

**MUELLE JOSE 3 (INTEVEP/M3)**  
**VARIACION HORARIA PROMEDIO DEL VIENTO**

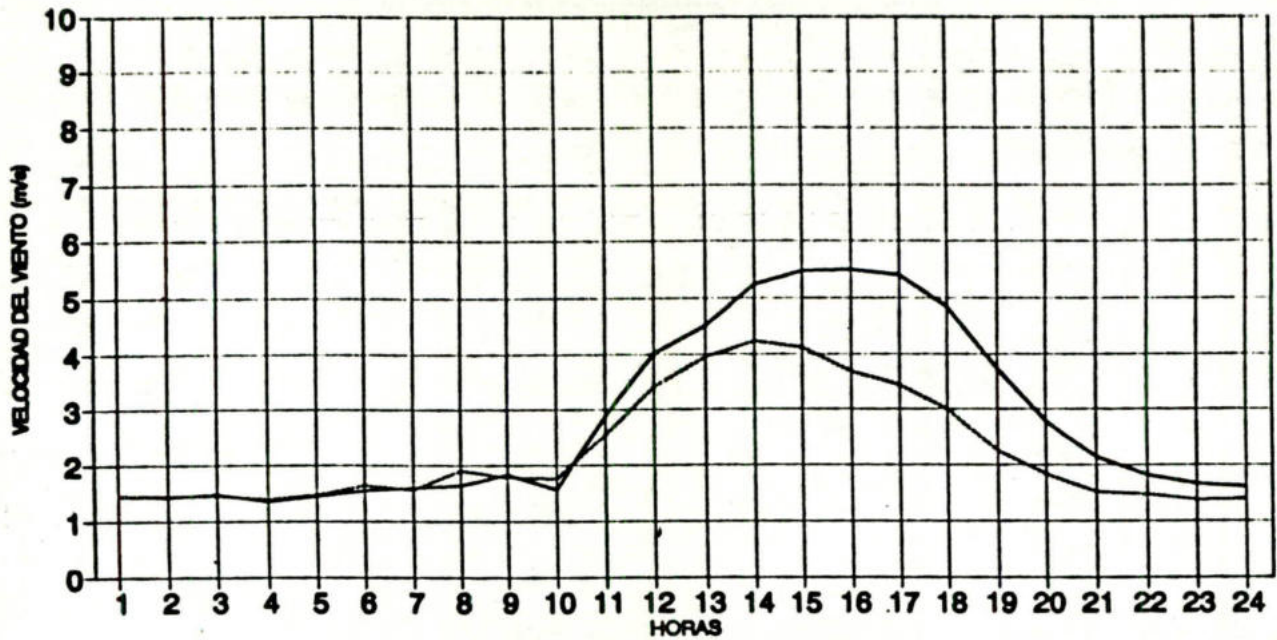


**MUELLE JOSE 3 (INTEVEP/M3)**  
**DIRECCION HORARIA PREVALECIENTE**

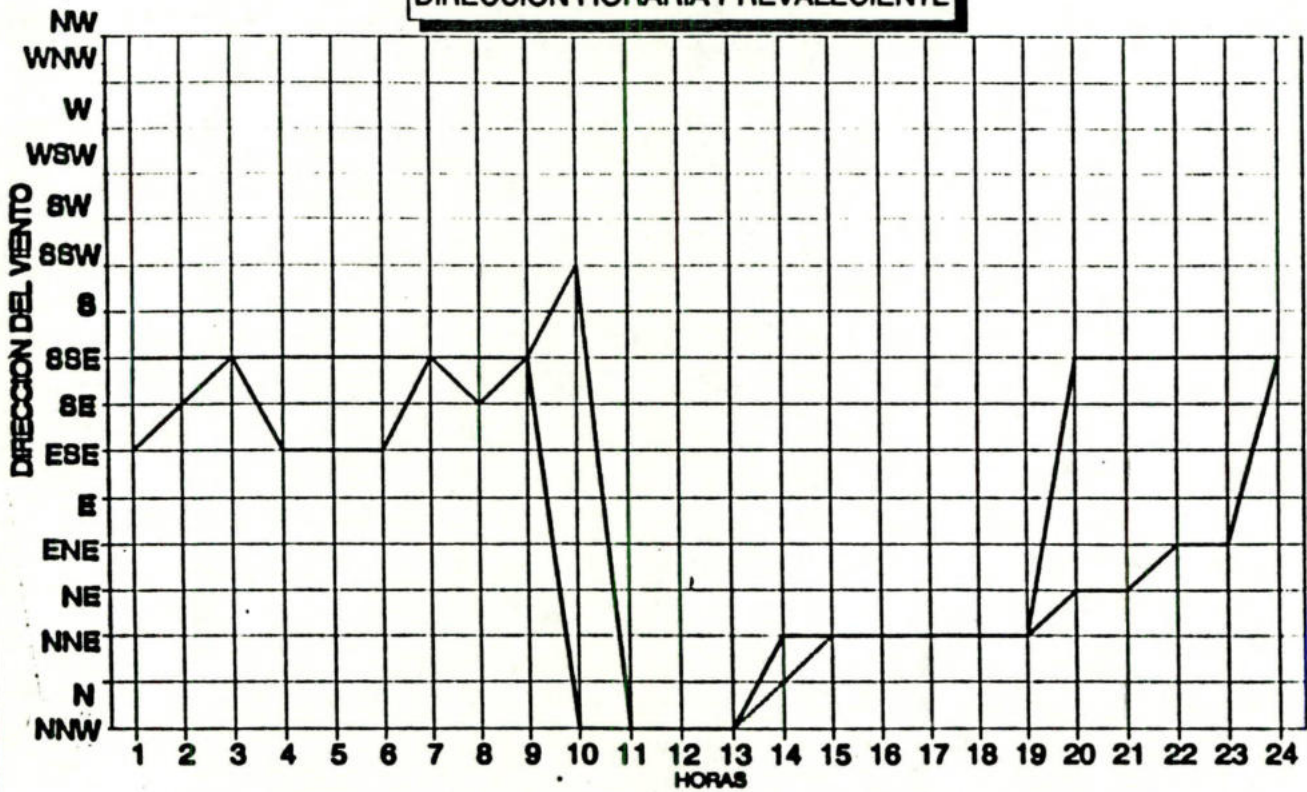


— ENERO 1989 — JULIO 1989

**BARCELONA (FAV/80419)**  
**VARIACION HORARIA DEL VIENTO**

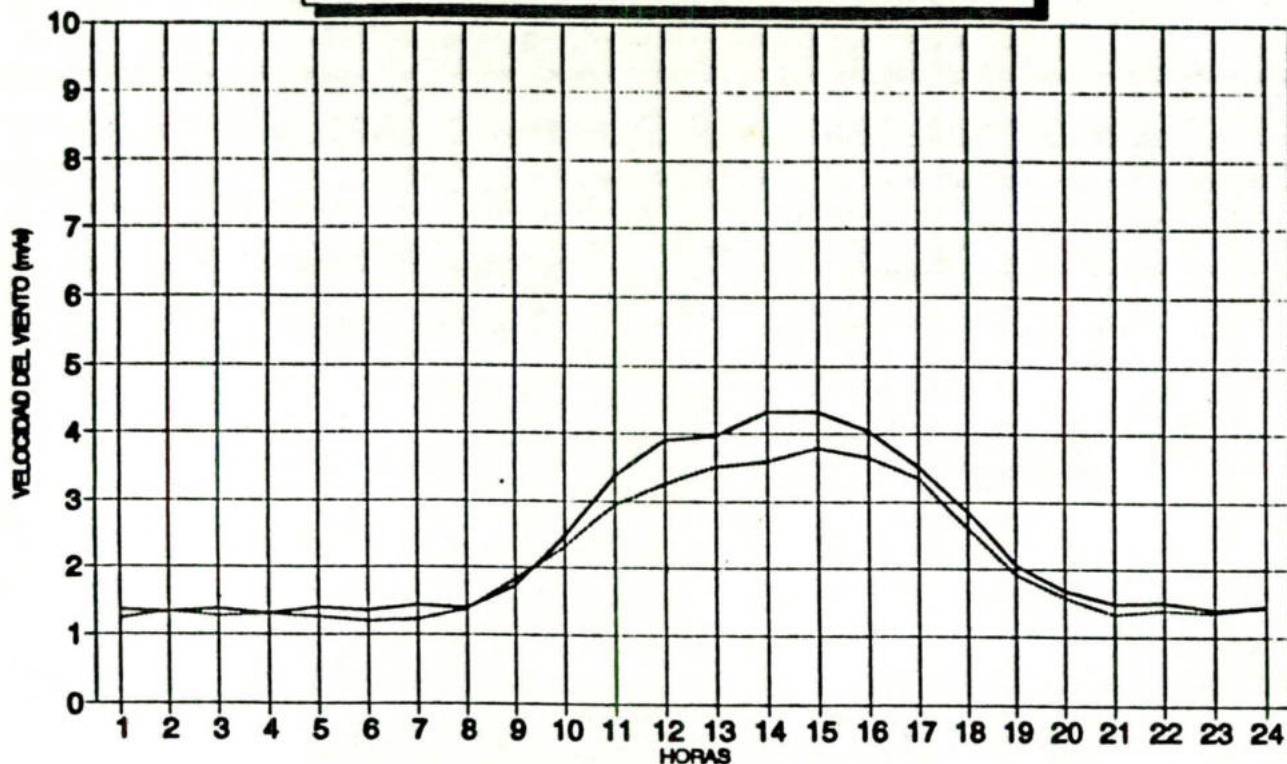


**BARCELONA (FAV/80419)**  
**DIRECCION HORARIA PREVALECIENTE**

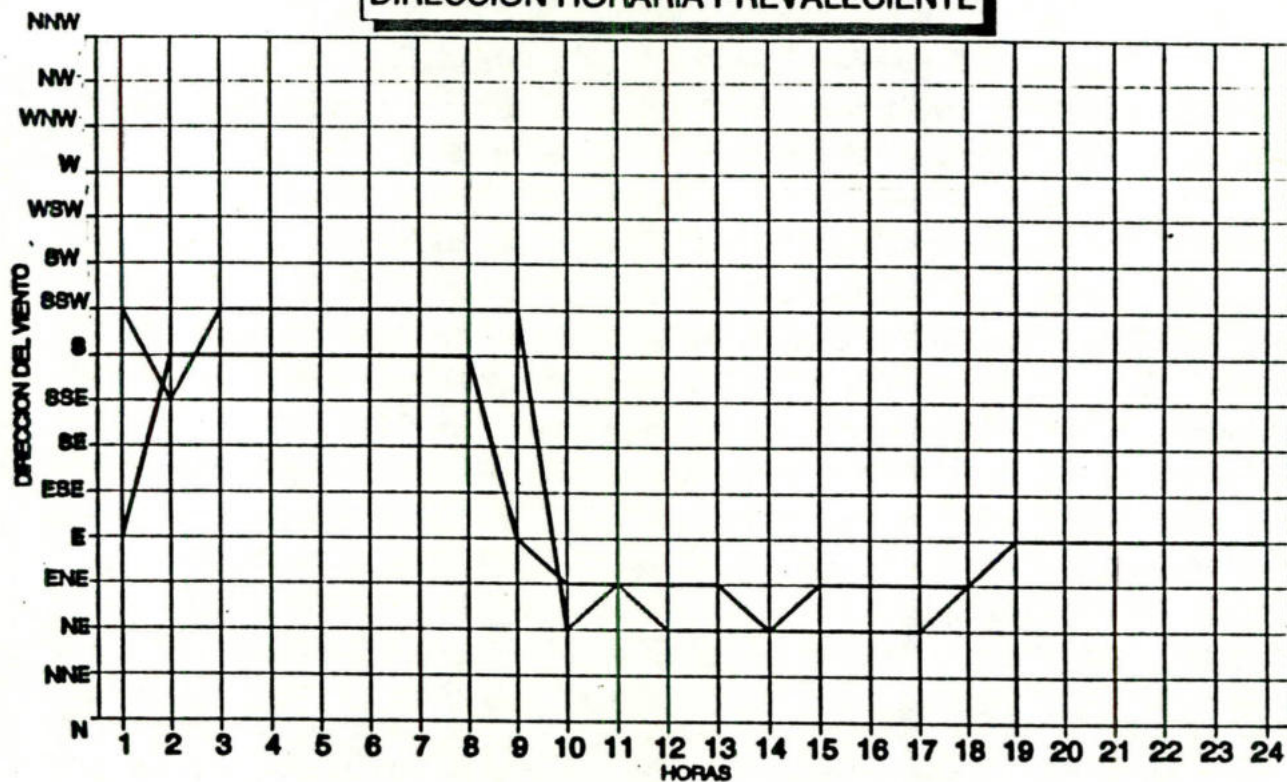


— ENERO 1980-89 — JULIO 1980-89

**CARUPANO (MARINA/80422)**  
**VARIACION HORARIA PROMEDIO DEL VIENTO**

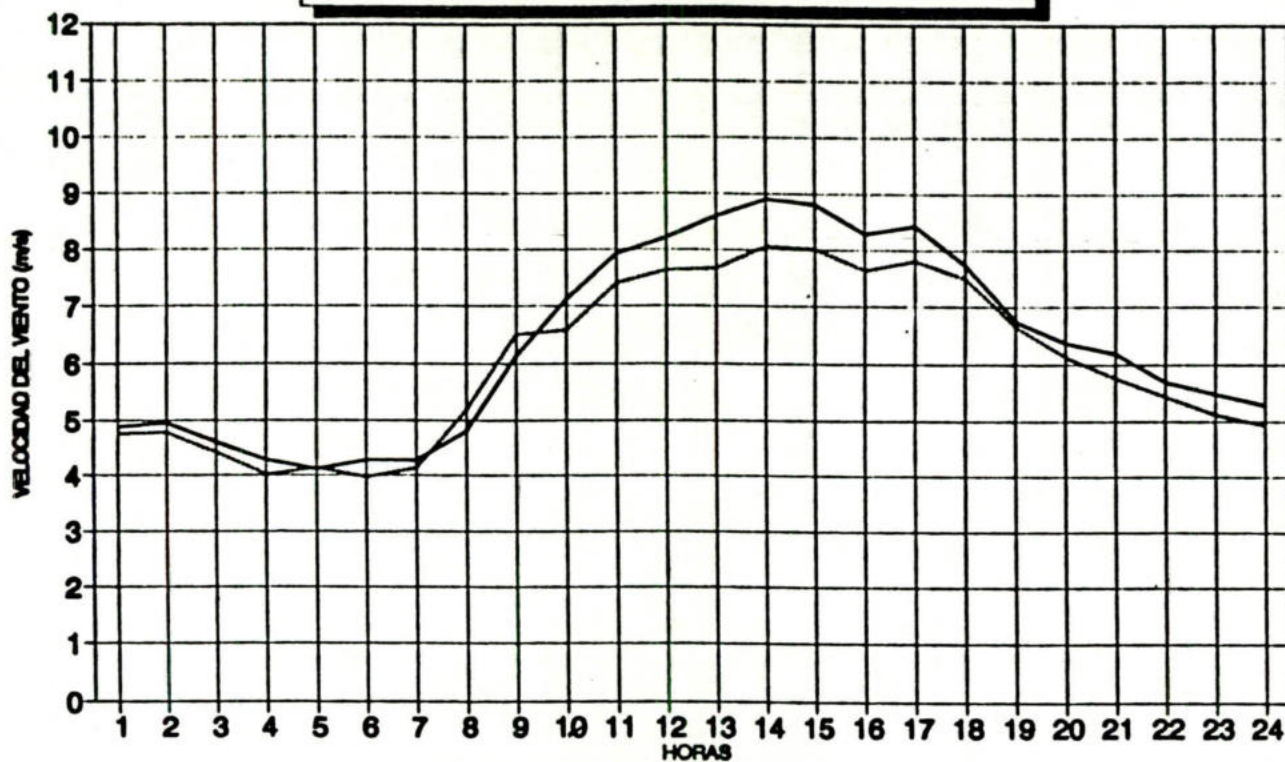


**CARUPANO (MARINA/80422)**  
**DIRECCION HORARIA PREVALECIENTE**

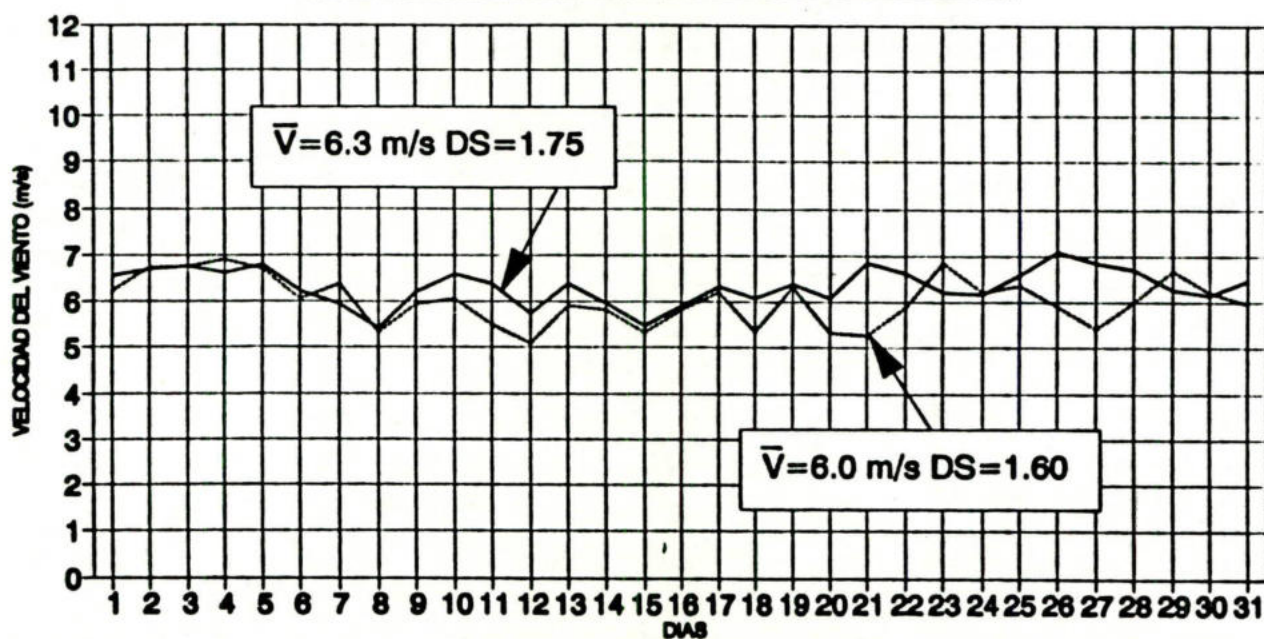


— ENERO 1983-89 — JULIO 1983-89

**PORLAMAR (FAV/80421)**  
**VARIACION HORARIA PROMEDIO DEL VIENTO**

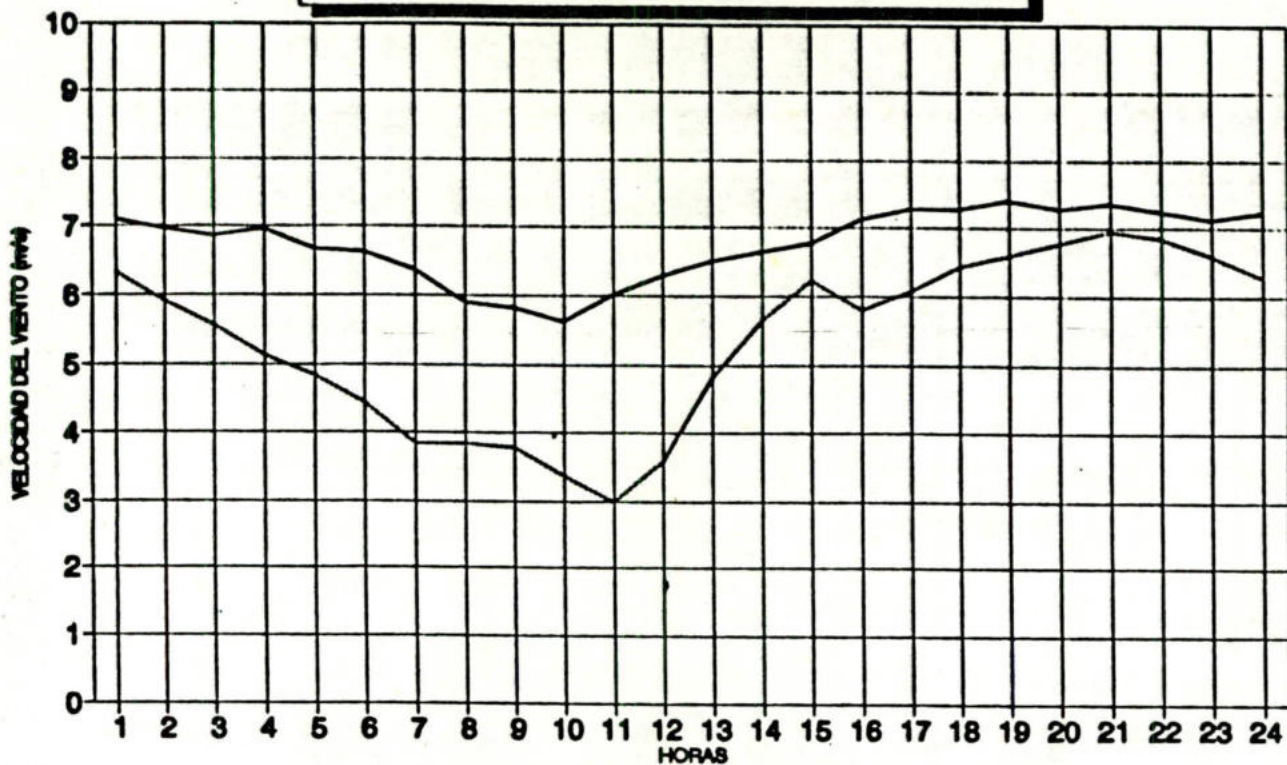


**PORLAMAR (FAV/80421)**  
**VARIACION DIARIA PROMEDIO DEL VIENTO**

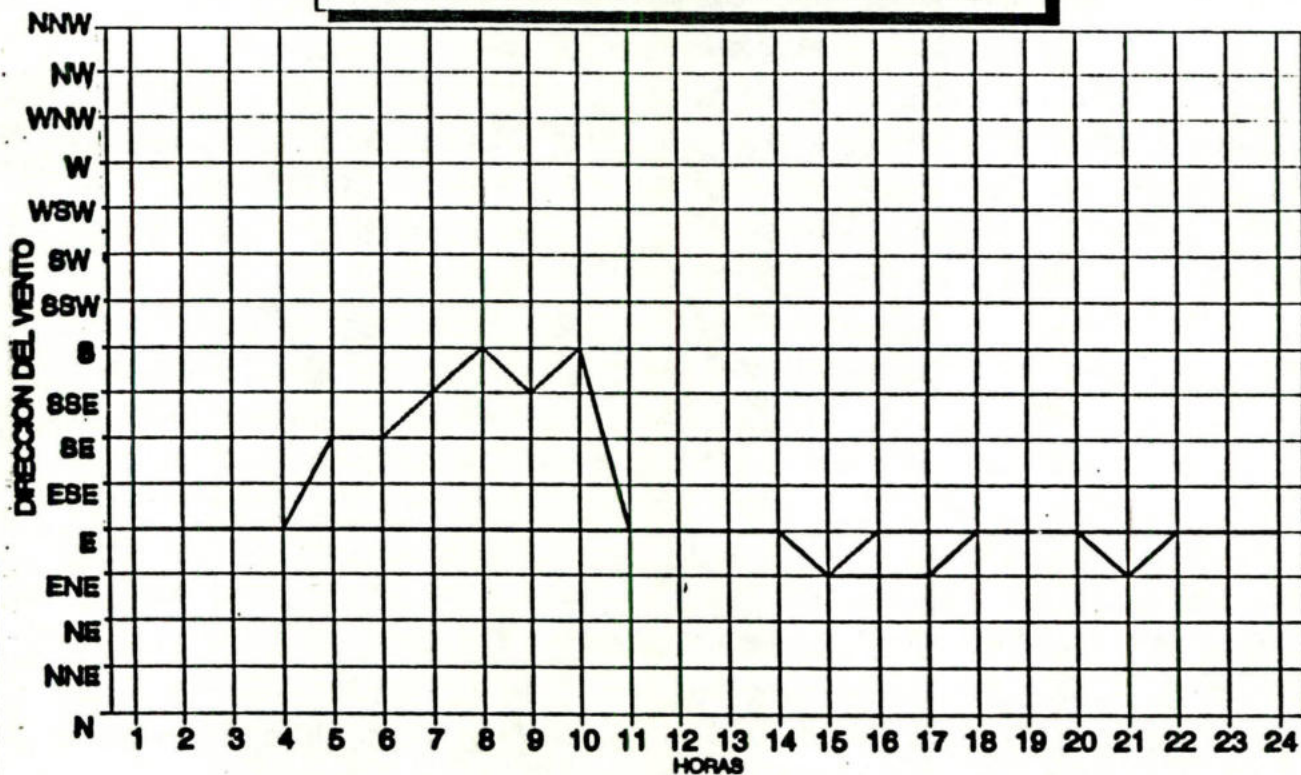


— ENERO 1985-89 — JULIO 1985-89

**DELTA DEL ORINOCO (INTEVEP/A)**  
**VARIACION HORARIA PROMEDIO DEL VIENTO**

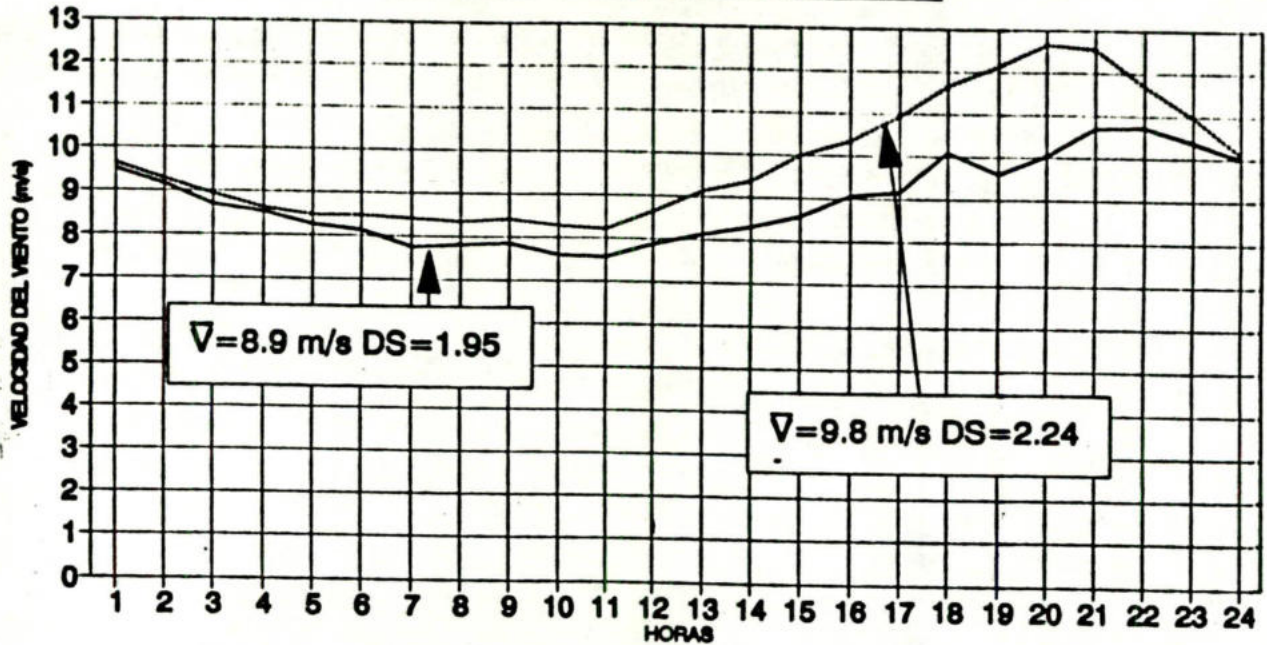


**DELTA DEL ORINOCO (INTEVEP/A)**  
**DIRECCION HORARIA PREVALECIENTE**

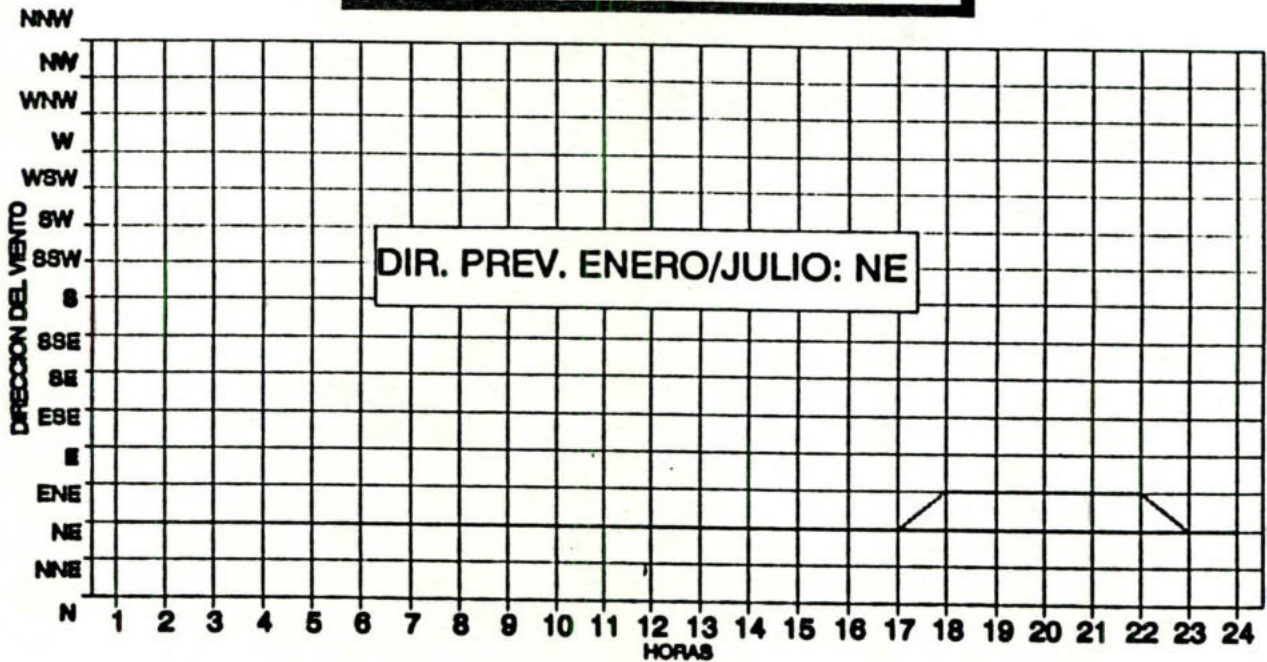


— ENERO 1978 — JULIO 1978

**LOS MONJES (INTEVEP/13)**  
**VARIACION HORARIA DEL VIENTO**

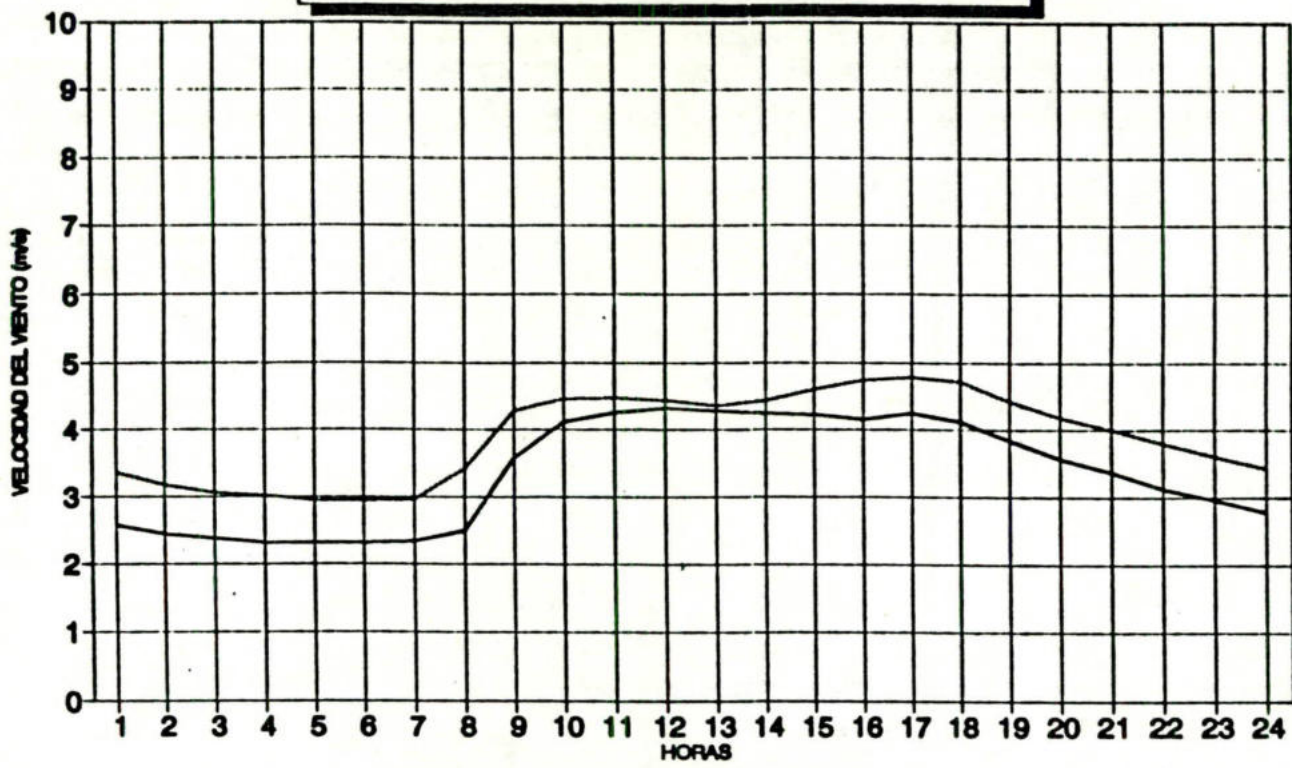


**LOS MONJES (INTEVEP/13)**  
**DIRECCION HORARIA PREVALECIENTE**

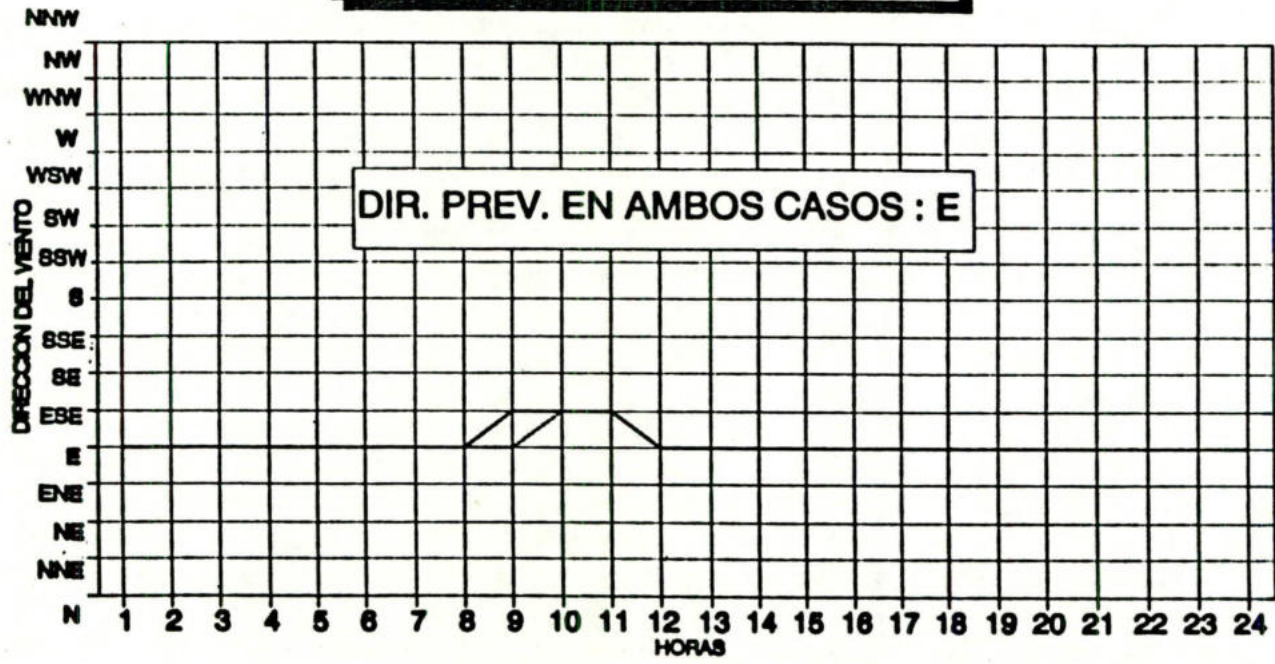


— ENERO 1988-89 — JULIO 1988

**B.N.PUNTO FIJO (MARINA/80402)**  
**VARIACION HORARIA PROMEDIO DEL VIENTO**

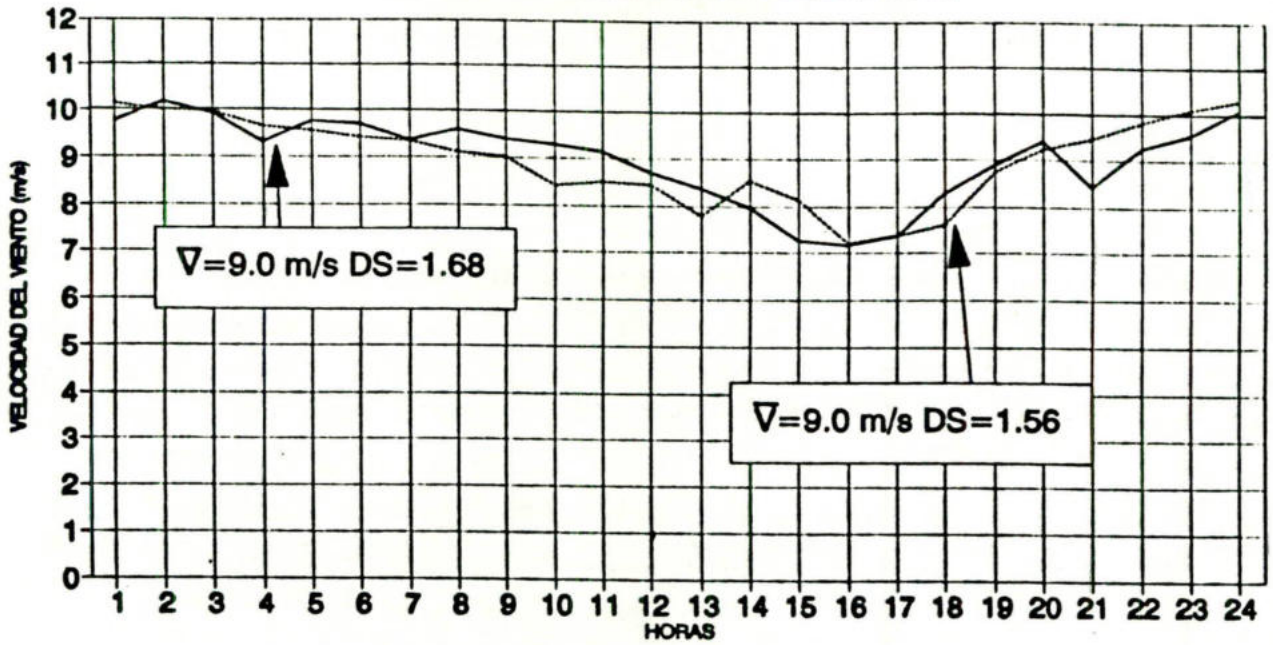


**B.N. PUNTO FIJO (80402)**  
**DIRECCION HORARIA PREVALECIENTE**



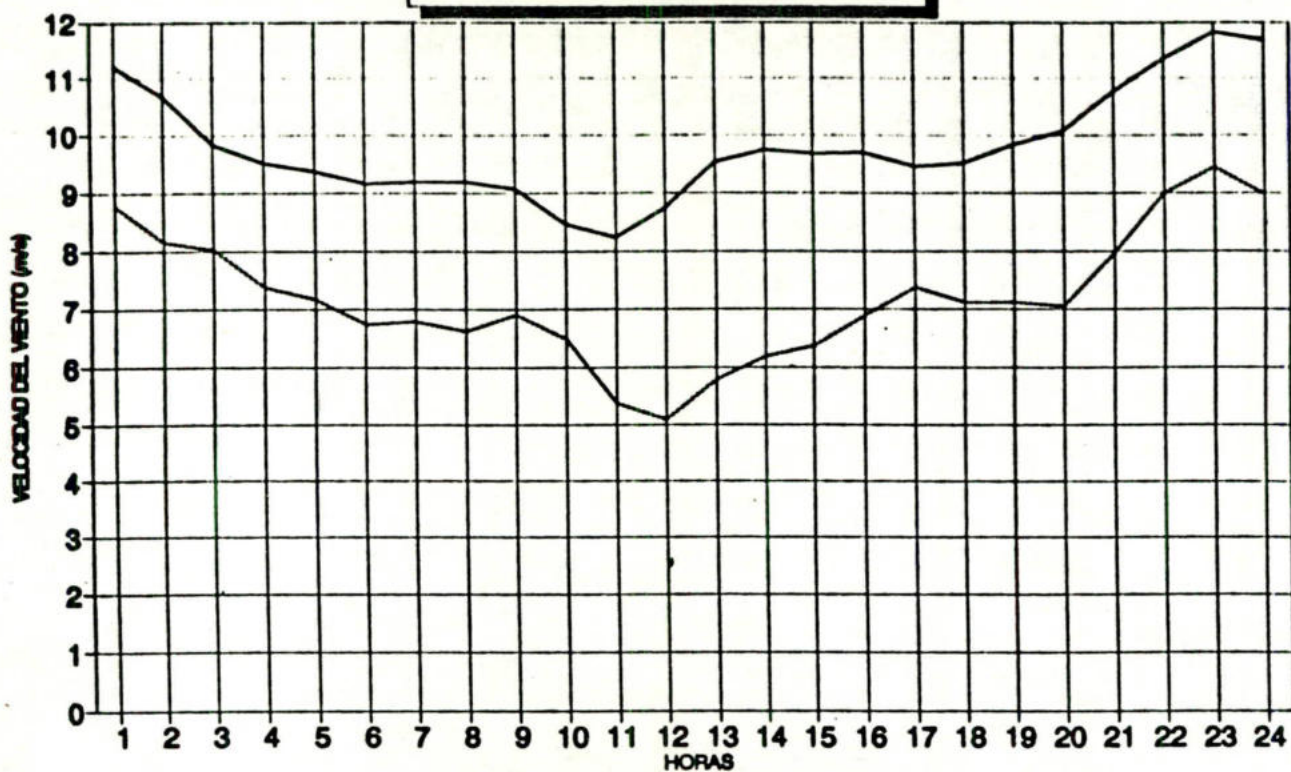
— ENERO 1980-89 — JULIO 1980-89

**PARAGUAIPOA (INTEVEP/PA)**  
**VARIACION HORARIA DEL VIENTO**

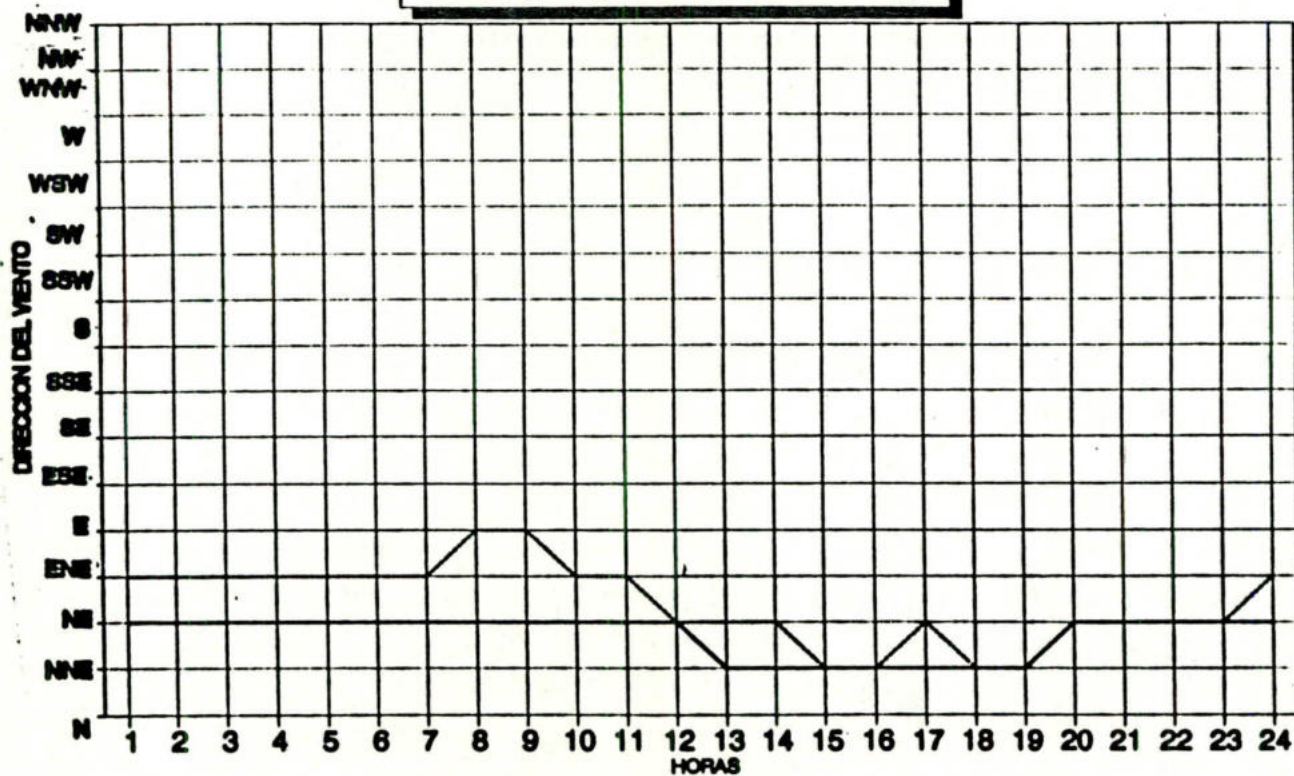


— ENERO 1990 — JUNIO 1990

**ISLA ZAPARA (INTEVEP/IZ)**  
**VARIACION HORARIA DEL VIENTO**

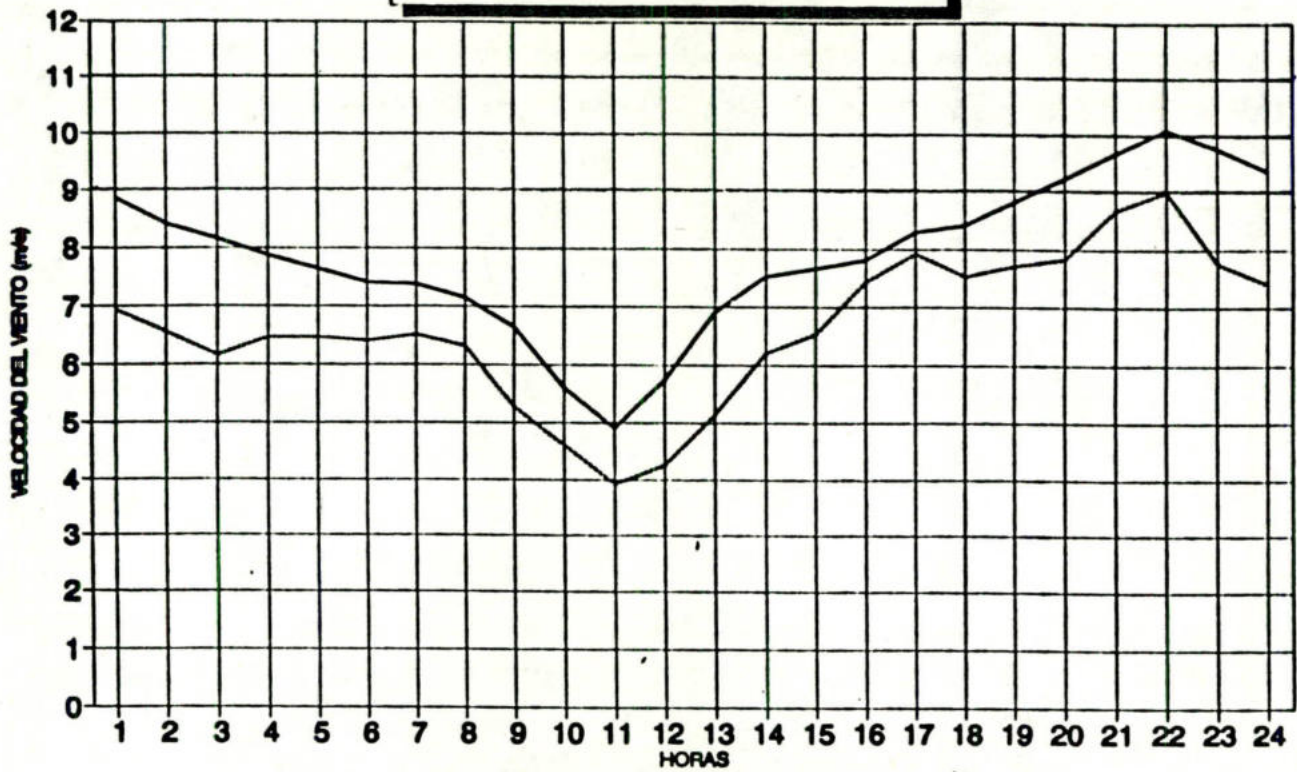


**ISLA ZAPARA (INTEVEP/IZ)**  
**DIRECCION HORARIA PREVALECIENTE**

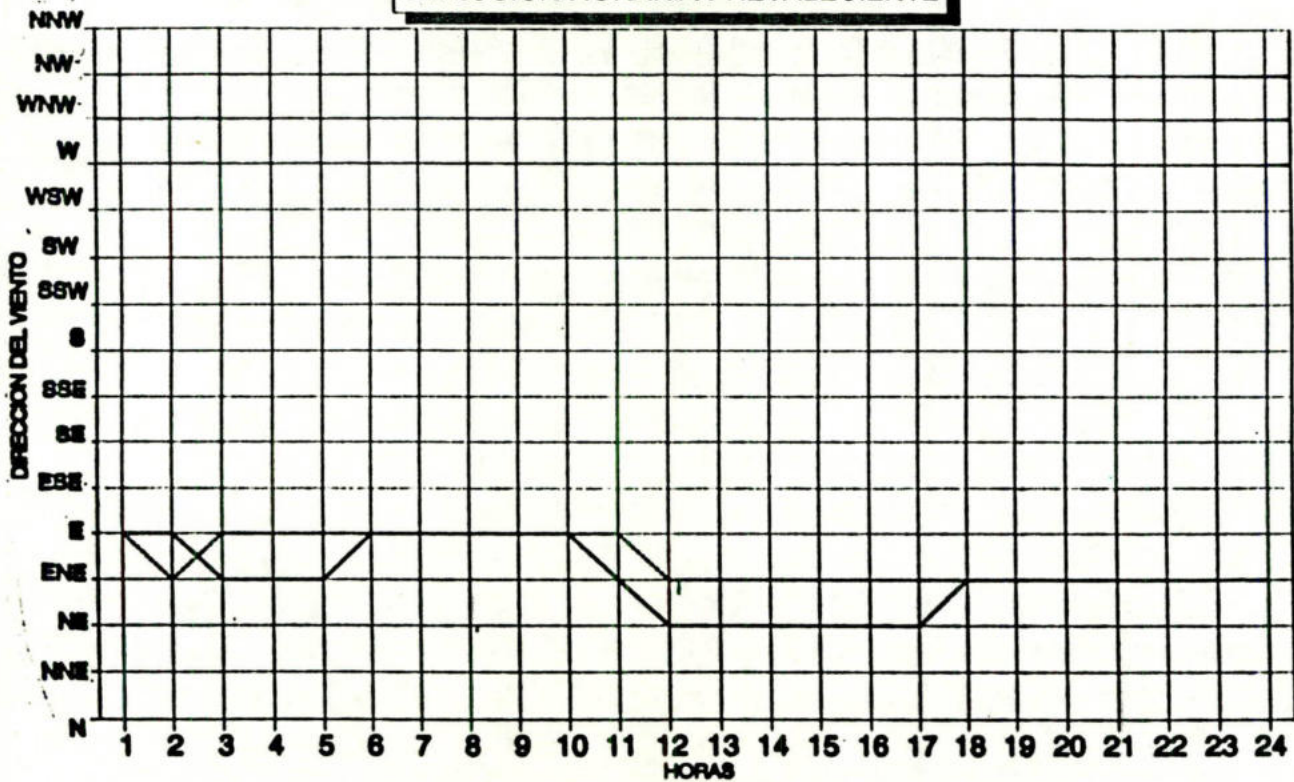


— MARZO 1990 — JULIO 1988

**SANTA CRUZ (MARNR/1130)**  
**VARIACION HORARIA DEL VIENTO**

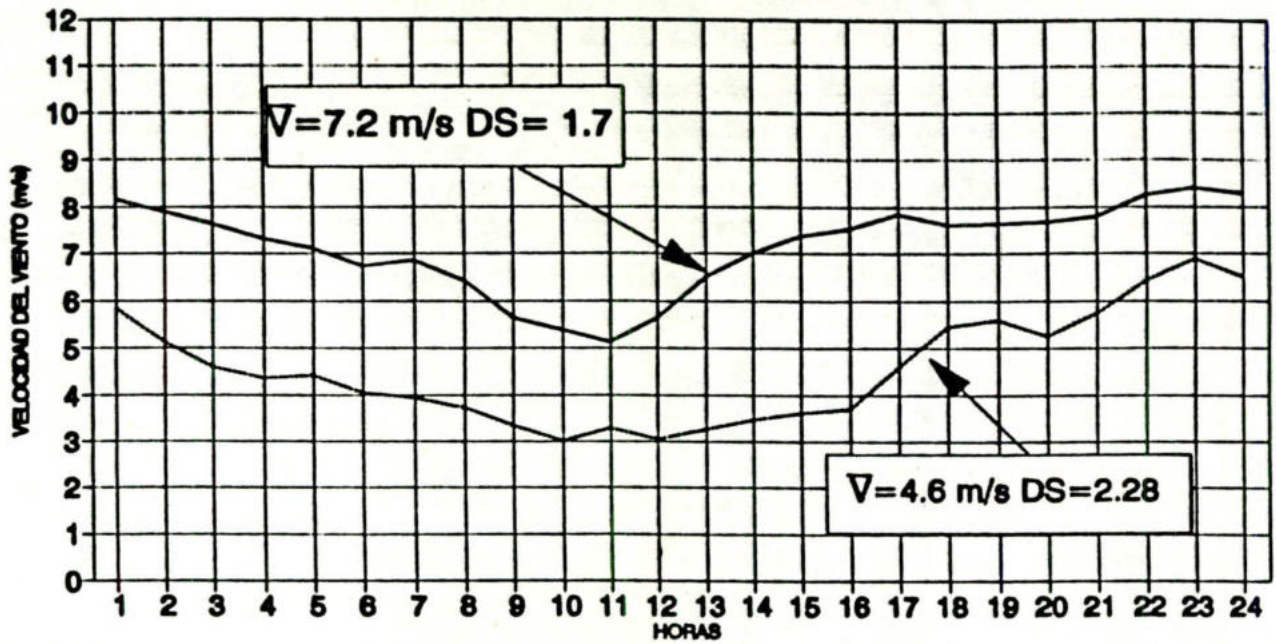


**SANTA CRUZ (MARNR/1130)**  
**DIRECCION HORARIA PREVALECIENTE**

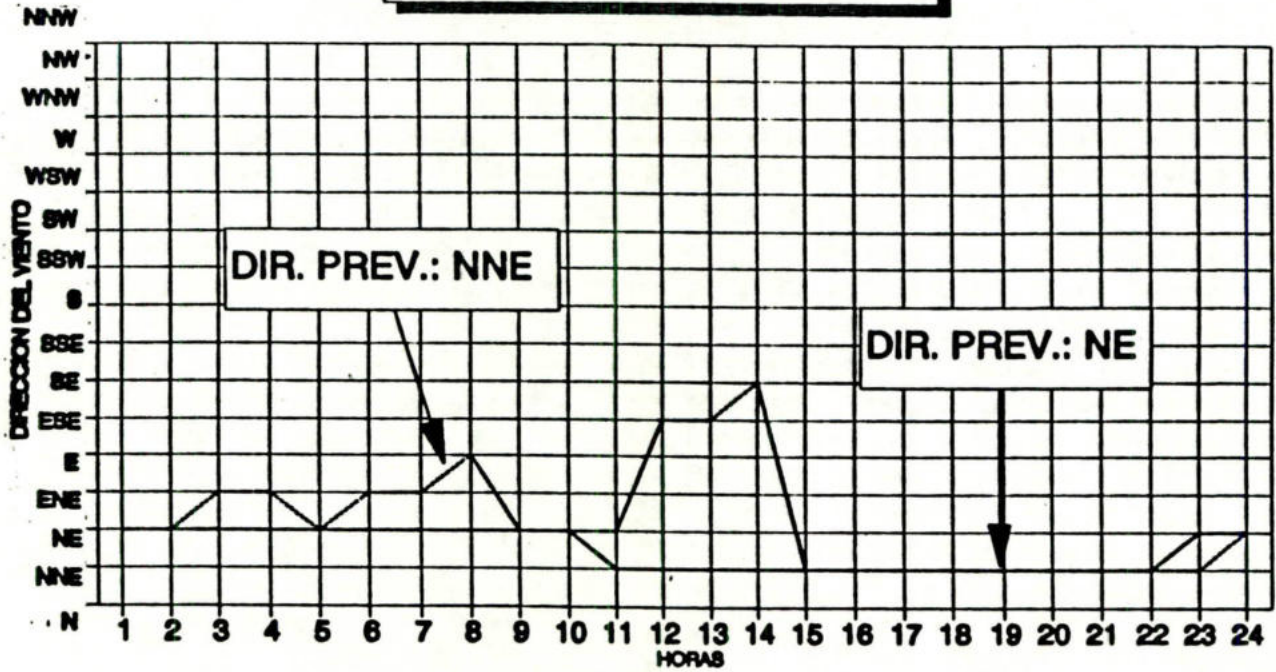


— ENERO 1989-90 — JULIO 1989

**EL TABLAZO (INTEVEP/T0)**  
**VARIACION HORARIA PROMEDIO DEL VIENTO**

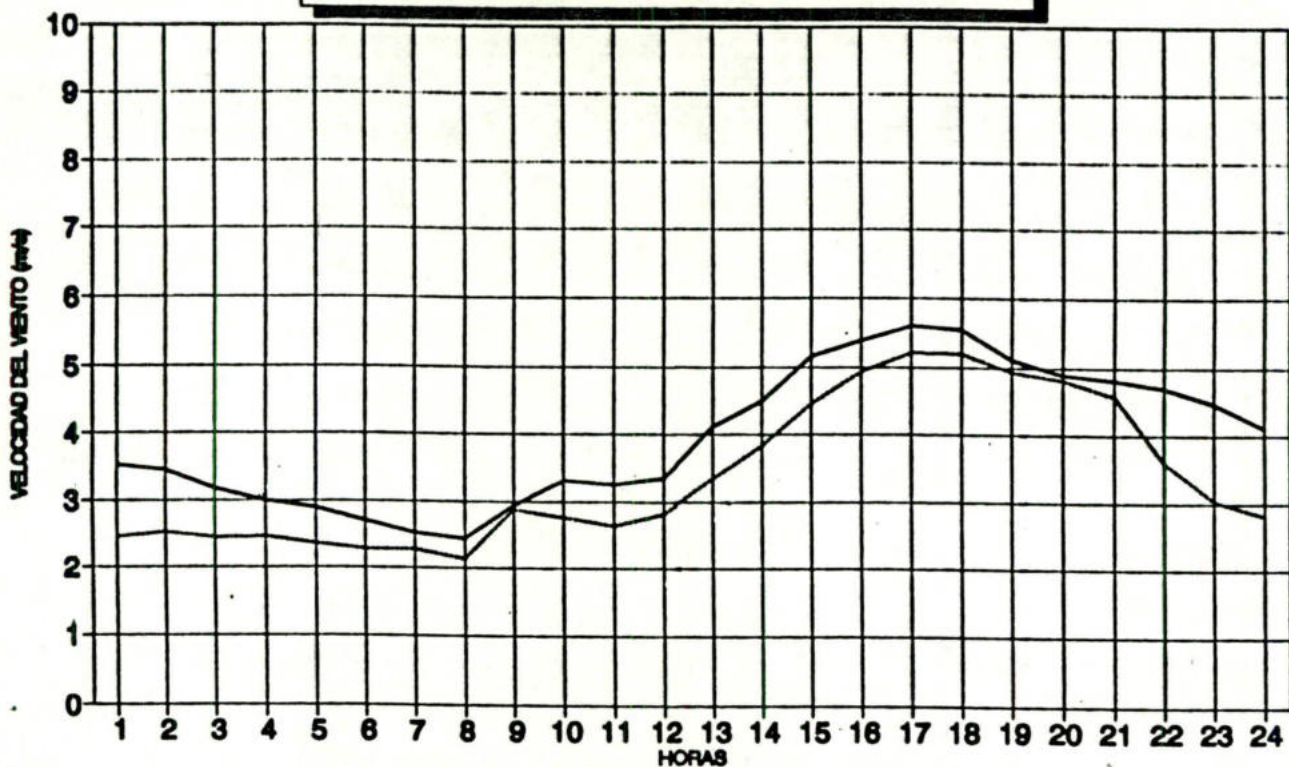


**EL TABLAZO (INTEVEP/T0)**  
**DIRECCION HORARIA PREVALECIENTE**

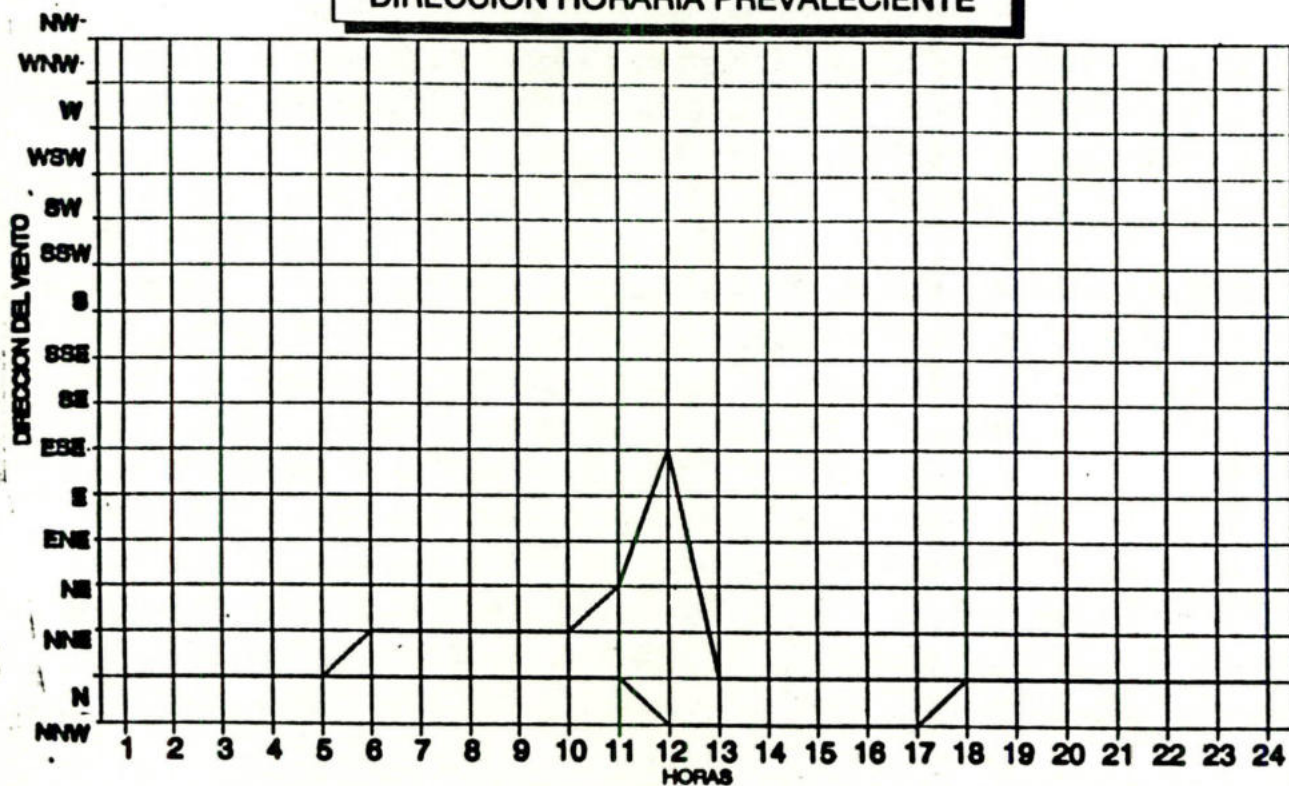


— ENERO 1985 — OCTUBRE 1984

**MARACAIBO LUZ (MARNR/1070)**  
**VARIACION HORARIA PROMEDIO DEL VIENTO**

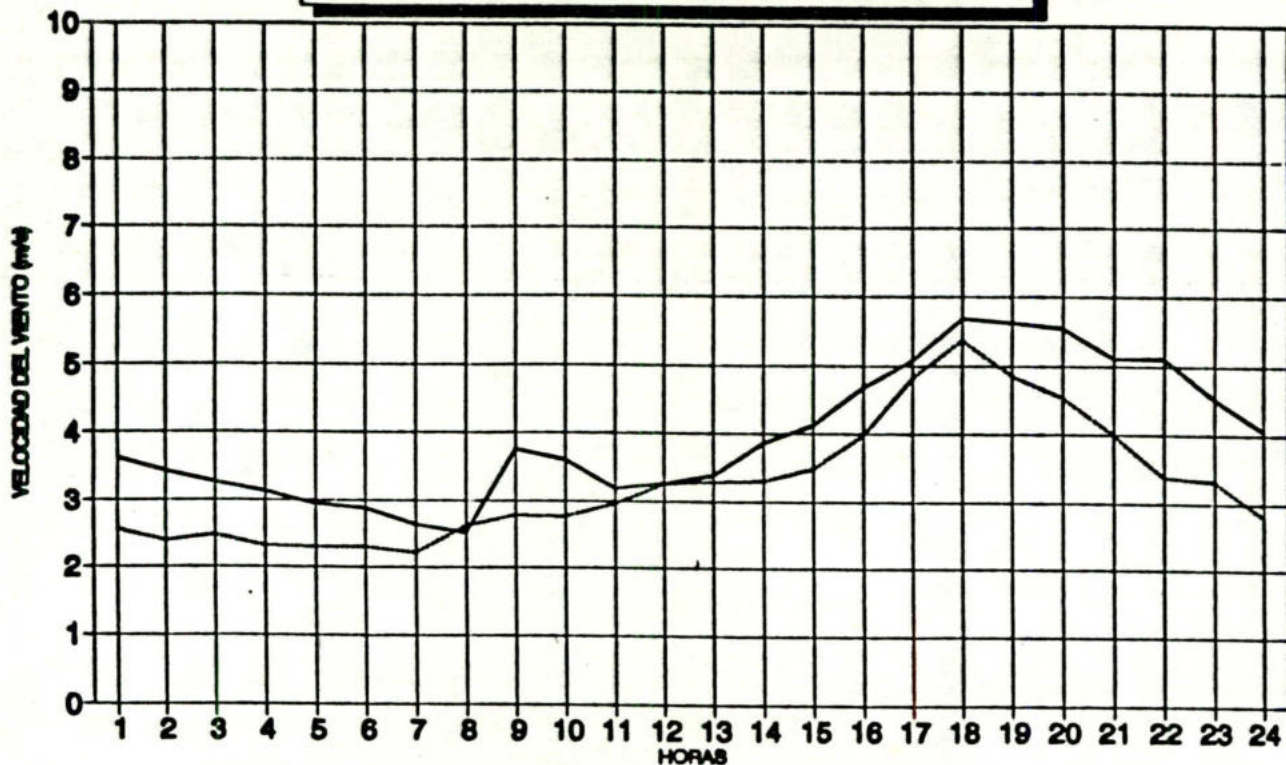


**MARACAIBO LUZ (MARNR/1070)**  
**DIRECCION HORARIA PREVALECIENTE**

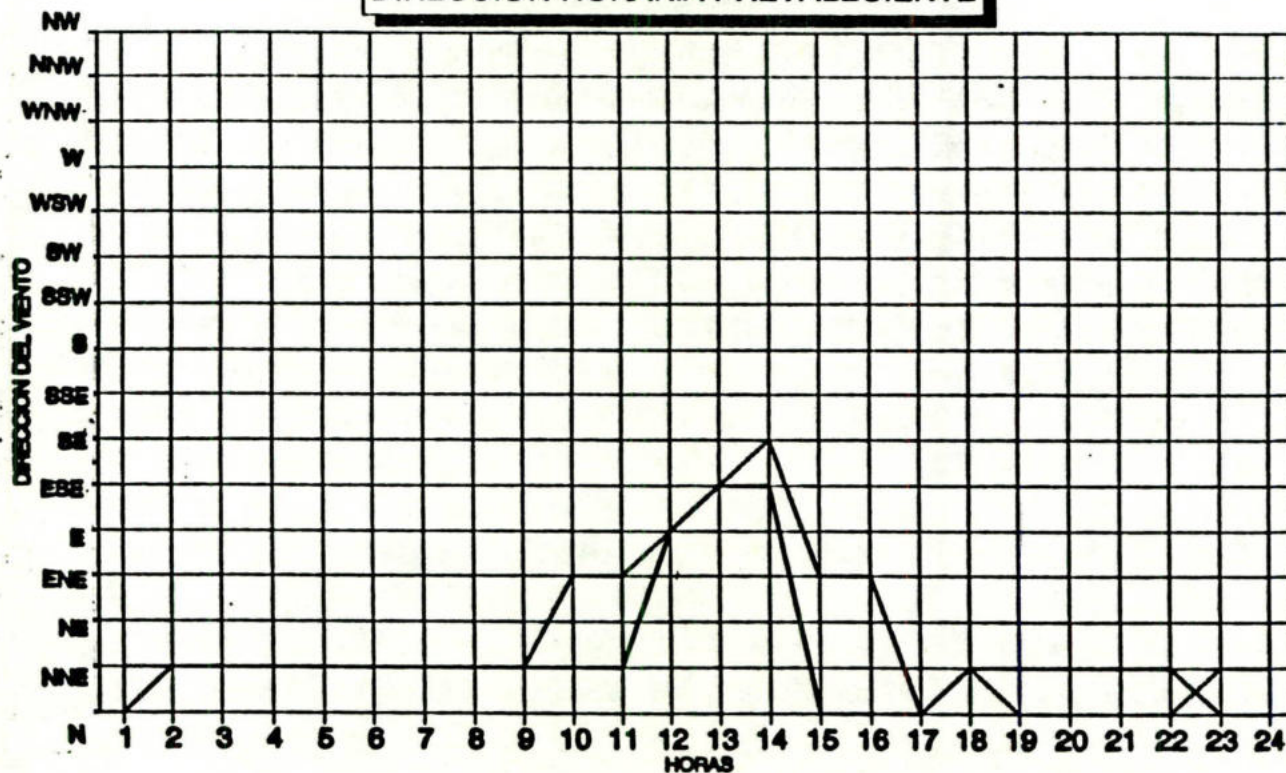


— ENERO 1982-84 — JULIO 1981-83

**LA CAÑADA (FAV/80476)**  
**VARIACION HORARIA PROMEDIO DEL VIENTO**

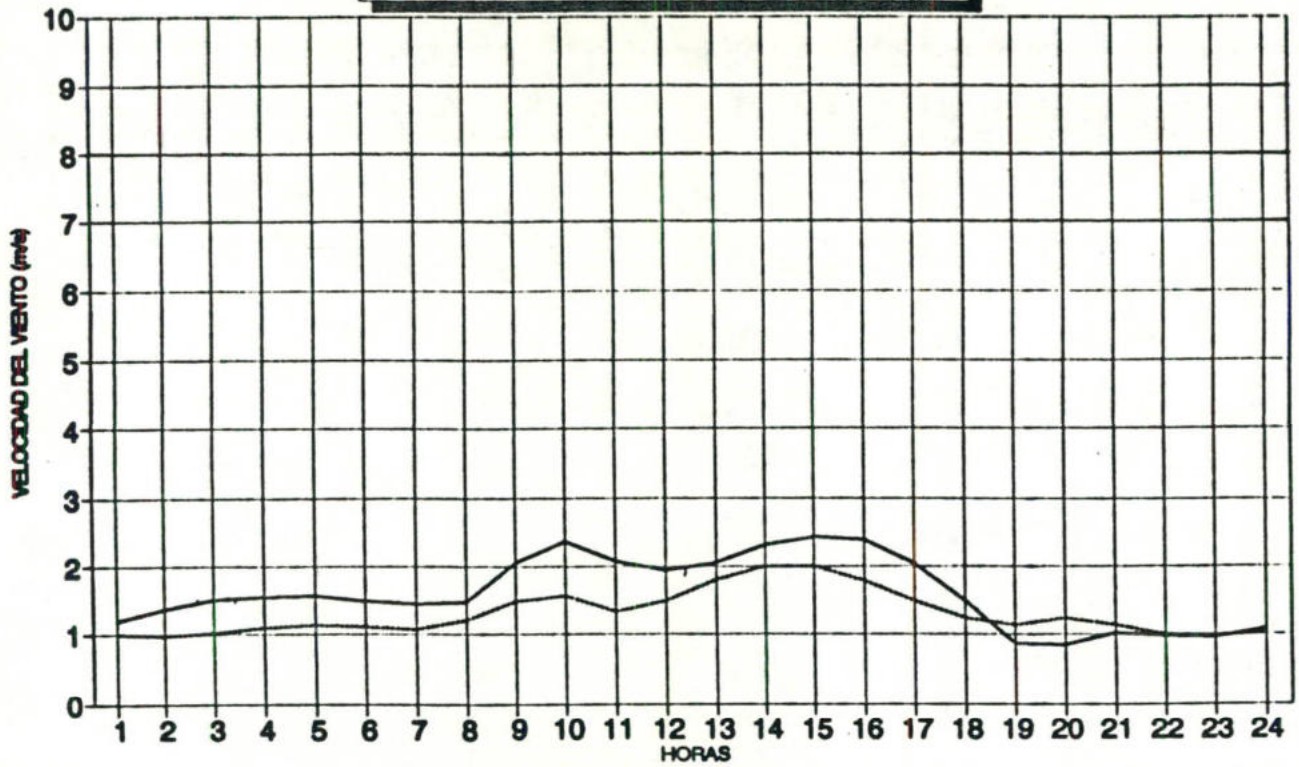


**LA CAÑADA (FAV/80476)**  
**DIRECCION HORARIA PREVALECIENTE**

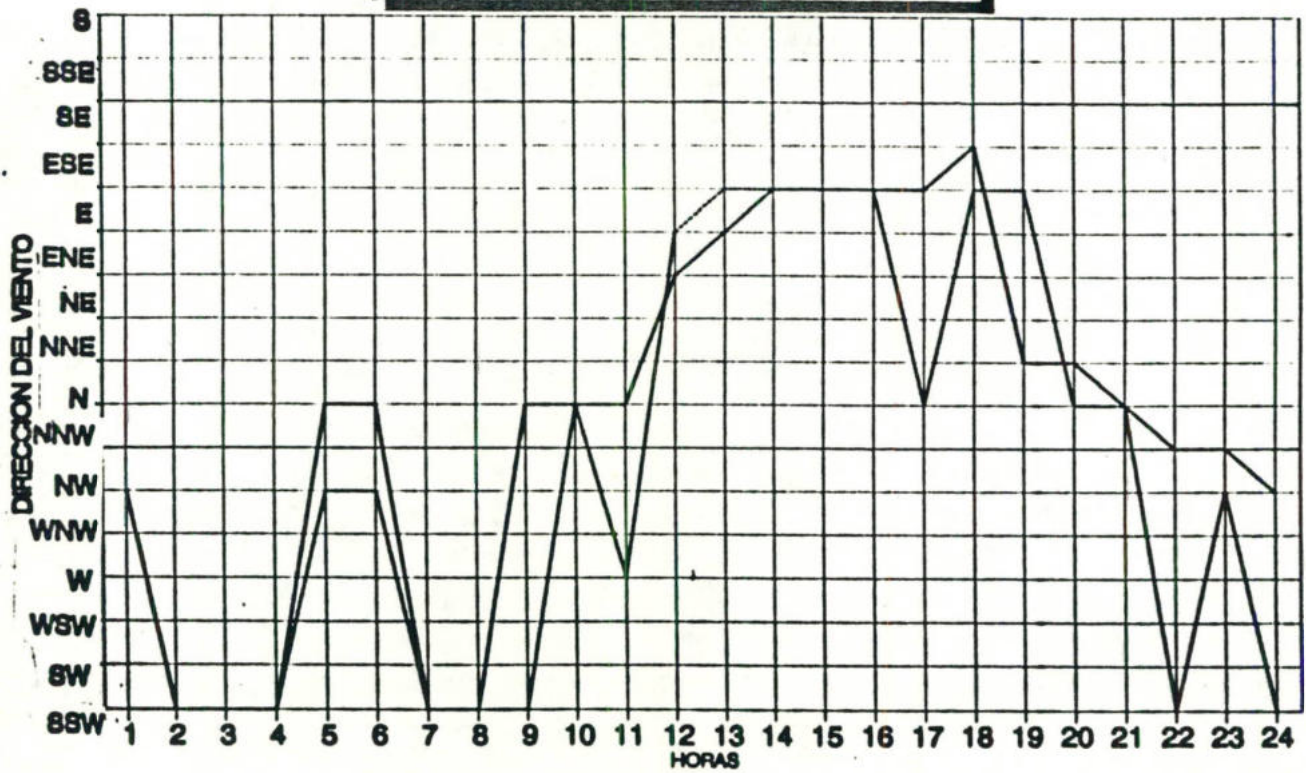


— ENERO 1982-85 — JULIO 1982-85

**BARRANQUITAS (MARNR/2038)**  
**VARIACION HORARIA DEL VIENTO**

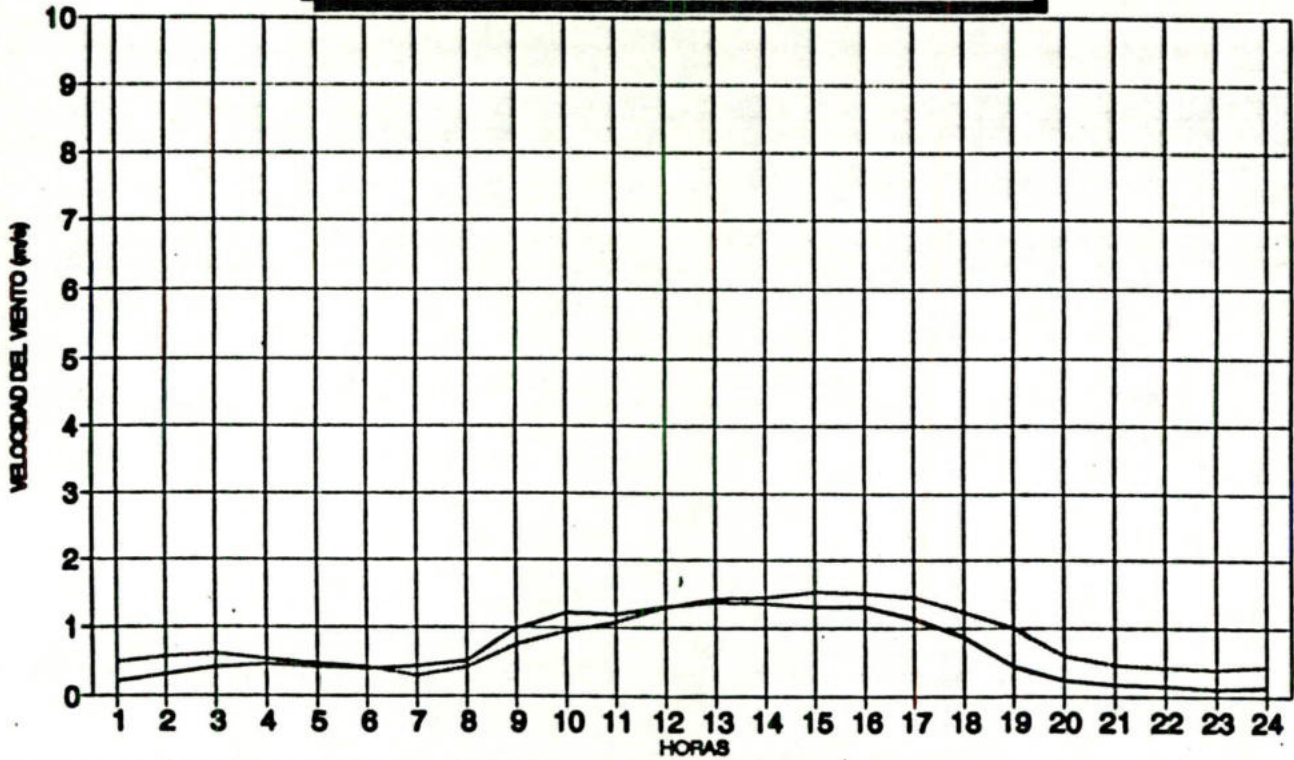


**BARRANQUITAS (MARNR/2038)**  
**DIRECCION HORARIA PREVALECIENTE**

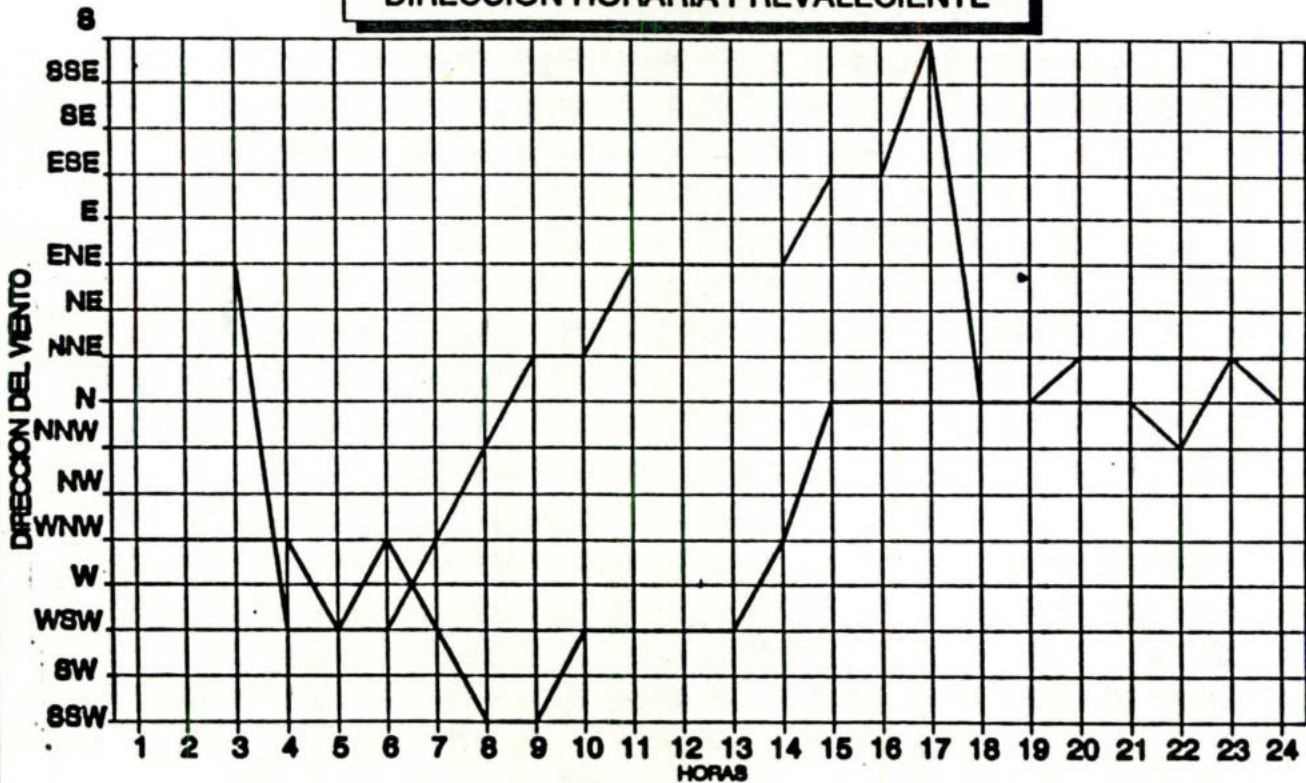


— ENERO 1980-85 — JULIO 1980-84

**SANTA BARBARA (MARNR/2099)**  
**VARIACION HORARIA PROMEDIO DEL VIENTO**

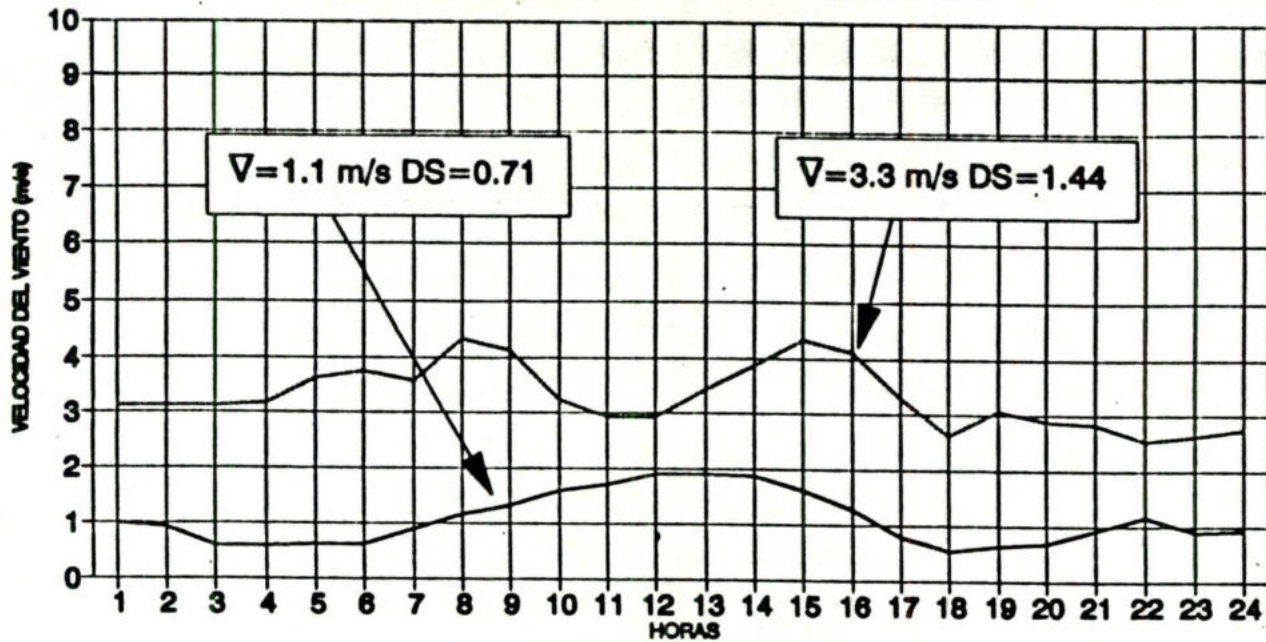


**SANTA BARBARA (MARNR/2099)**  
**DIRECCION HORARIA PREVALECIENTE**

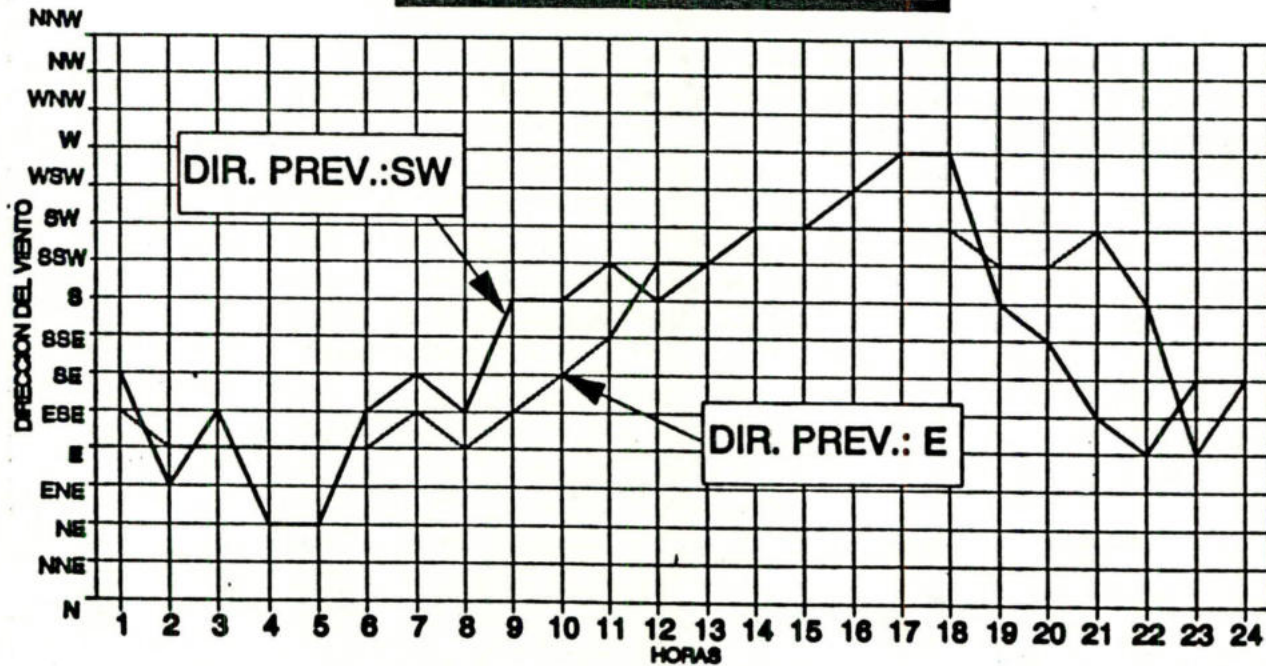


— ENERO 1980-84 — JULIO 1980-84

**MENEGAS (INTEVEP/MG)**  
**VARIACION HORARIA PROMEDIO DEL VIENTO**

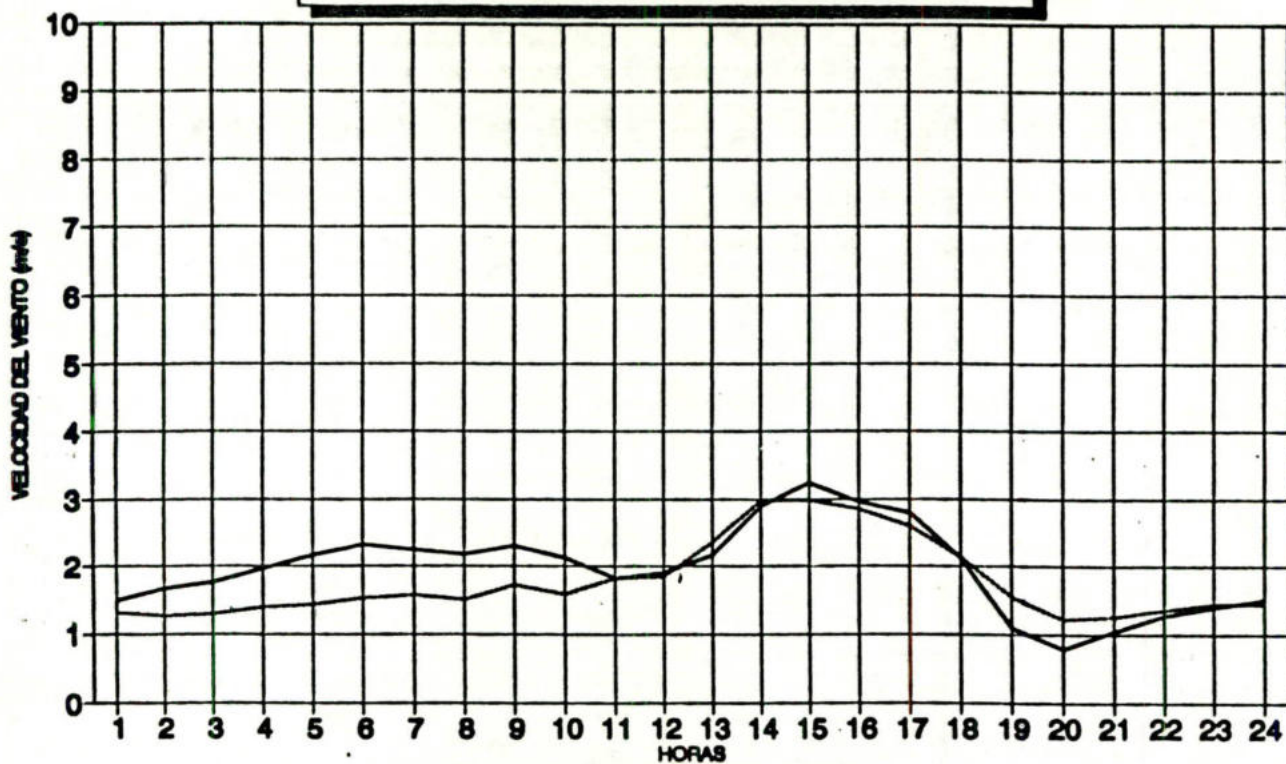


**MENEGAS (INTEVEP/MG)**  
**DIRECCION HORARIA PREVALECIENTE**

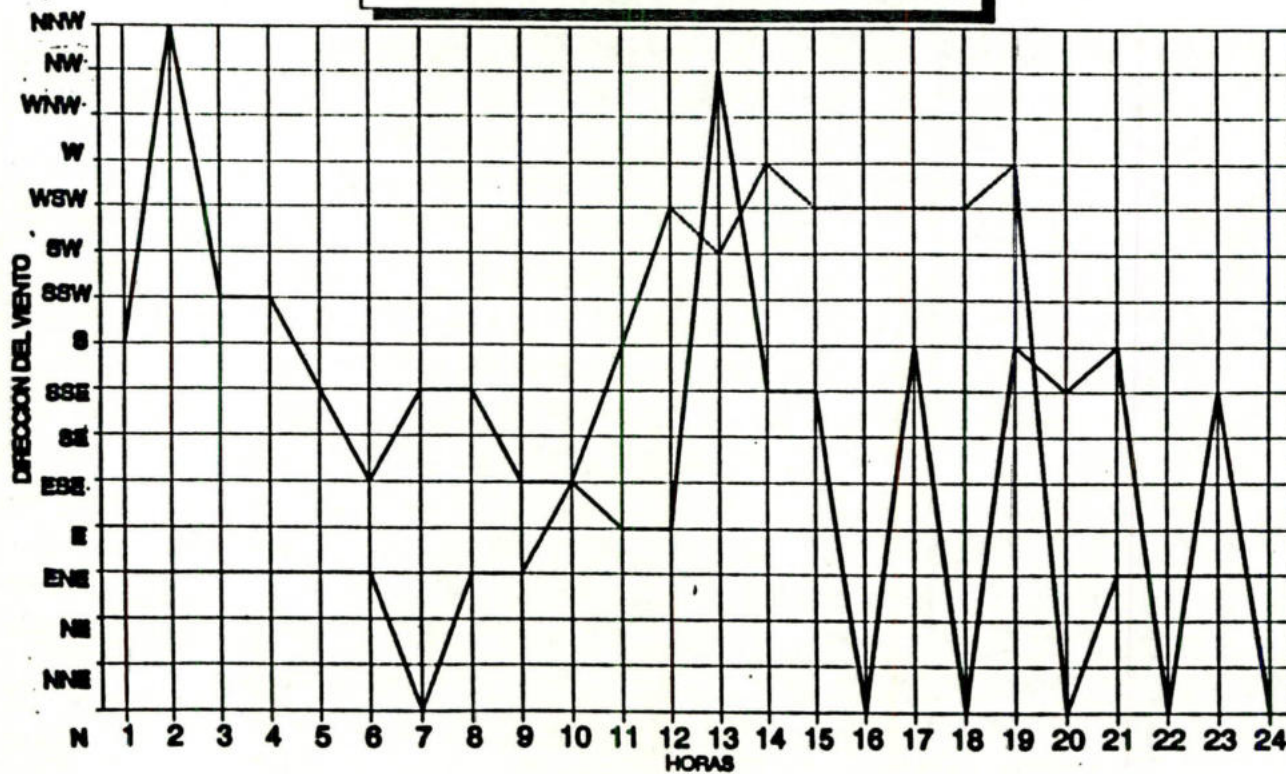


— ENERO 1984 — JULIO 1984

**MENE GRANDE (FAV/80425)**  
**VARIACION HORARIA PROMEDIO DEL VIENTO**

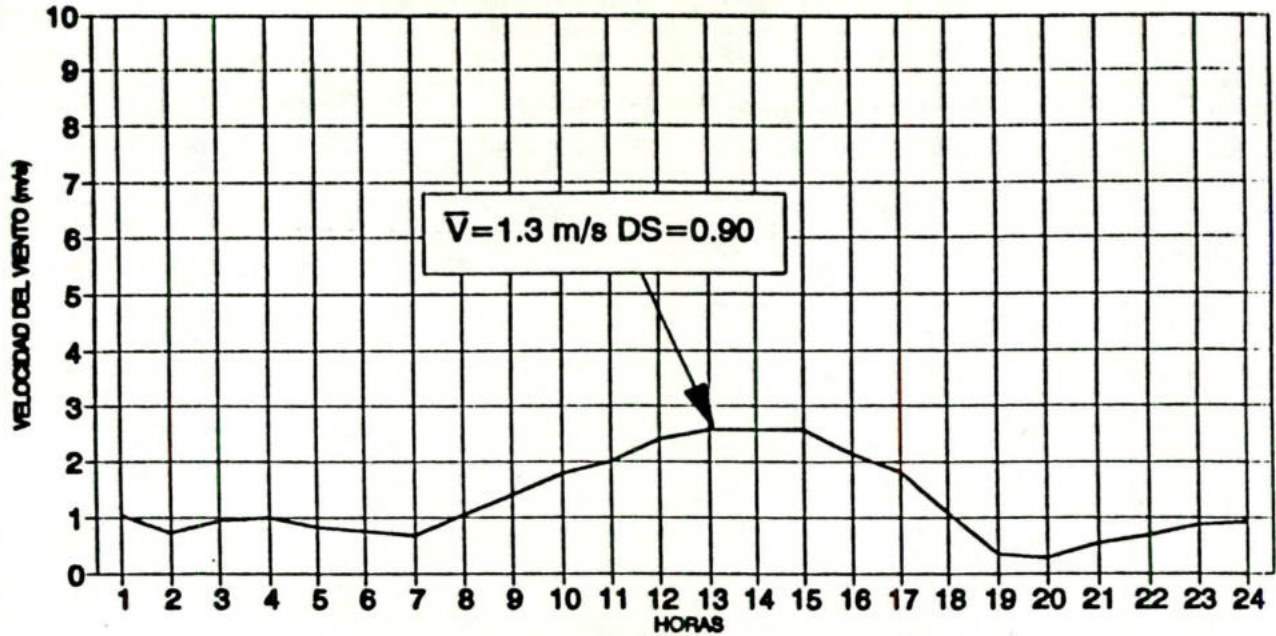


**MENEGRADE (FAV/80425)**  
**DIRECCION HORARIA PREVALECIENTE**

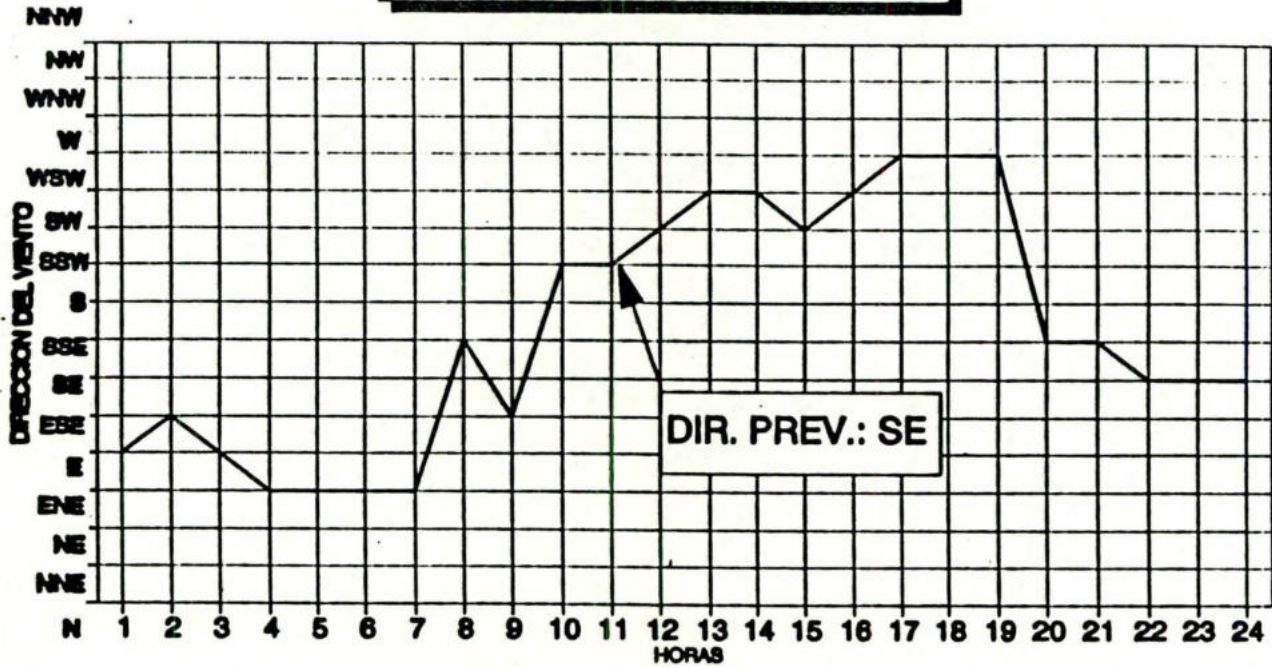


— ENERO 1980-85 — JULIO 1980-85

**BACHAQUERO (INTEVEP/BH)**  
**VARIACION HORARIA PROMEDIO DEL VIENTO**

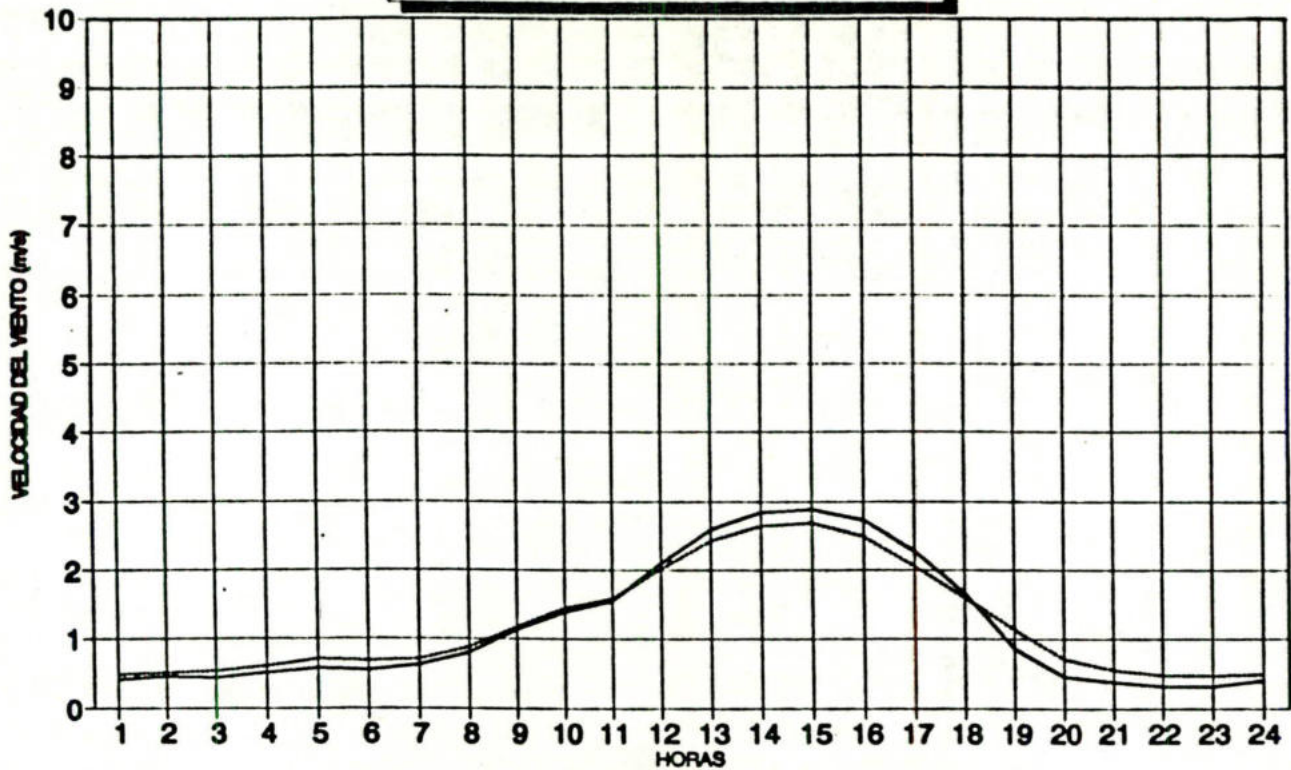


**BACHAQUERO (INTEVEP/BH)**  
**DIRECCION HORARIA PREVALECIENTE**

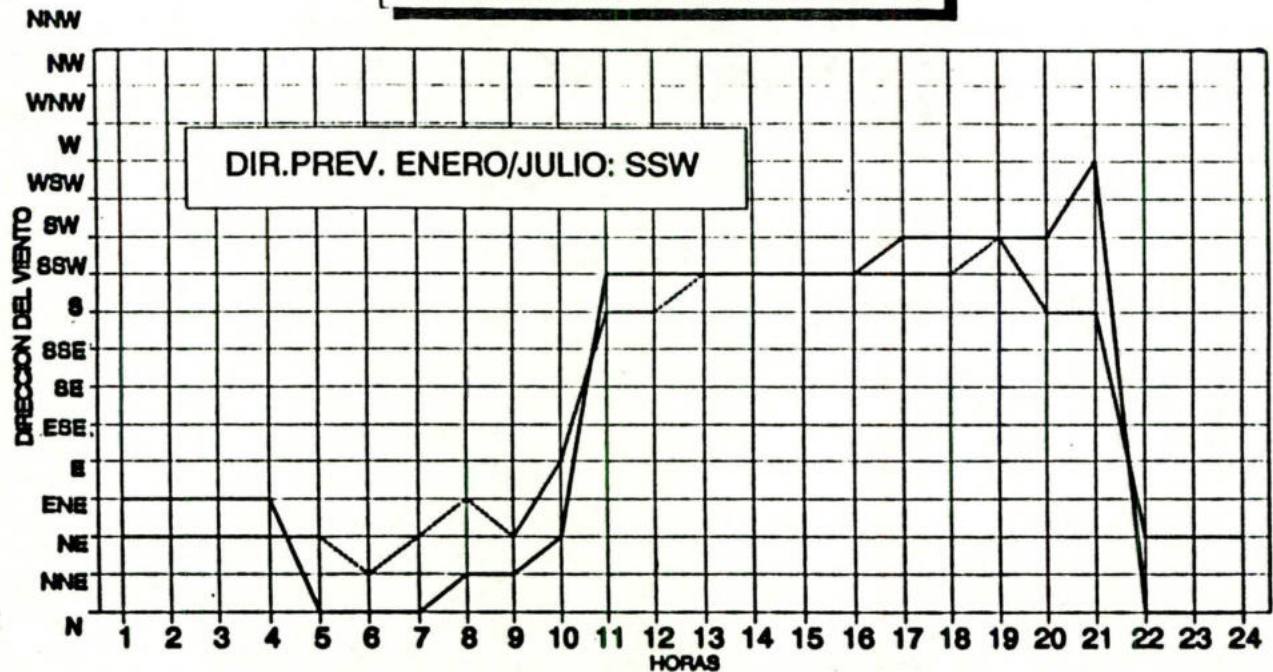


— ENERO 1984

**CANAL V.O.C. (MARNR/1931)**  
**VARIACION HORARIA DEL VIENTO**



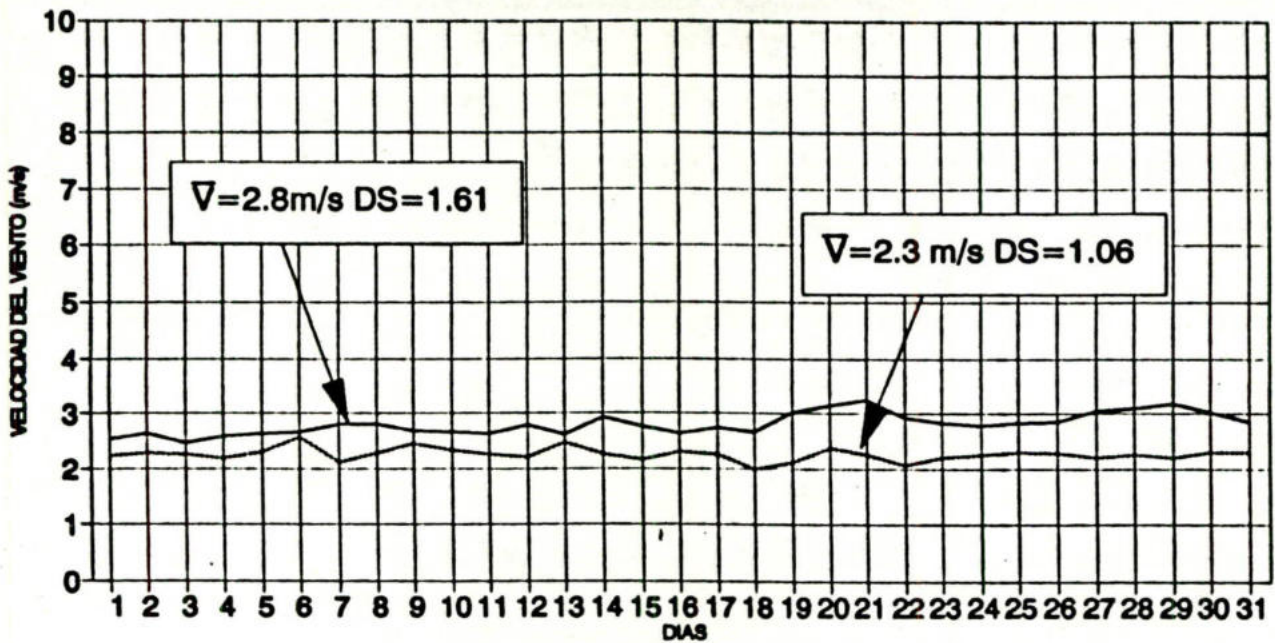
**CANAL V.O.C. (MARNR/1931)**  
**DIRECCION HORARIA PREVALECIENTE**



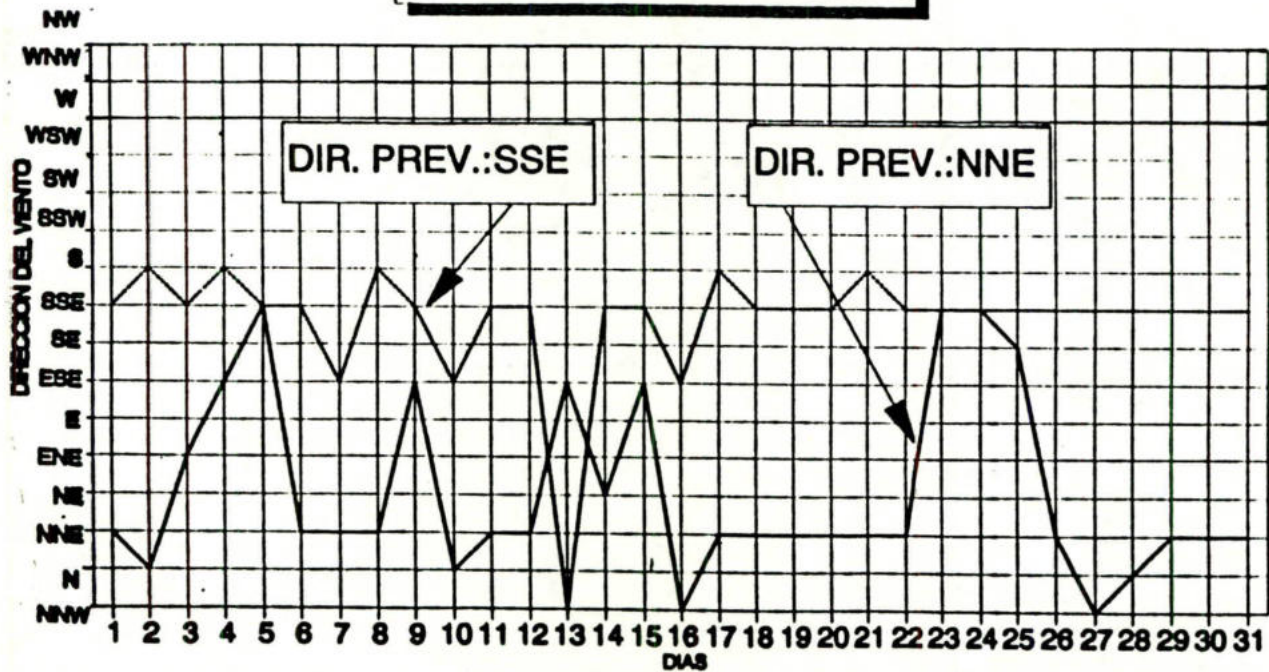
— ENERO 1981-85,87 — JULIO 1980-87

**ANEXO D.**  
**VARIACION DIARIA PROMEDIO Y**  
**DIRECCION DIARIA PREVALECIENTE**  
**DEL VIENTO.**

**BARCELONA (FAV/80419)**  
**VARIACION DIARIA DEL VIENTO**

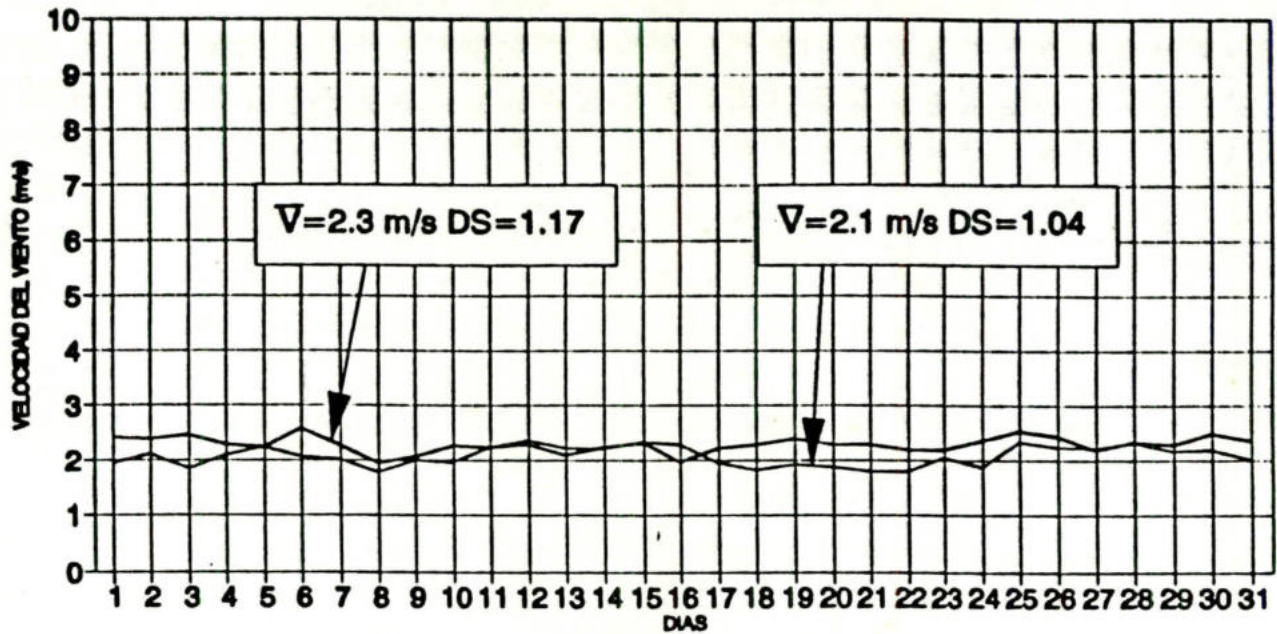


**BARCELONA (FAV/80419)**  
**DIRECCION DIARIA PREVALECIENTE**

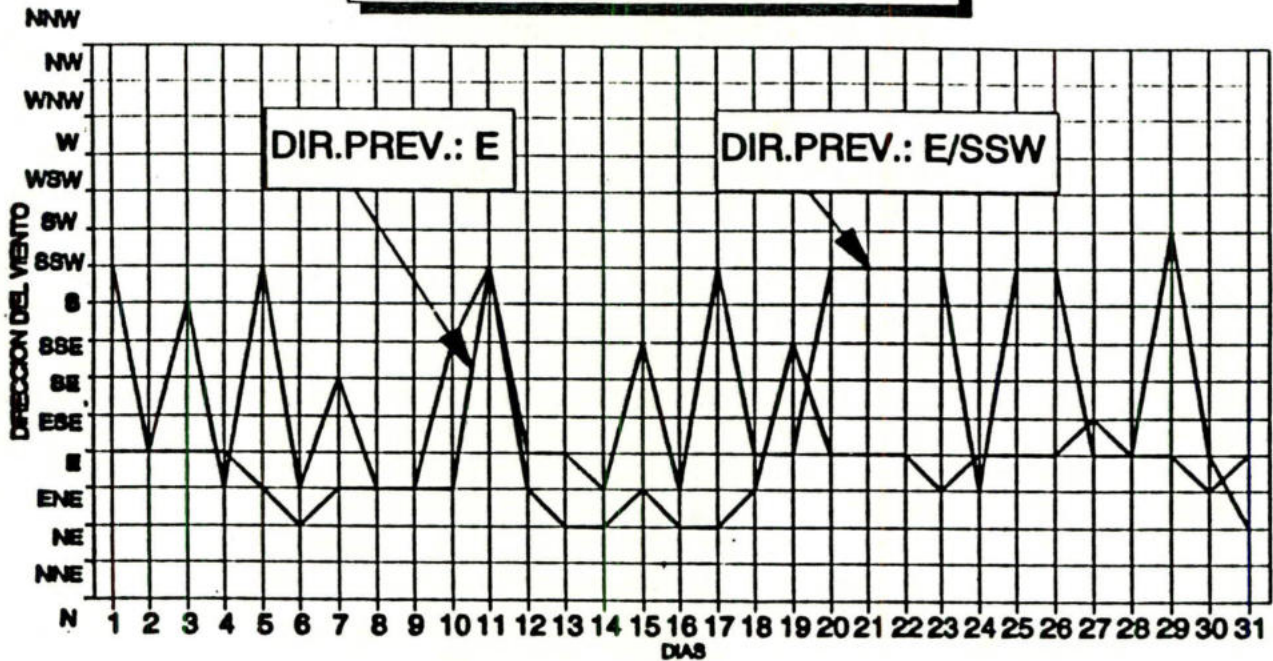


— ENERO 1980-89 — JULIO 1980-89

**CARUPANO (MARINA/80422)**  
**VARIACION DIARIA PROMEDIO DEL VIENTO**

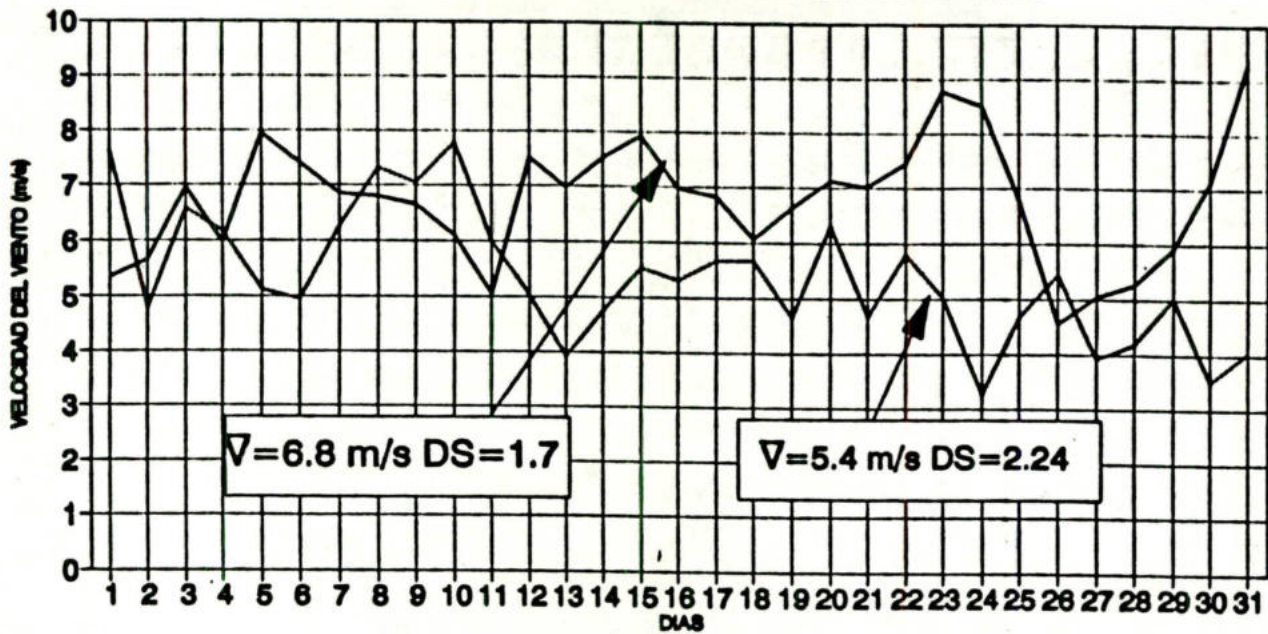


**CARUPANO (MARINA/80422)**  
**DIRECCION DIARIA PREVALECIENTE**

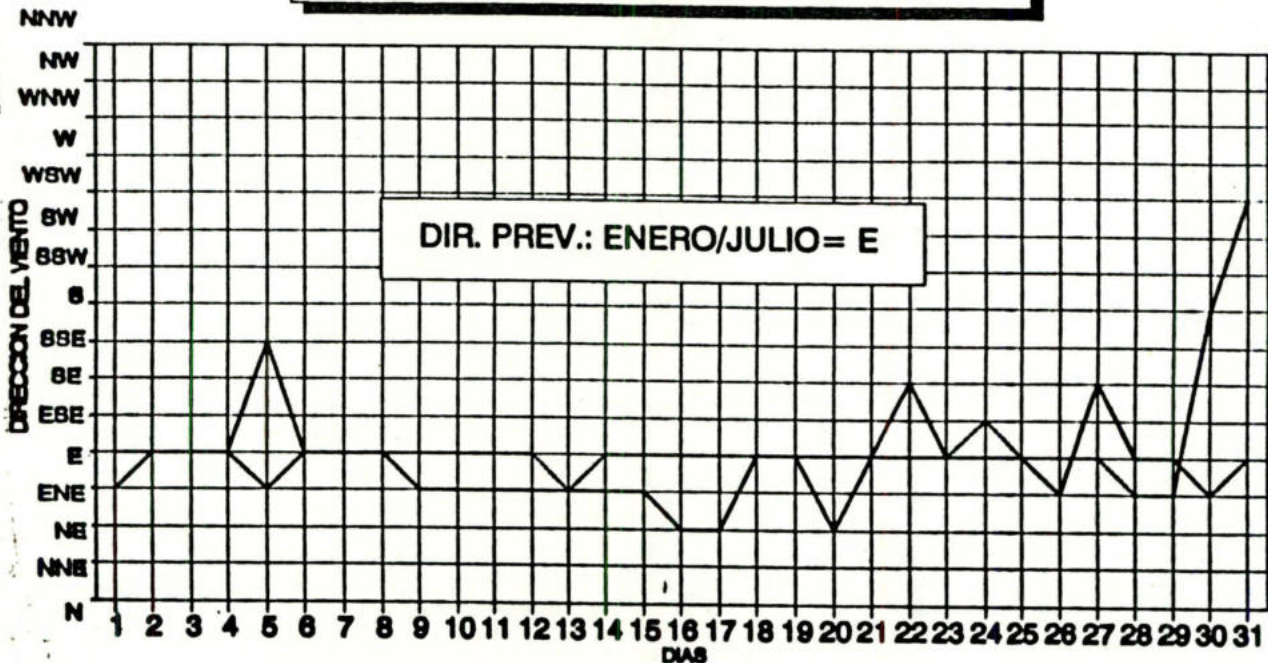


— ENERO 1983-89 — JULIO 1983-89

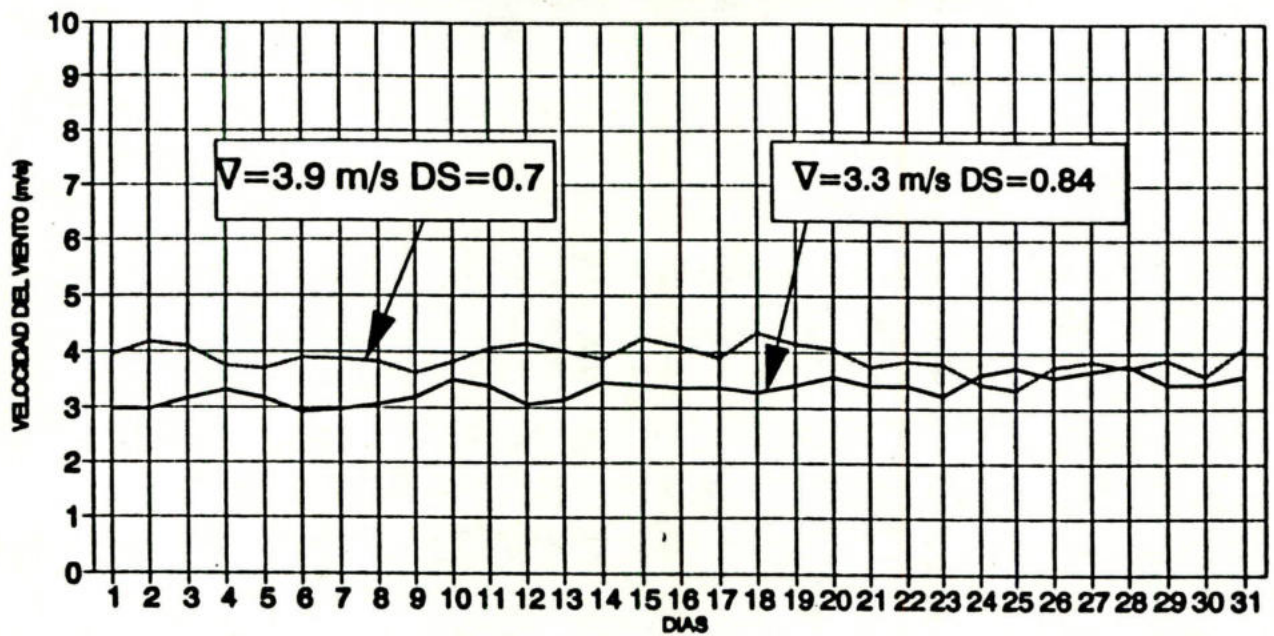
**DELTA DEL ORINOCO (INTEVEP/A)**  
**VARIACION DIARIA PROMEDIO DEL VIENTO**



**DELTA DEL ORINOCO (INTEVEP/A)**  
**DIRECCION DIARIA PREVALECIENTE**

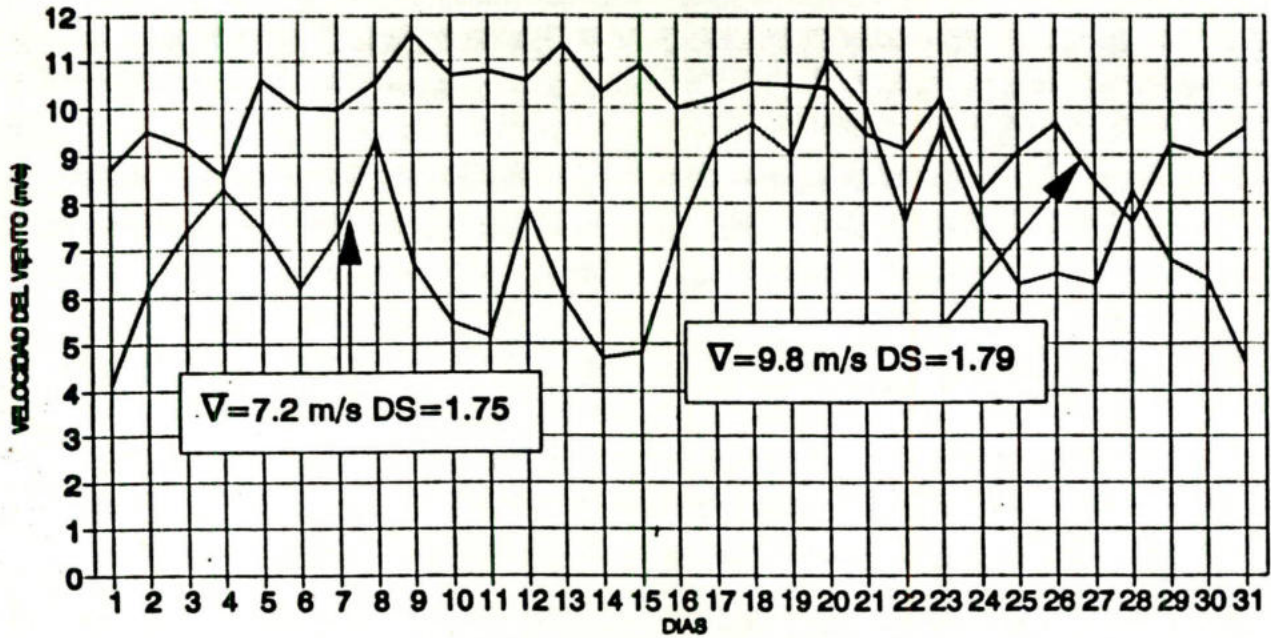


**B.N.PUNTO FIJO (MARINA/80402)**  
**VARIACION DIARIA PROMEDIO DEL VIENTO**

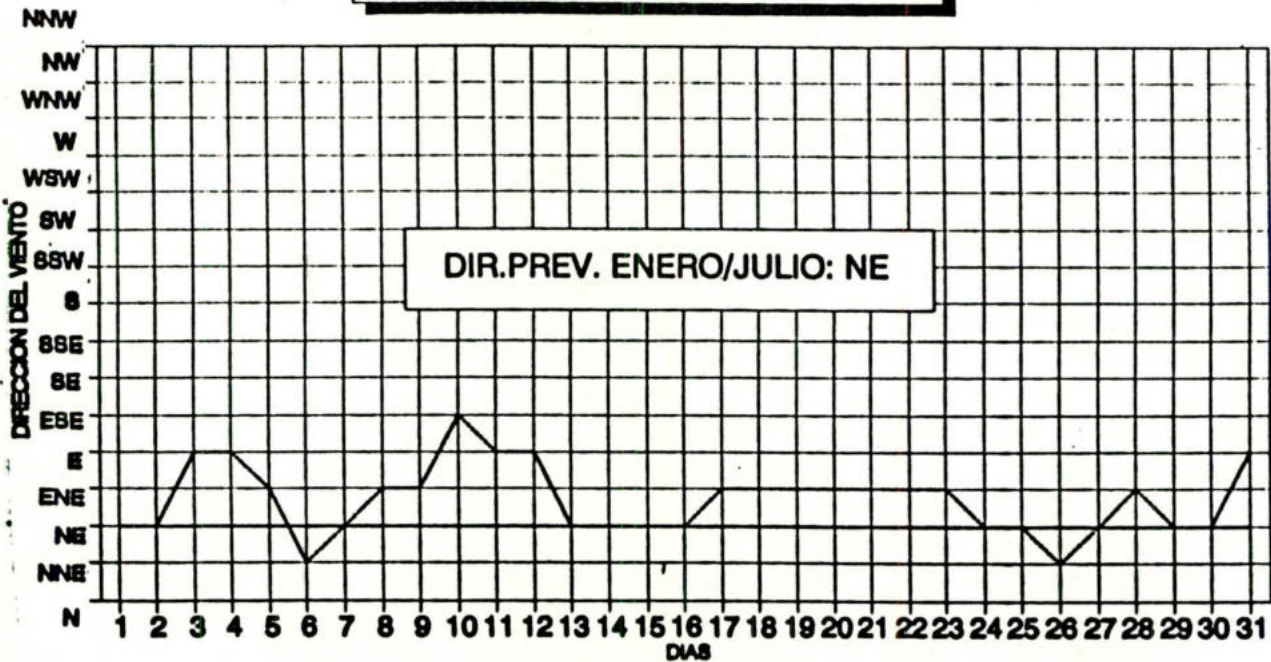


— ENERO 1980-89 — JULIO 1980-89

**ISLA ZAPARA (INTEVEP/IZ)**  
**VARIACION DIARIA DEL VIENTO**

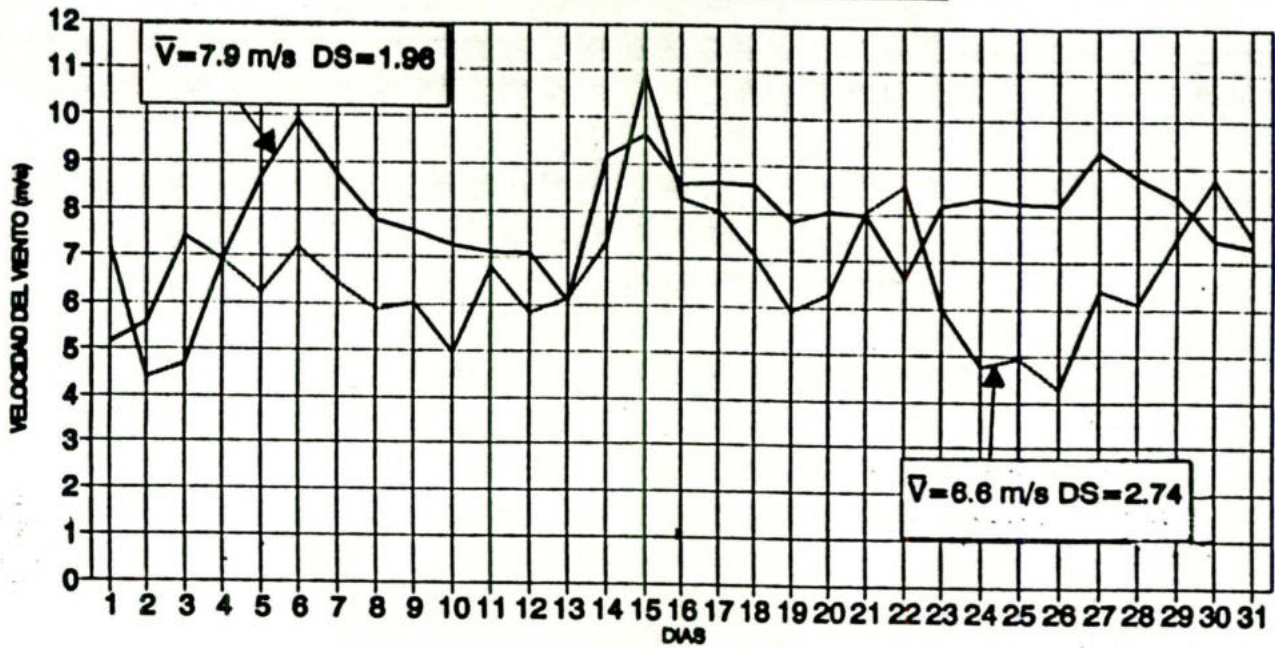


**ISLA ZAPARA (INTEVEP/IZ)**  
**DIRECCION DIARIA PREVALECIENTE**

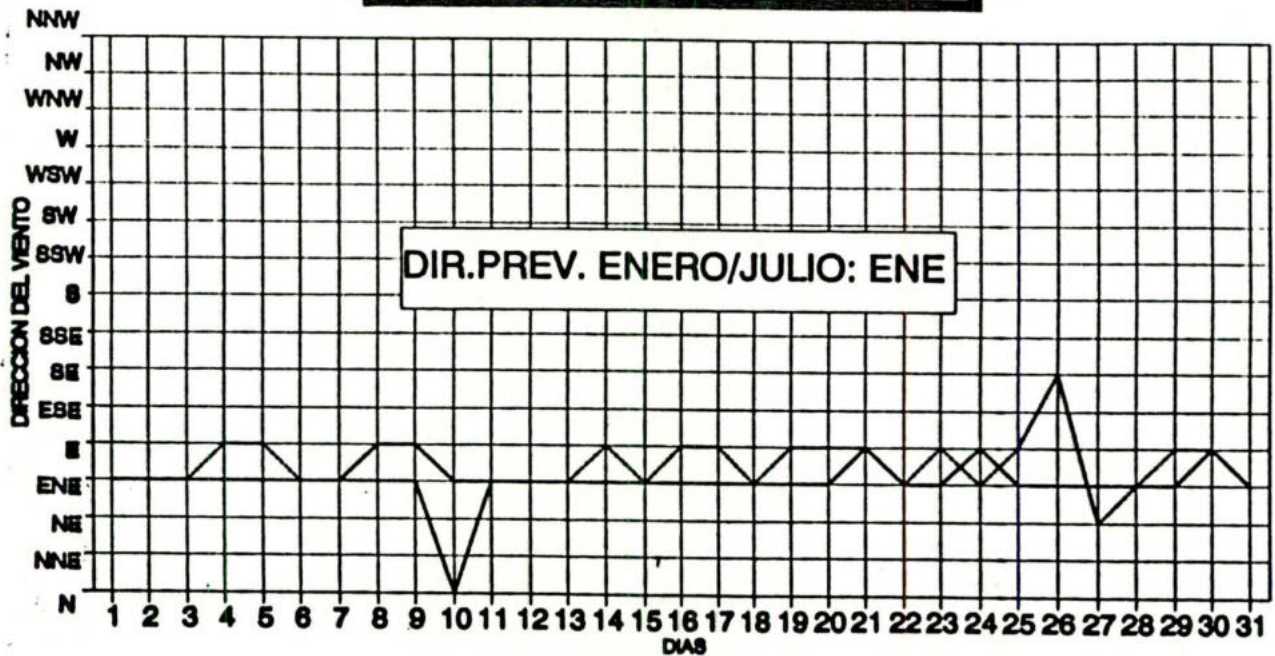


— MARZO 1990 — JULIO 1988

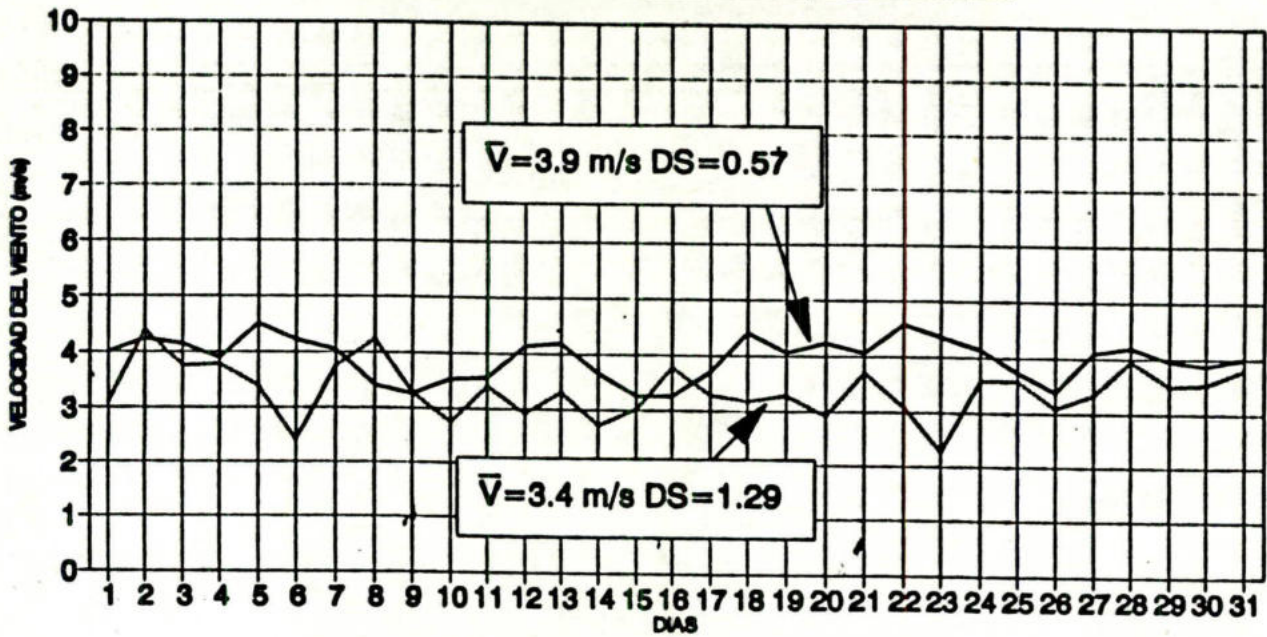
**SANTA CRUZ (MARNR/1130)**  
**VARIACION DIARIA DEL VIENTO**



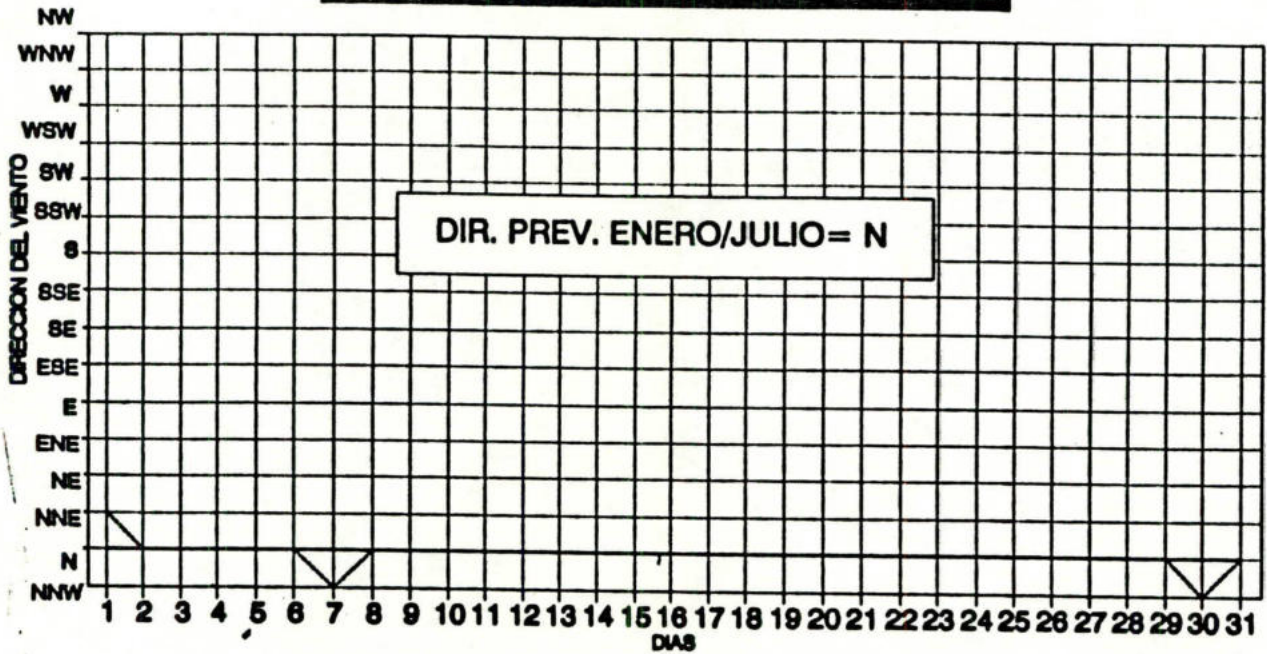
**SANTA CRUZ (MARNR/1130)**  
**DIRECCION DIARIA PREVALECIENTE**



**MARACAIBO LUZ (MARNR/1070)**  
**VARIACION DIARIA PROMEDIO DEL VIENTO**

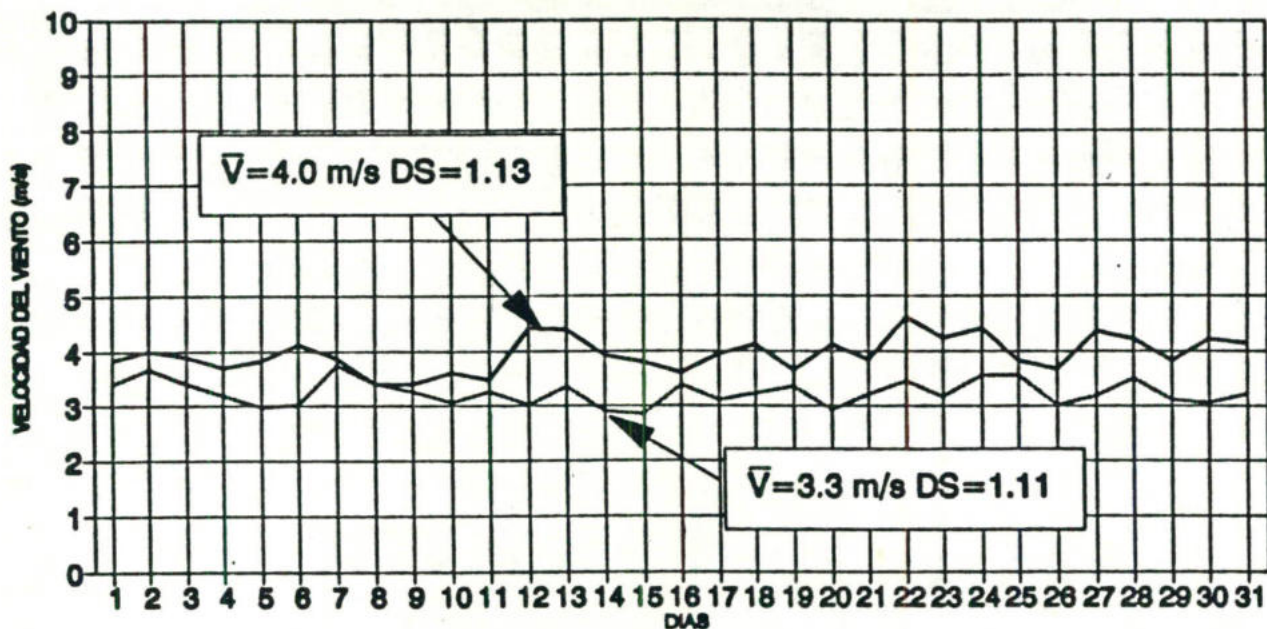


**MARACAIBO LUZ (MARNR/1070)**  
**DIRECCION DIARIA PREVALECIENTE**

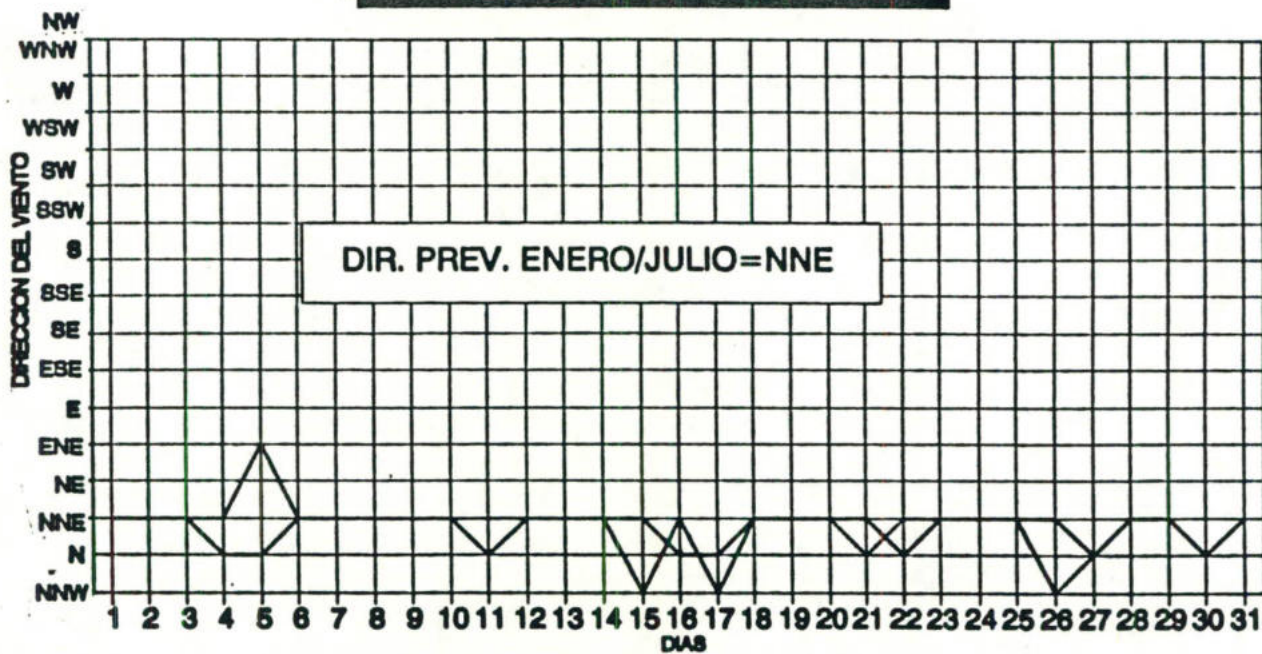


— ENERO 1982-84 — JULIO 1981-83

**LA CAÑADA (FAV/80476)**  
**VARIACION DIARIA PROMEDIO DEL VIENTO**

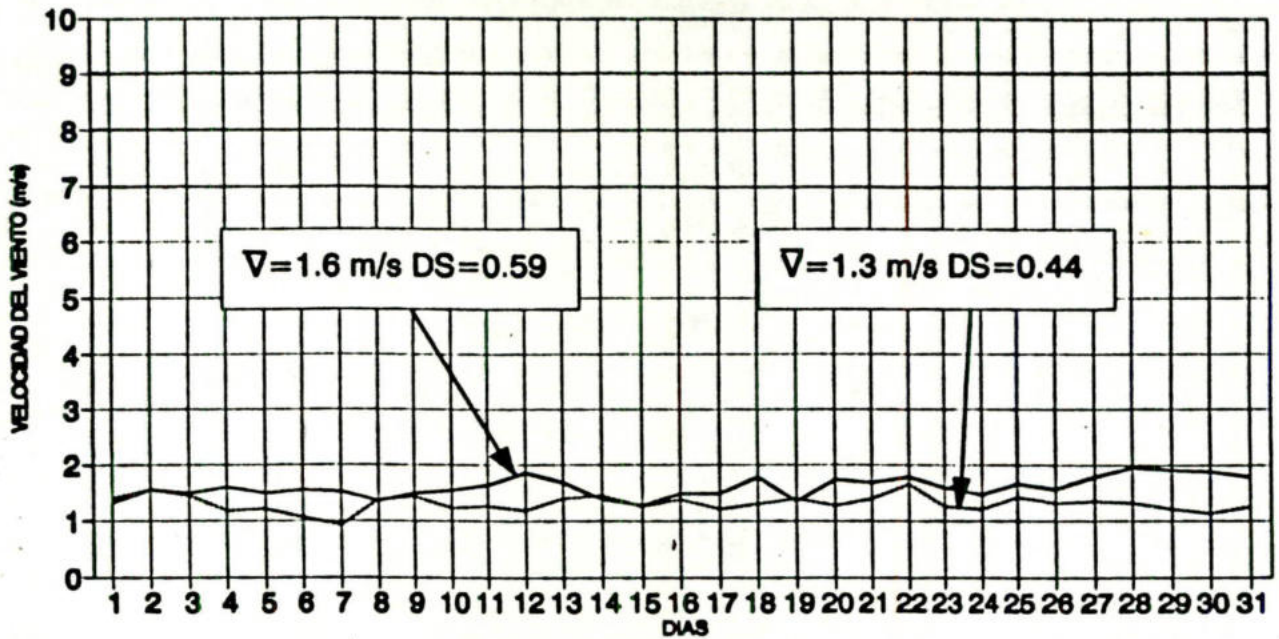


**LA CAÑADA (FAV/80476)**  
**DIRECCION DIARIA PREVALECIENTE**

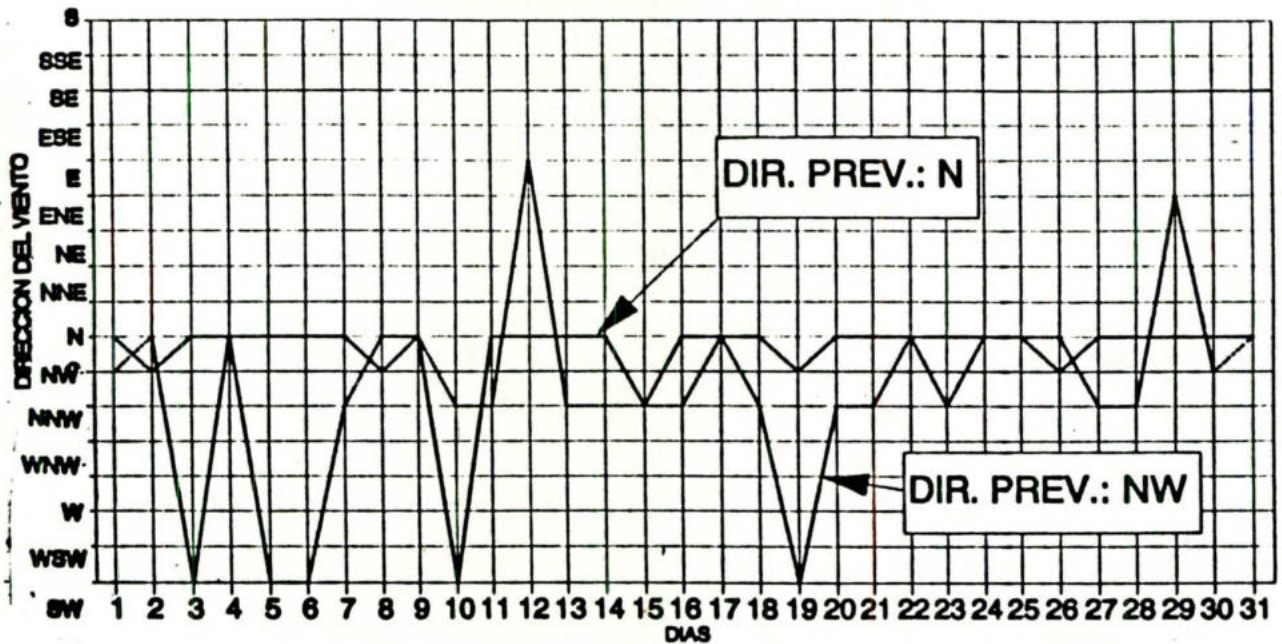


— ENERO 1982-85 — JULIO 1982-85

**BARRANQUITAS (MARNR/2038)**  
**VARIACION DIARIA DEL VIENTO**

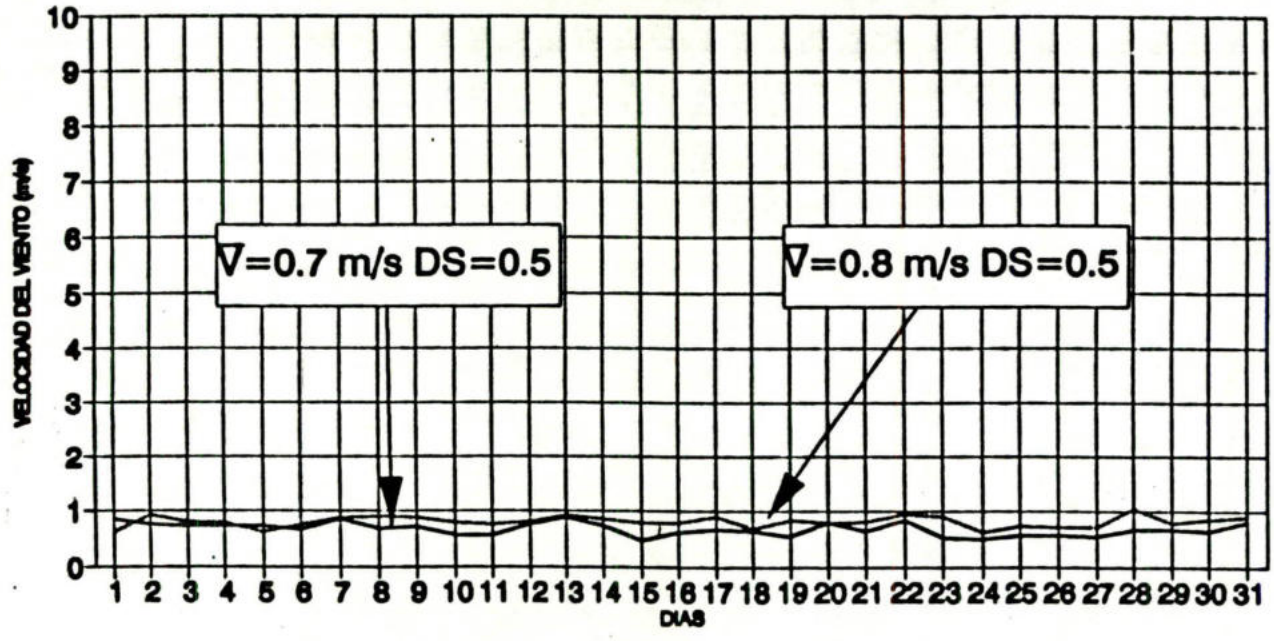


**BARRANQUITAS (MARNR/2038)**  
**DIRECCION DIARIA PREVALECIENTE**

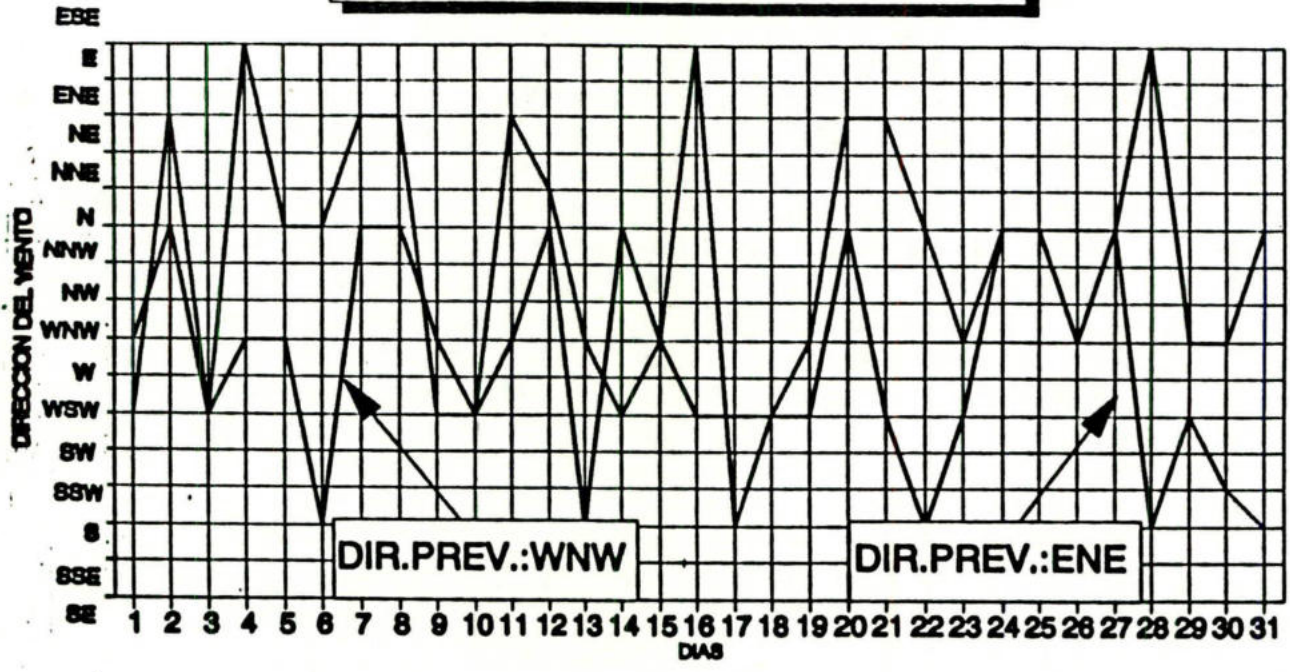


— ENERO 1980-85 — JULIO 1980-84

**SANTA BARBARA (MARNR/2099)**  
**VARIACION DIARIA PROMEDIO DEL VIENTO**

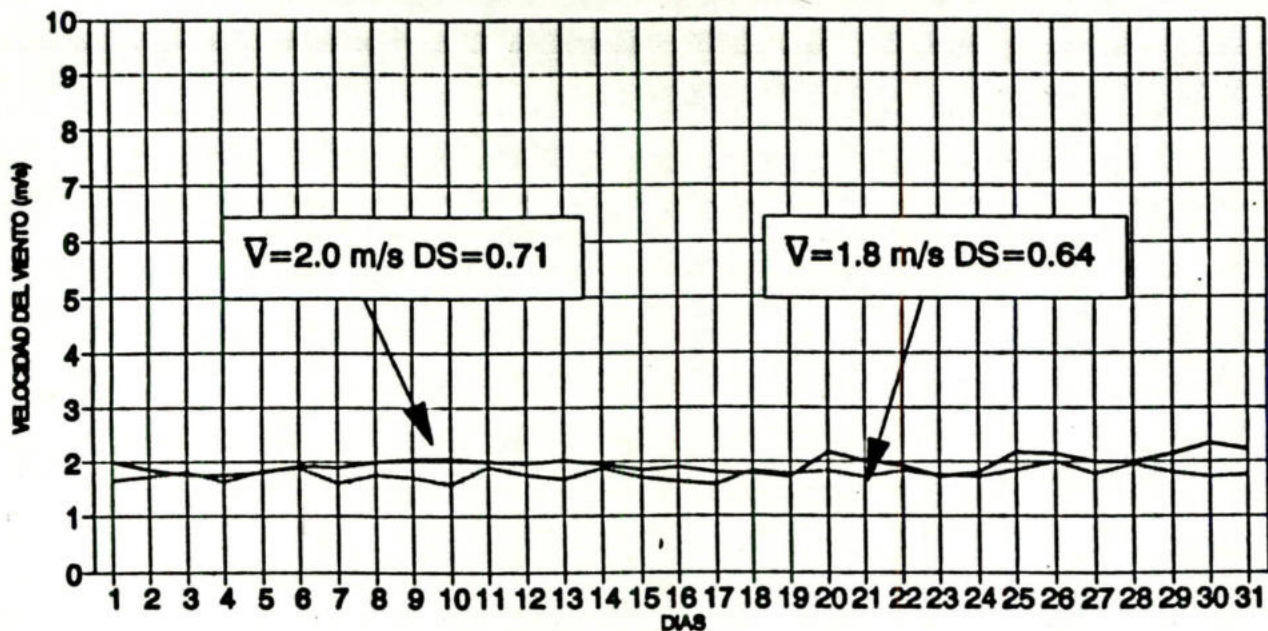


**SANTA BARBARA (MARNR/2099)**  
**DIRECCION DIARIA PREVALECIENTE**

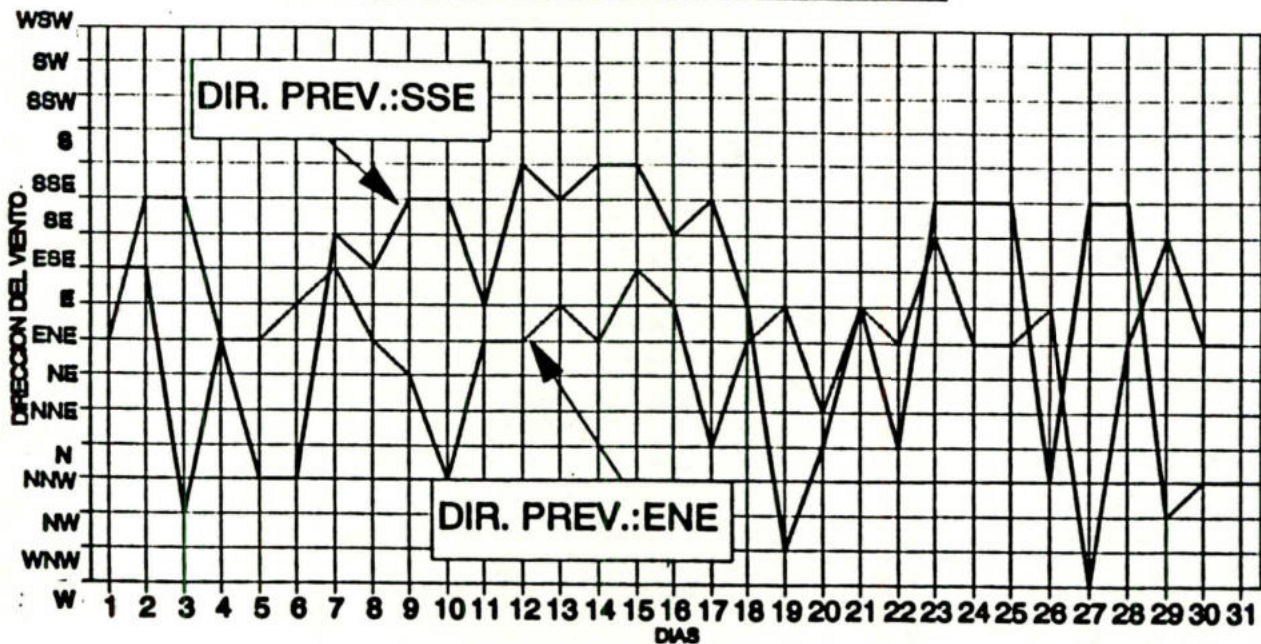


— ENERO 1980-84 — JULIO 1980-84

**MENE GRANDE (FAV/80425)**  
**VARIACION DIARIA PROMEDIO DEL VIENTO**

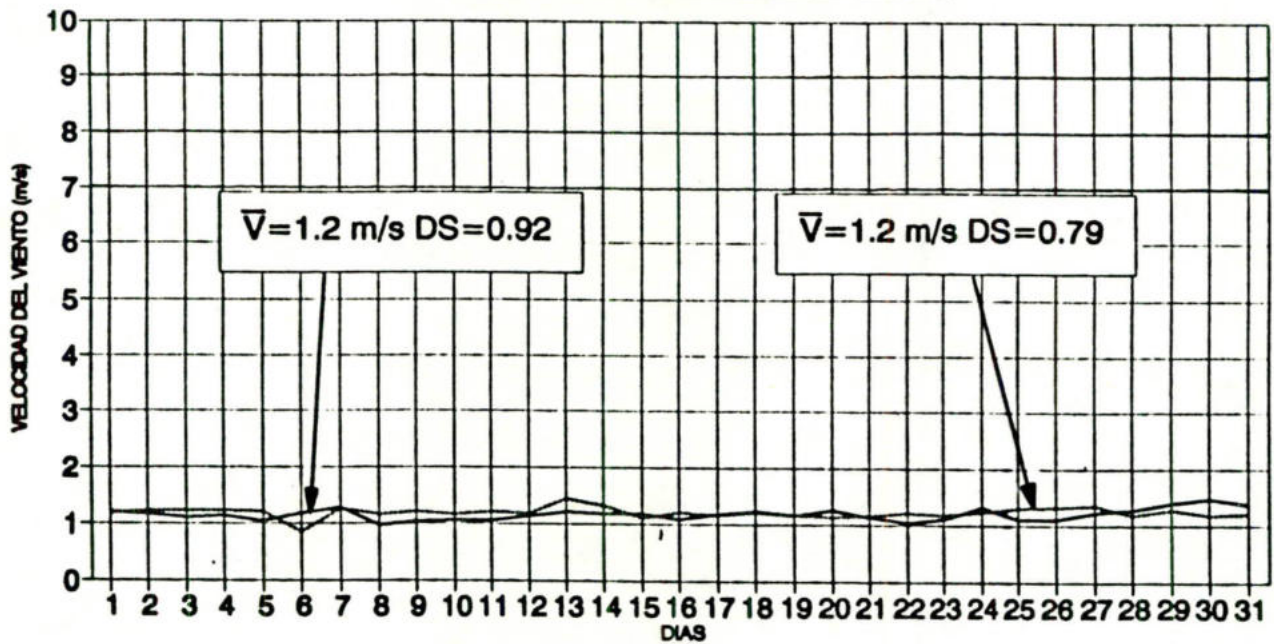


**MENEGRANDE (FAV/80425)**  
**DIRECCION DIARIA PREVALECIENTE**



— ENERO 1980-85 — JULIO 1980-85

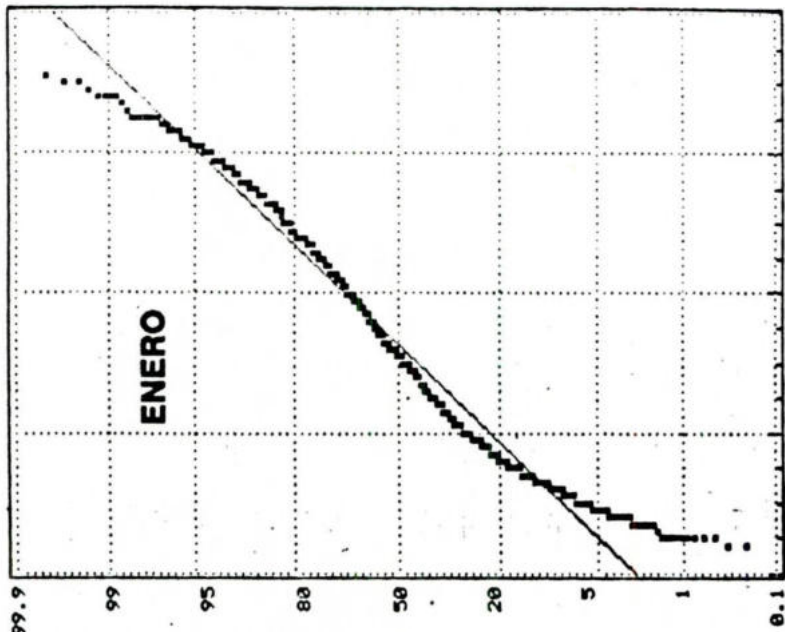
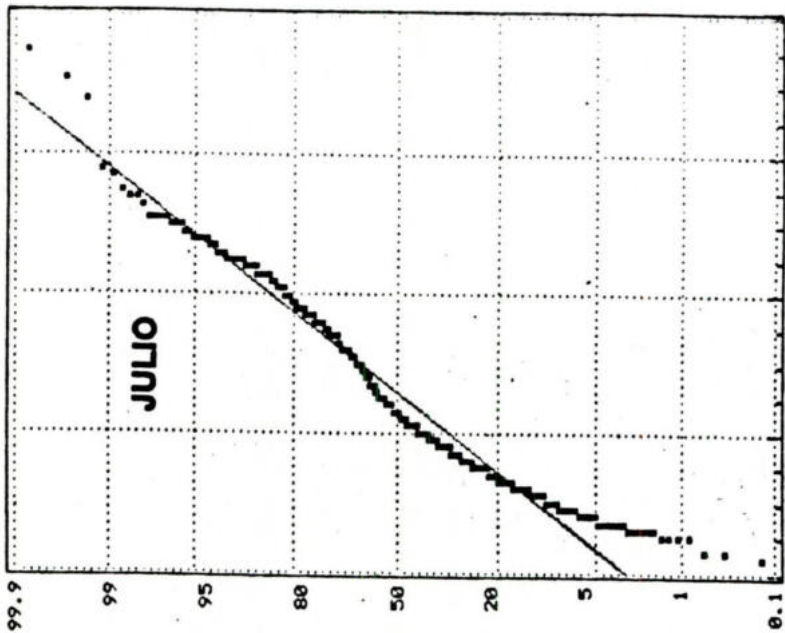
**CANAL V.O.C. (MARNR/1931)**  
**VARIACION DIARIA DEL VIENTO**



— ENERO 1981-85,87 — JULIO 1980-87

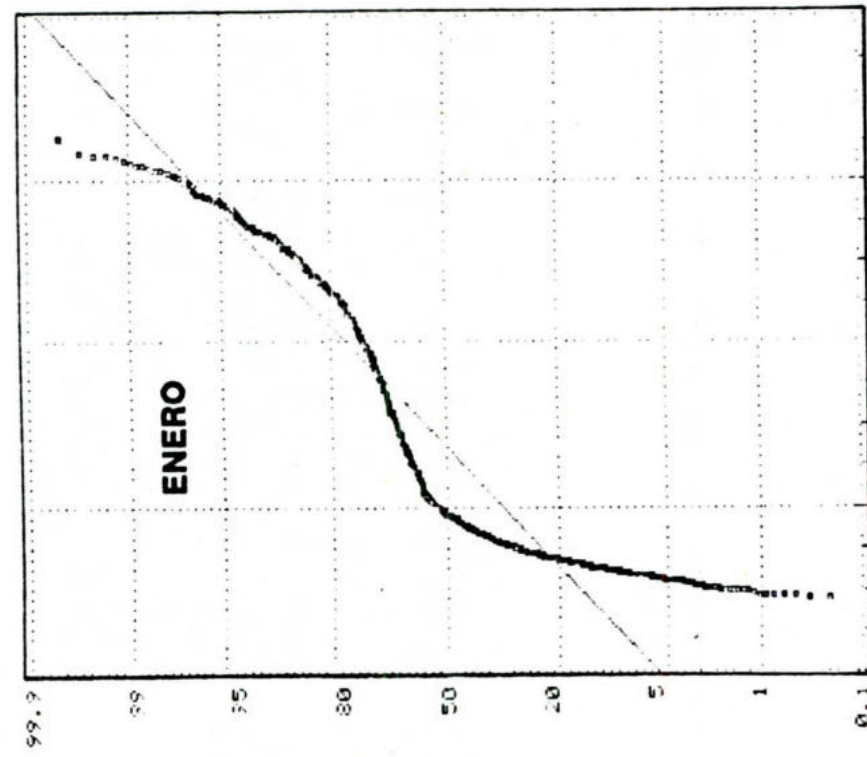
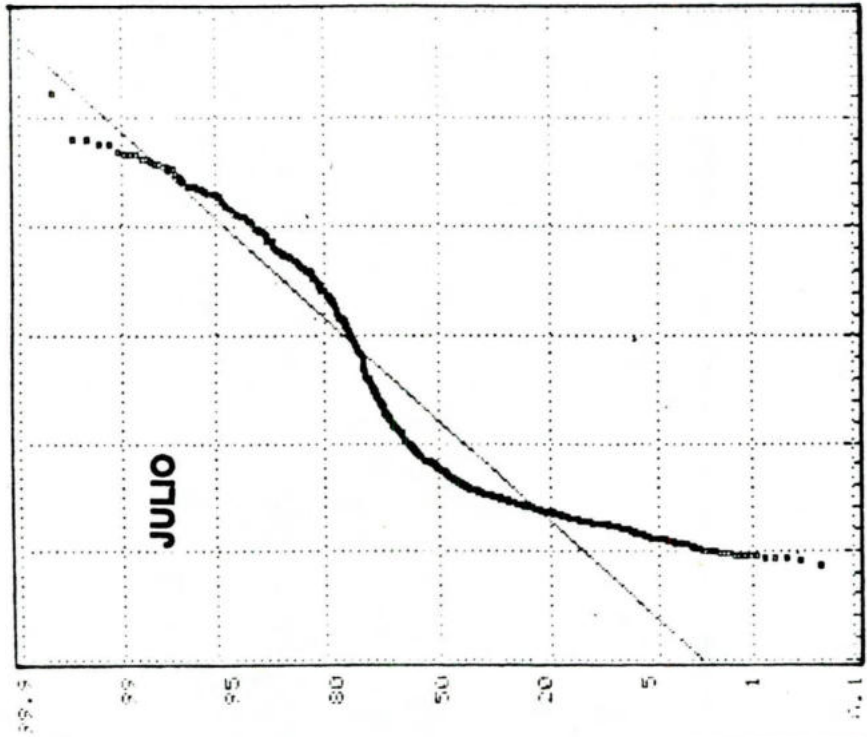
**ANEXO E.**  
**PLOTEO DEL MES TIPICO DE**  
**VELOCIDAD DEL VIENTO EN PAPEL**  
**DE PROBABILIDAD NORMAL.**

(LAS UNIDADES EN LAS ABCISAS SON m/s)



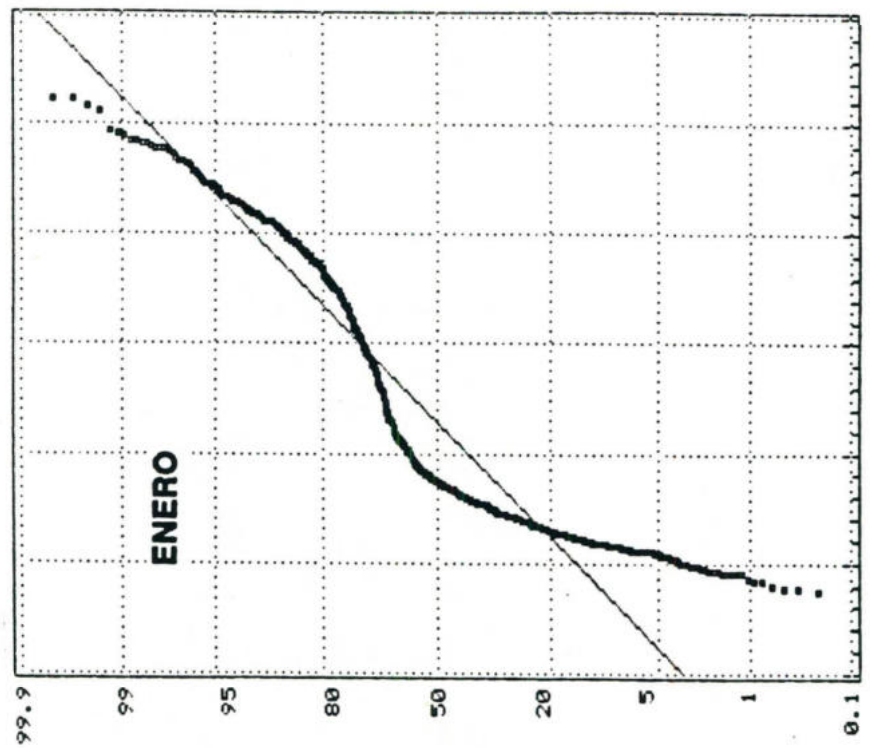
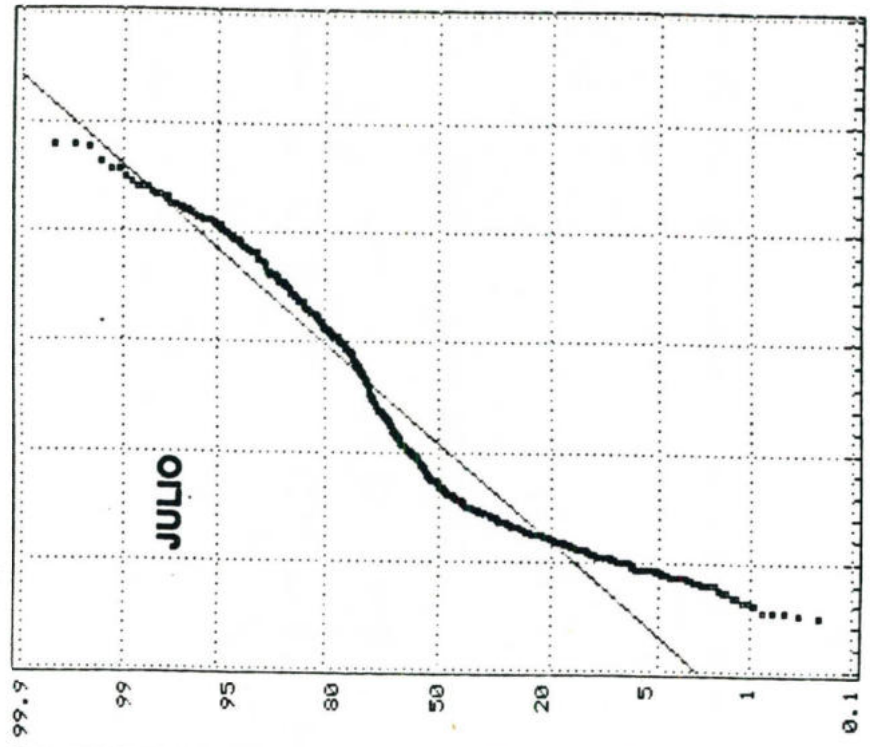
cumulative percent

**MUELLE JOSE 3**



**BARCELONA**

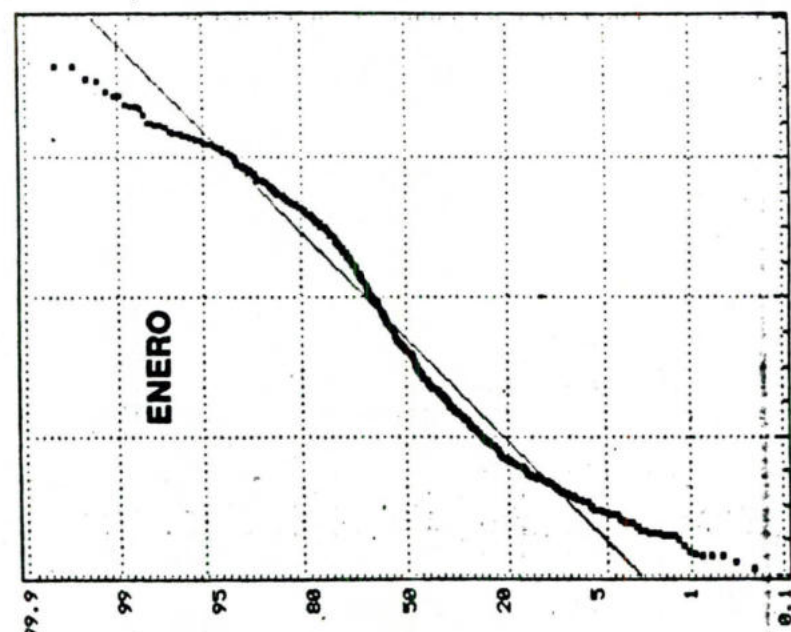
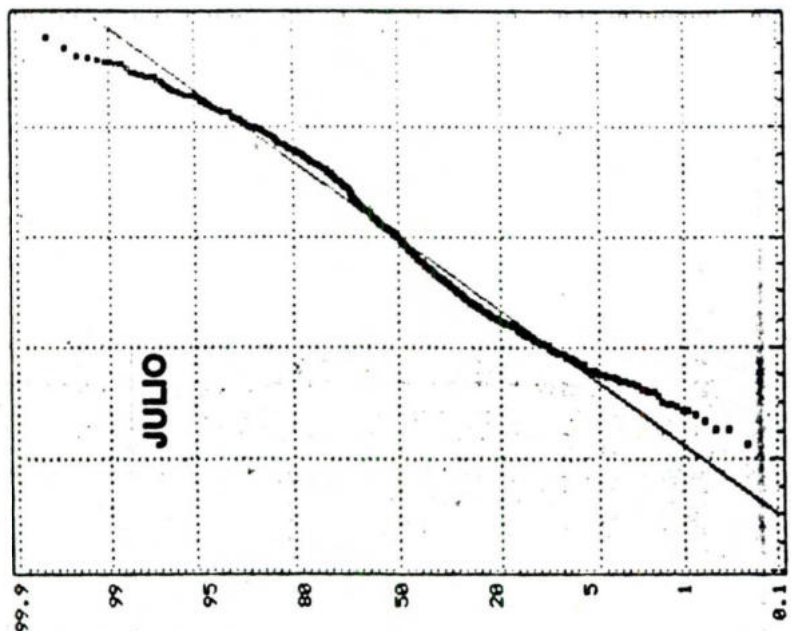
cumulative Percent



cumulative percent

0 1 2 3 4 5 6

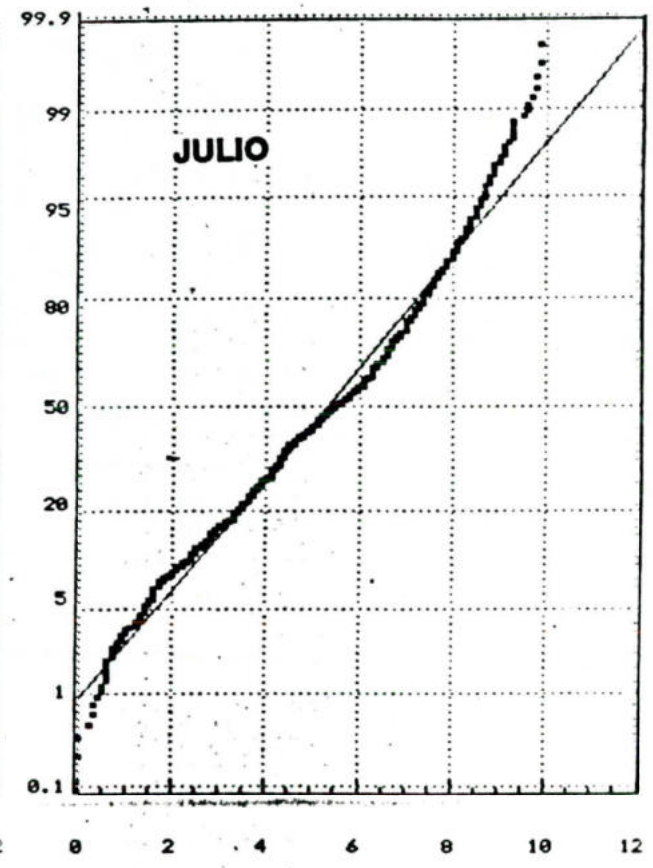
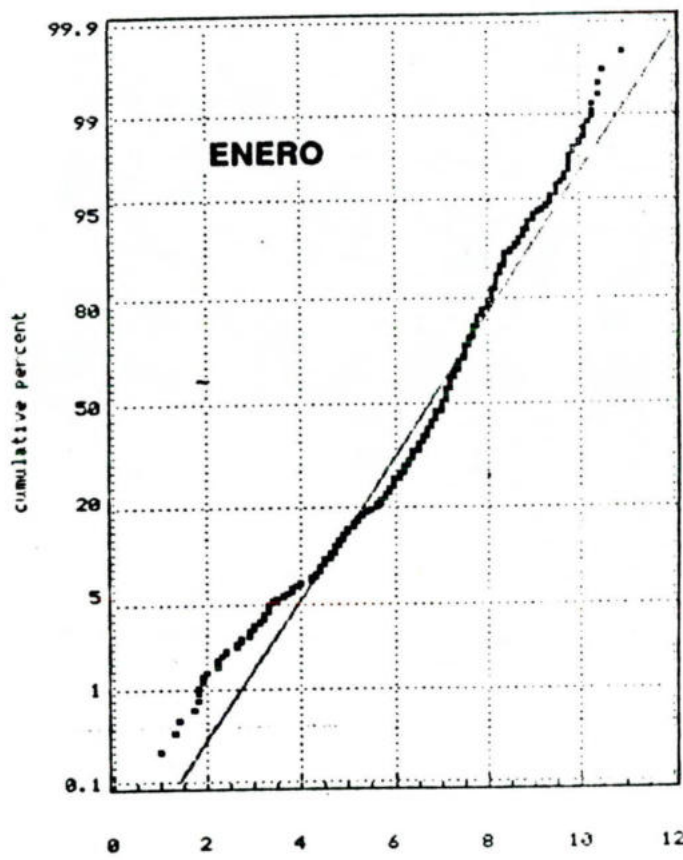
**CARUPANO**



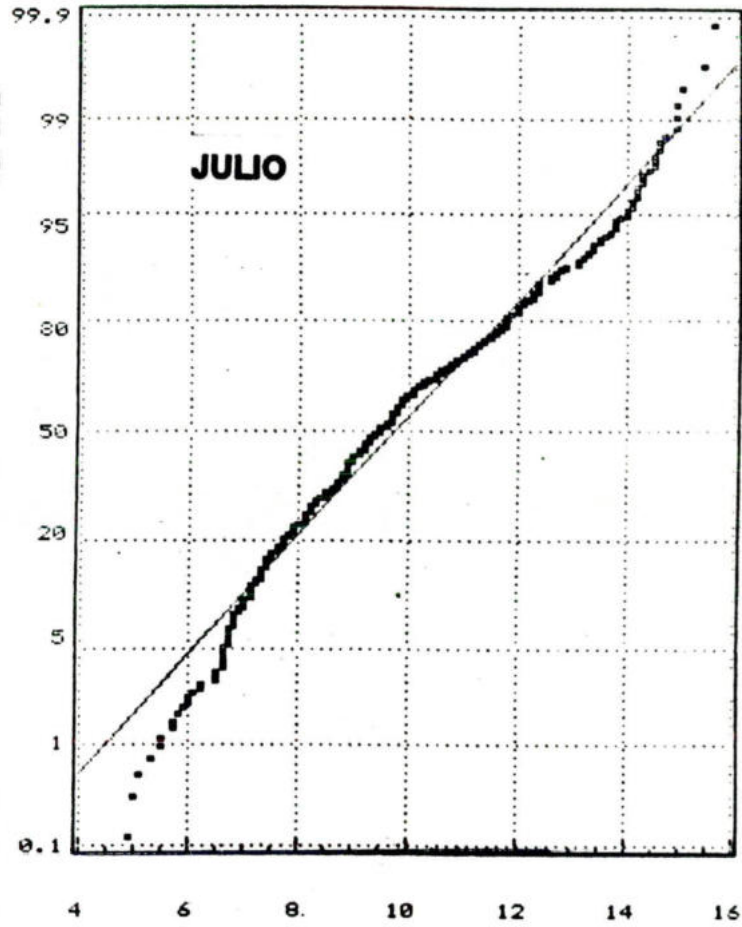
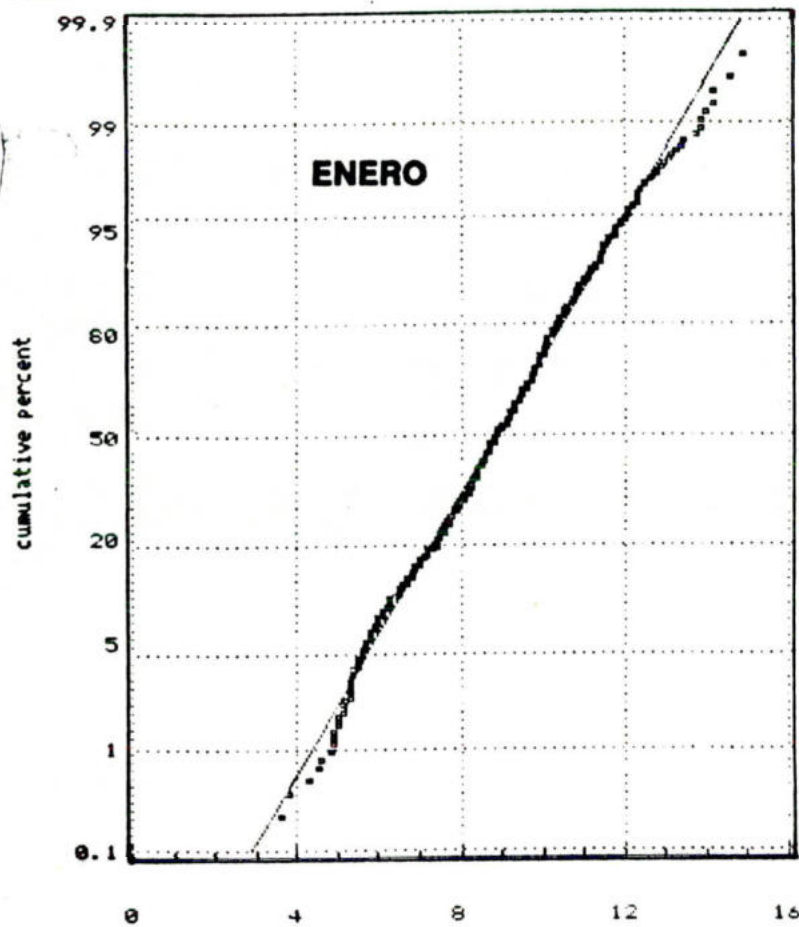
cumulative percent

99.9 99 95 80 50 20 5 1 0.1 2.9 4.9 6.9 8.9 10.9 10 8 6 4 2

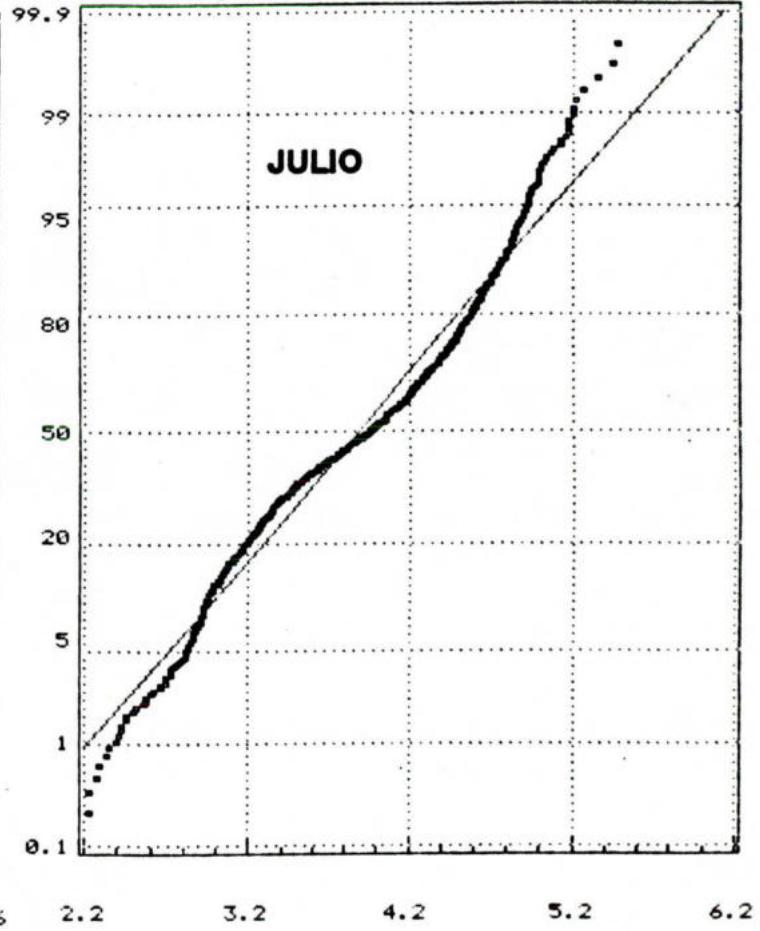
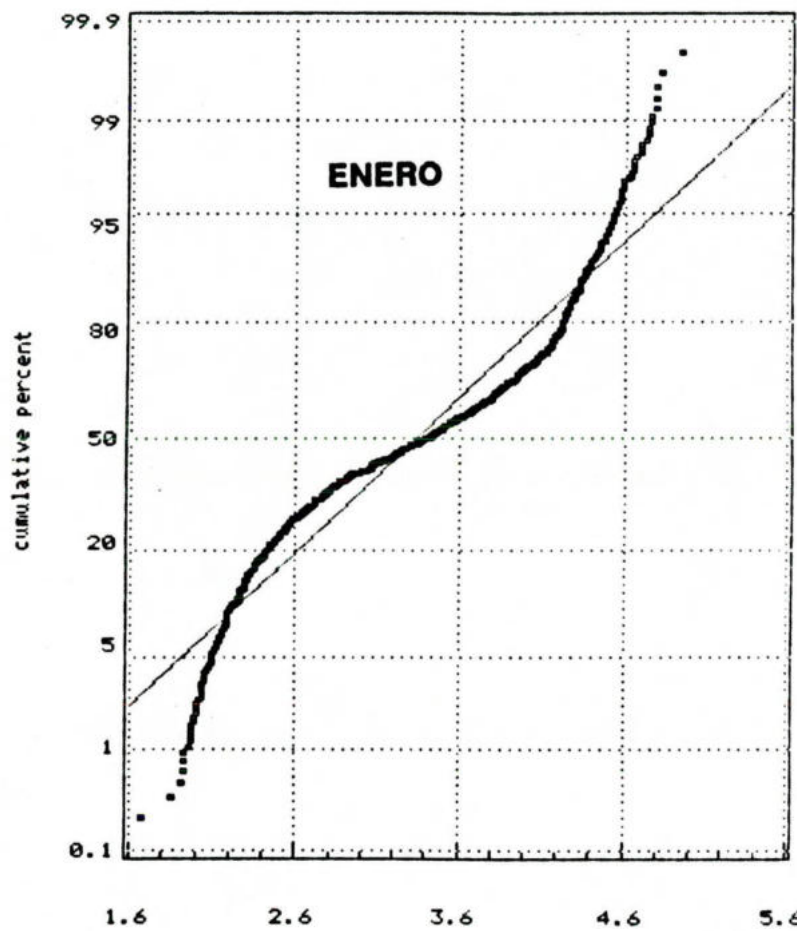
**PORLAMAR**



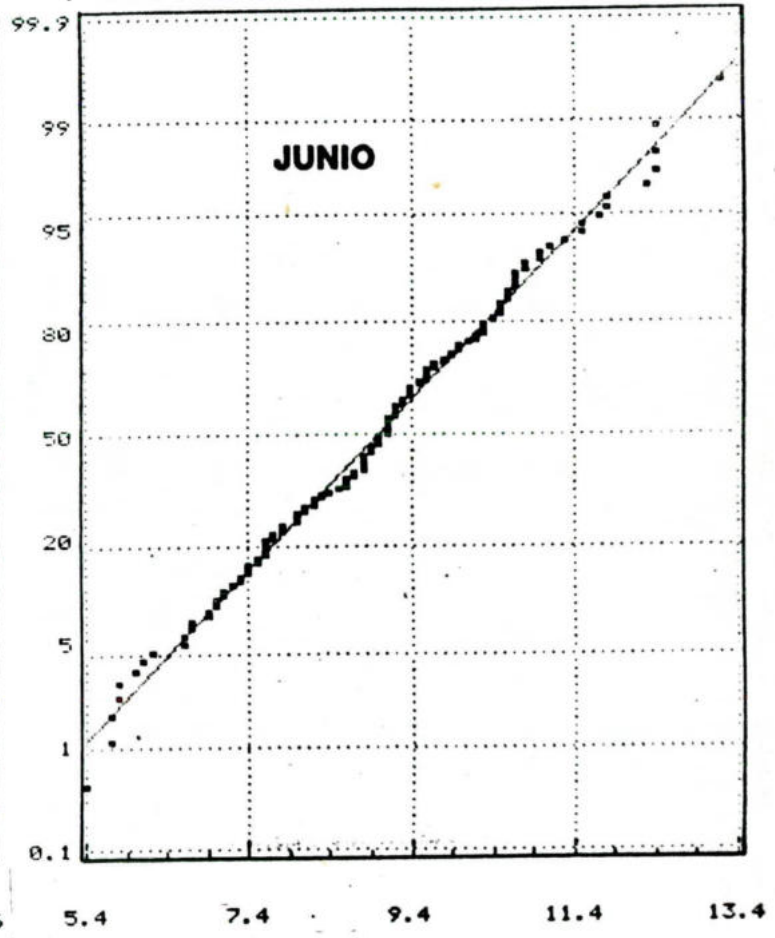
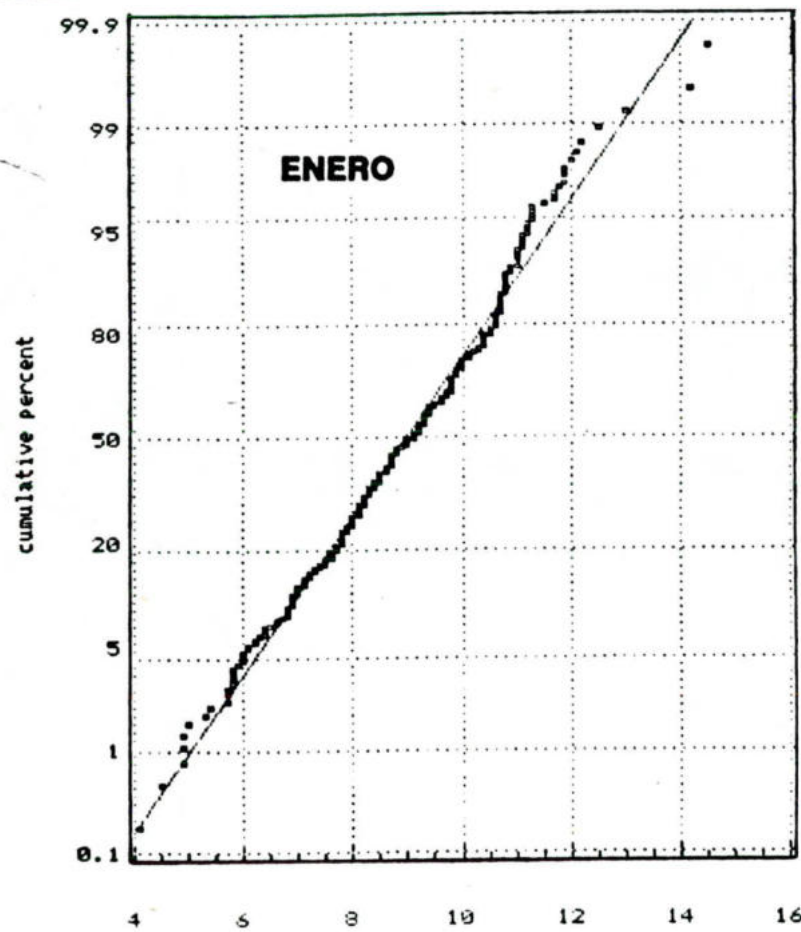
**A**

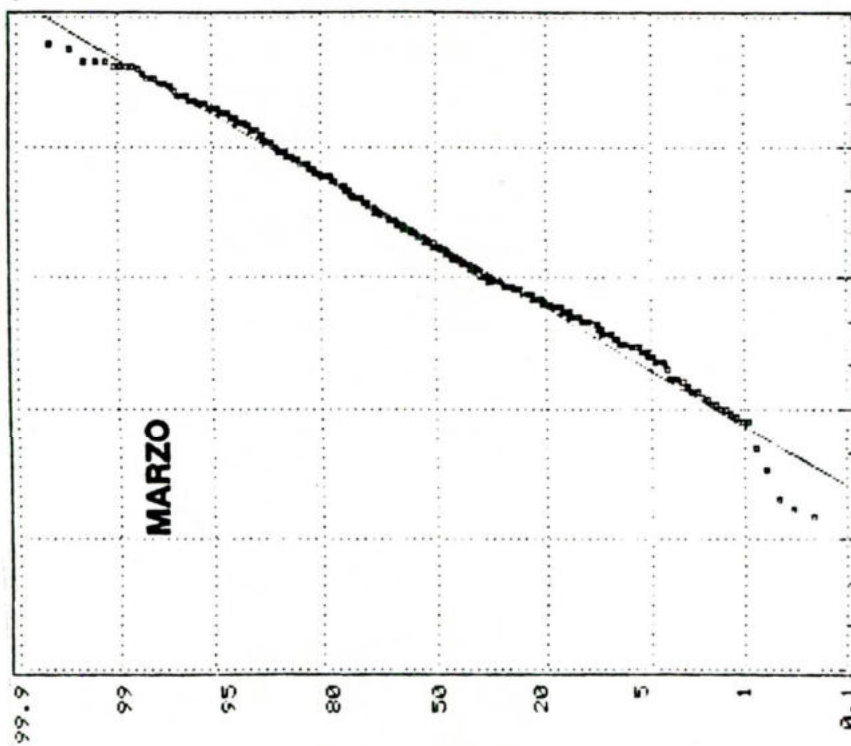
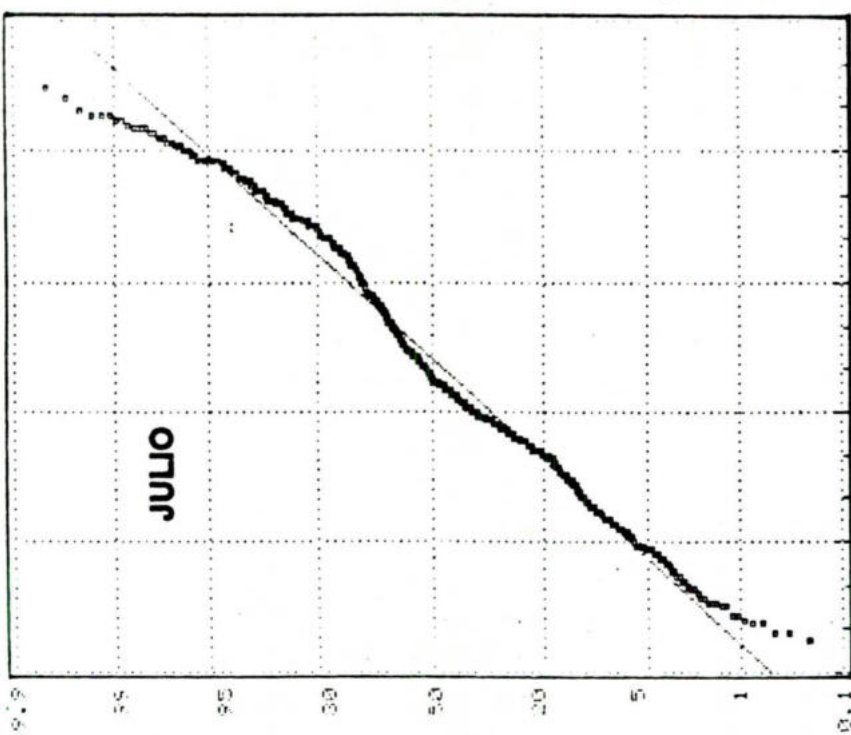


**LOS MONJES**



**PUNTO FIJO**

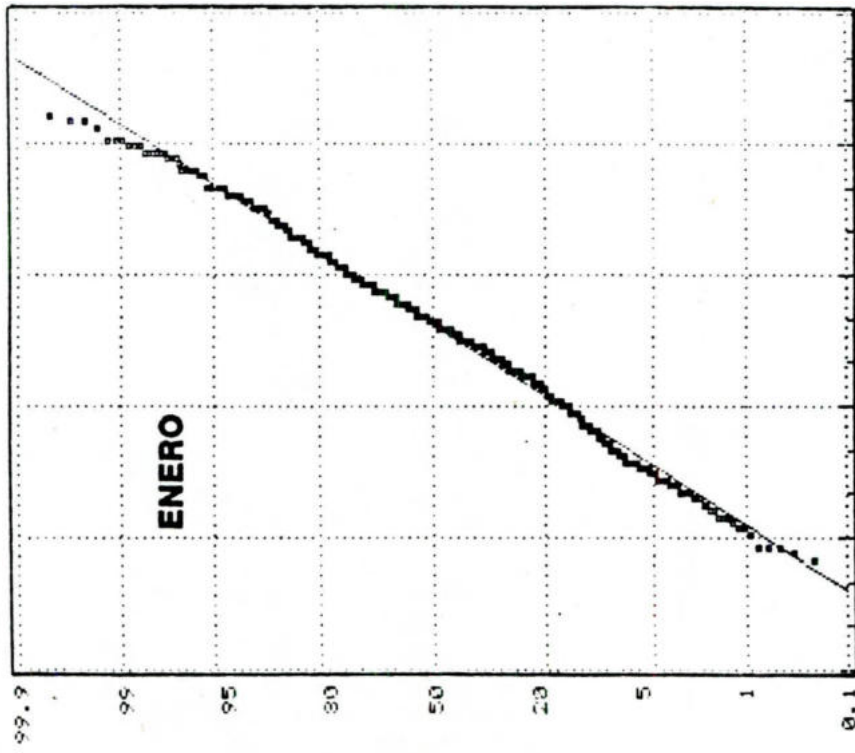
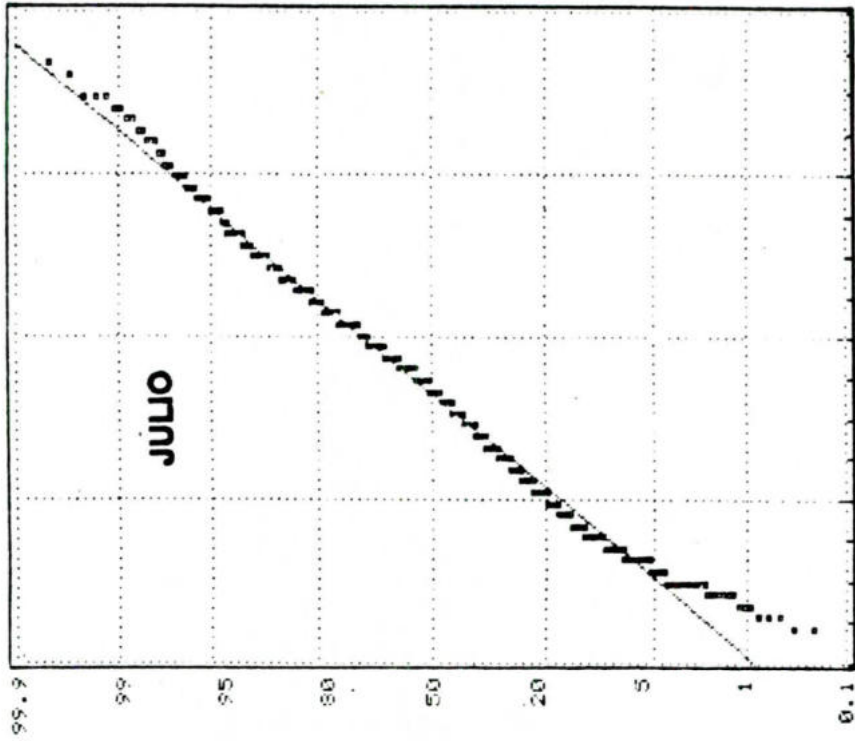




cumulative percent

0 3 6 9 12 15

**ISLA ZAPARA**



Cumulative Percent

16

12

8

4

0

15

12

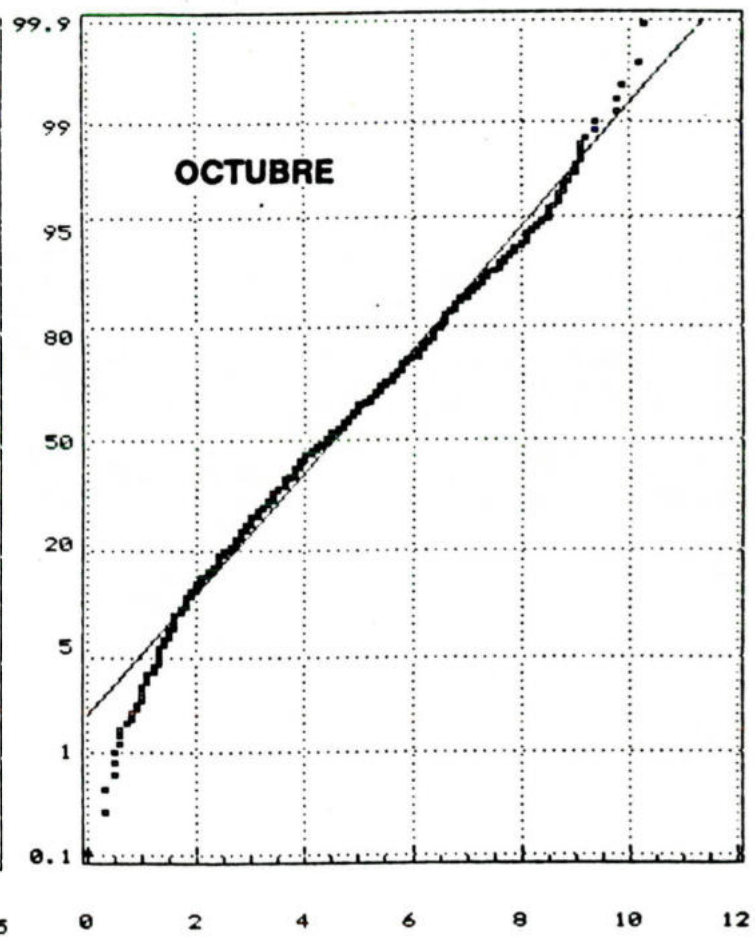
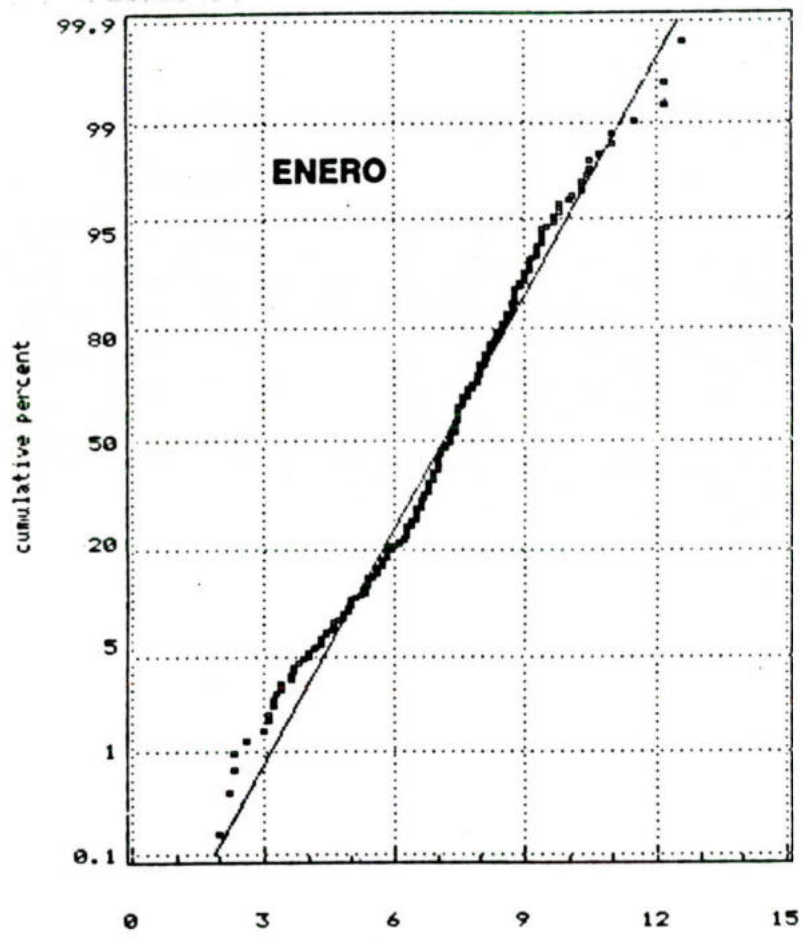
9

6

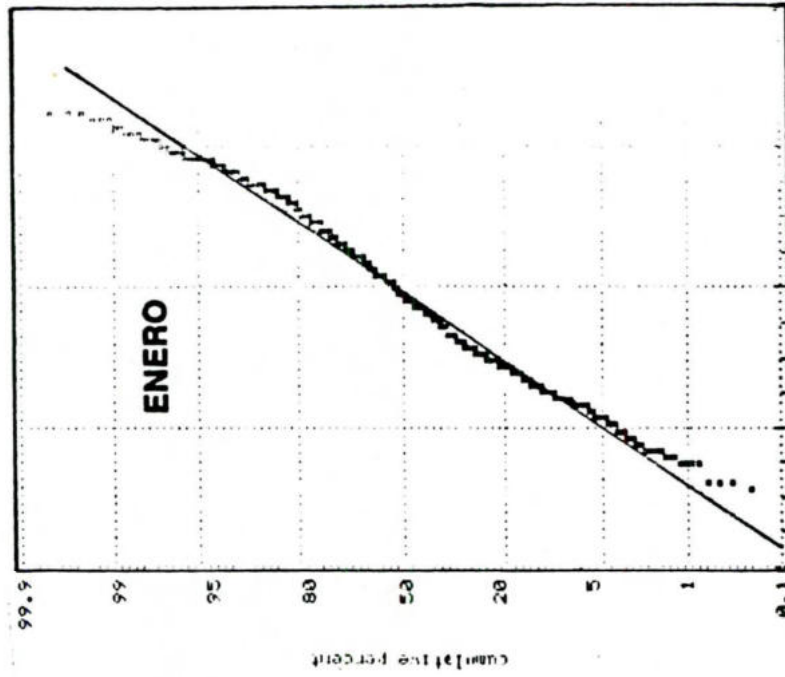
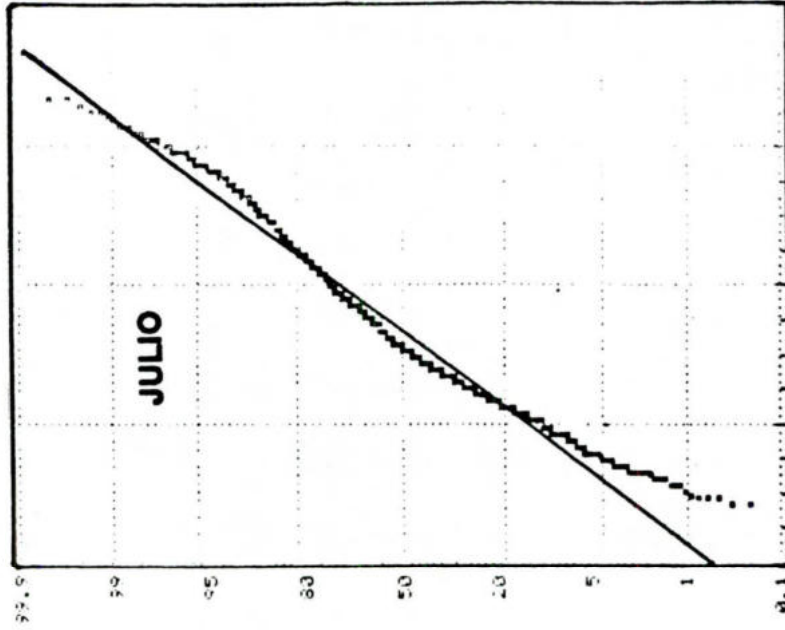
3

0

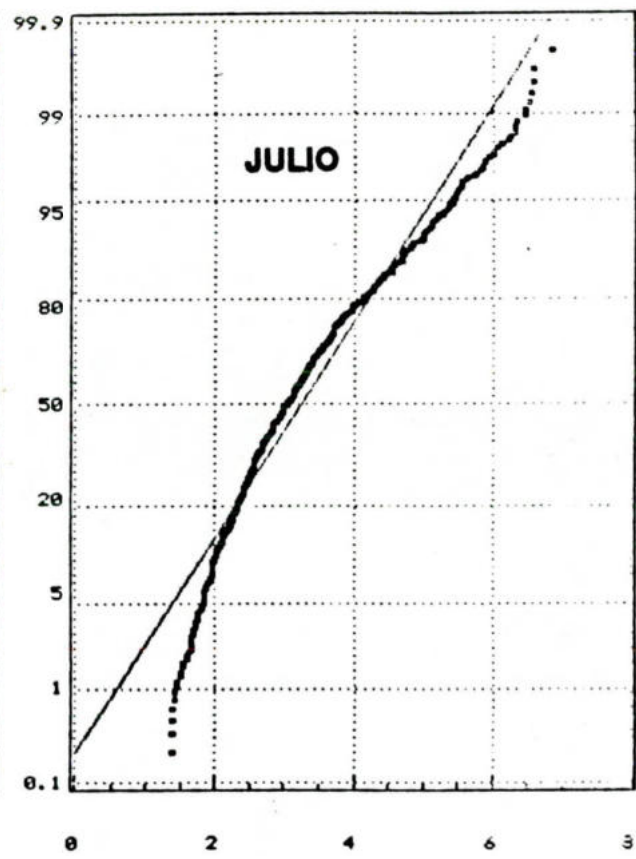
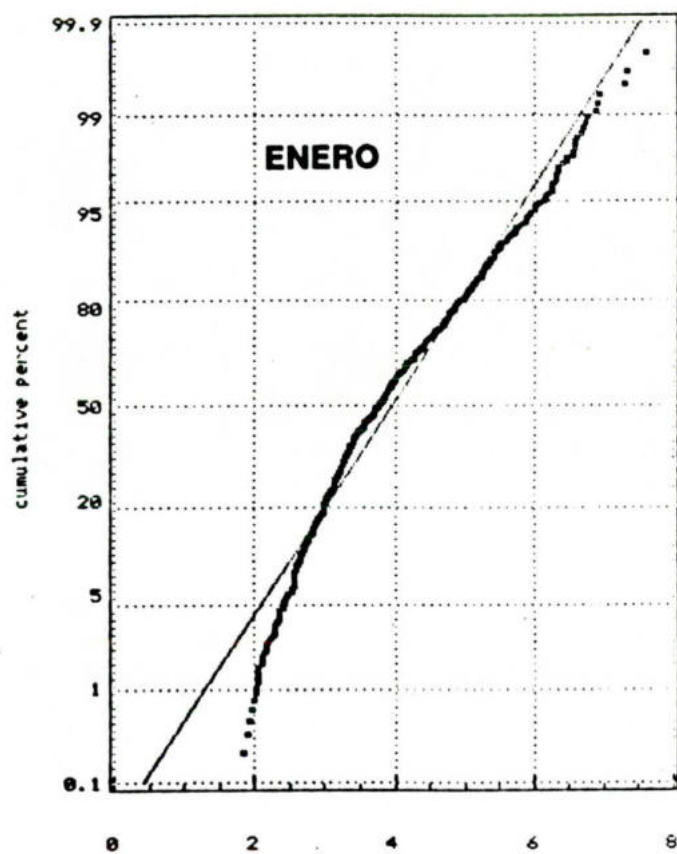
**SANTA CRUZ**



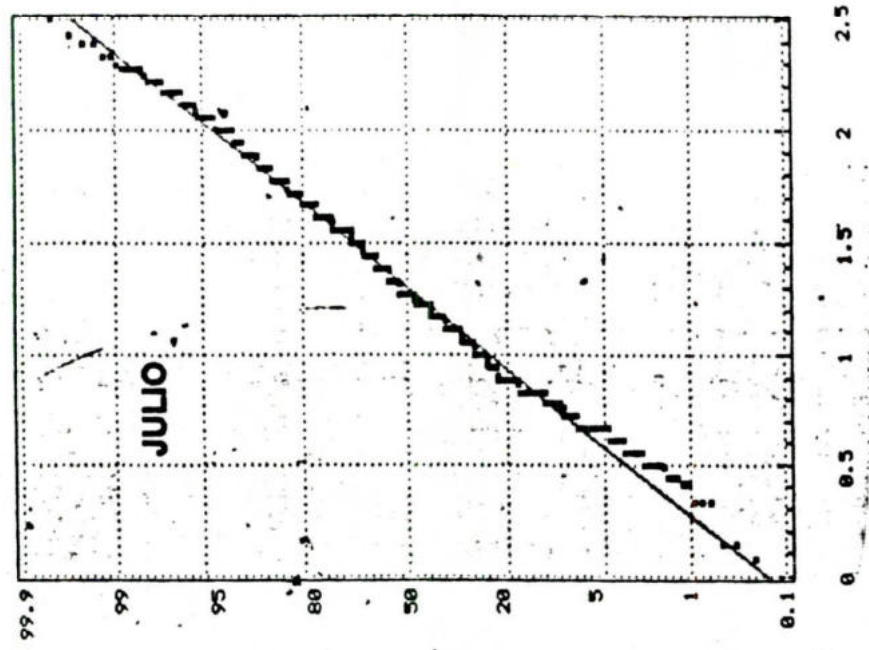
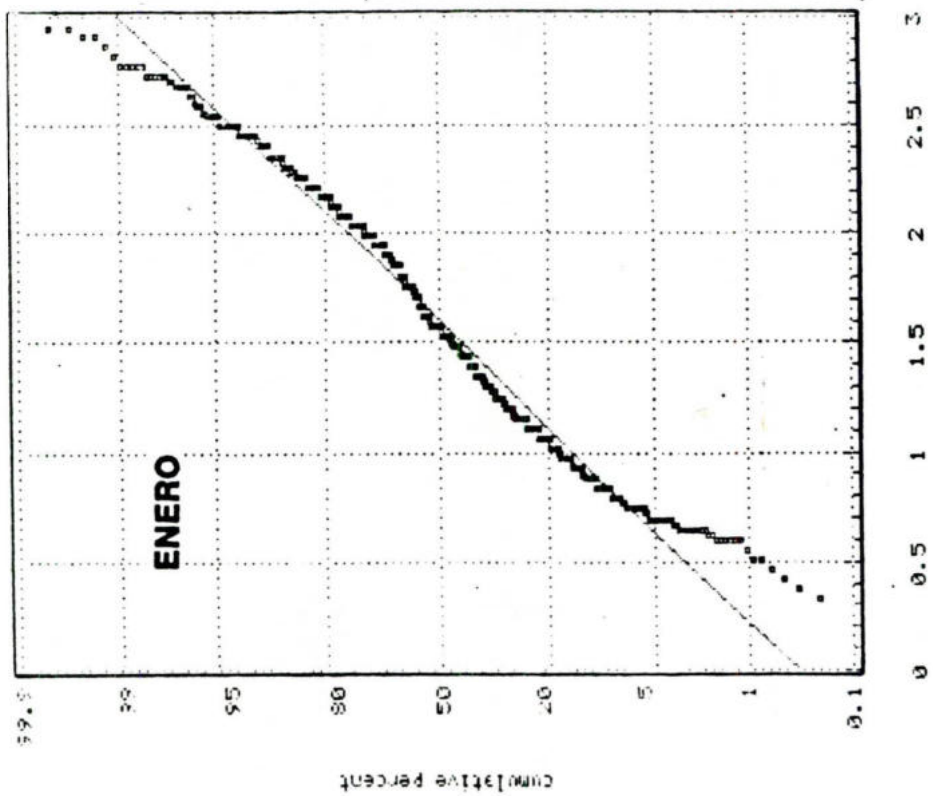
**EL TABLAZO**



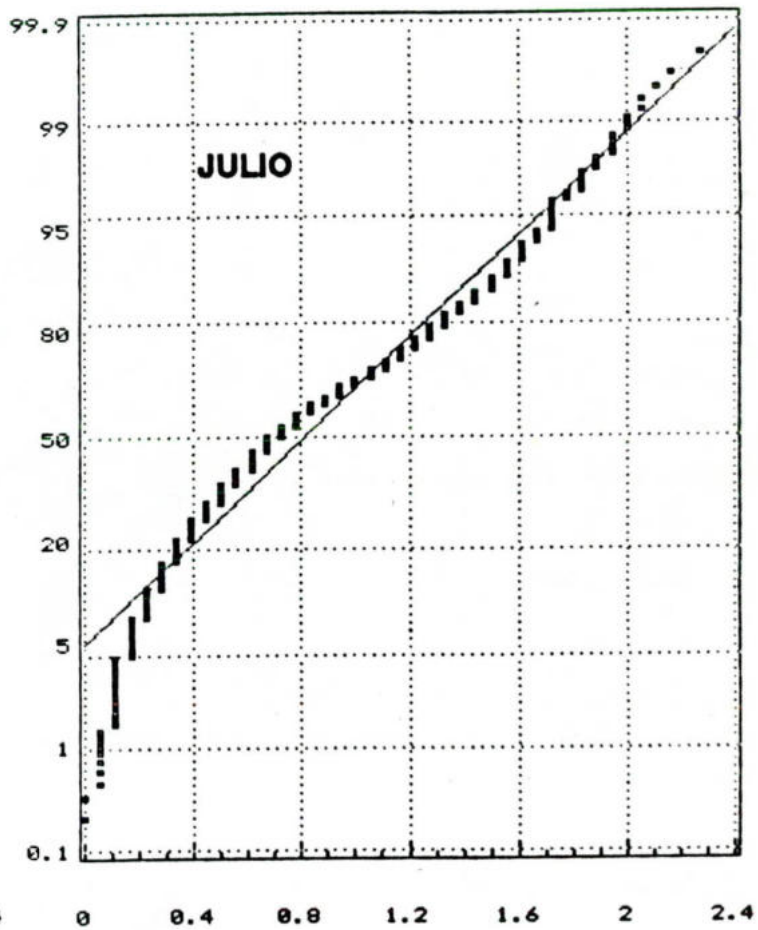
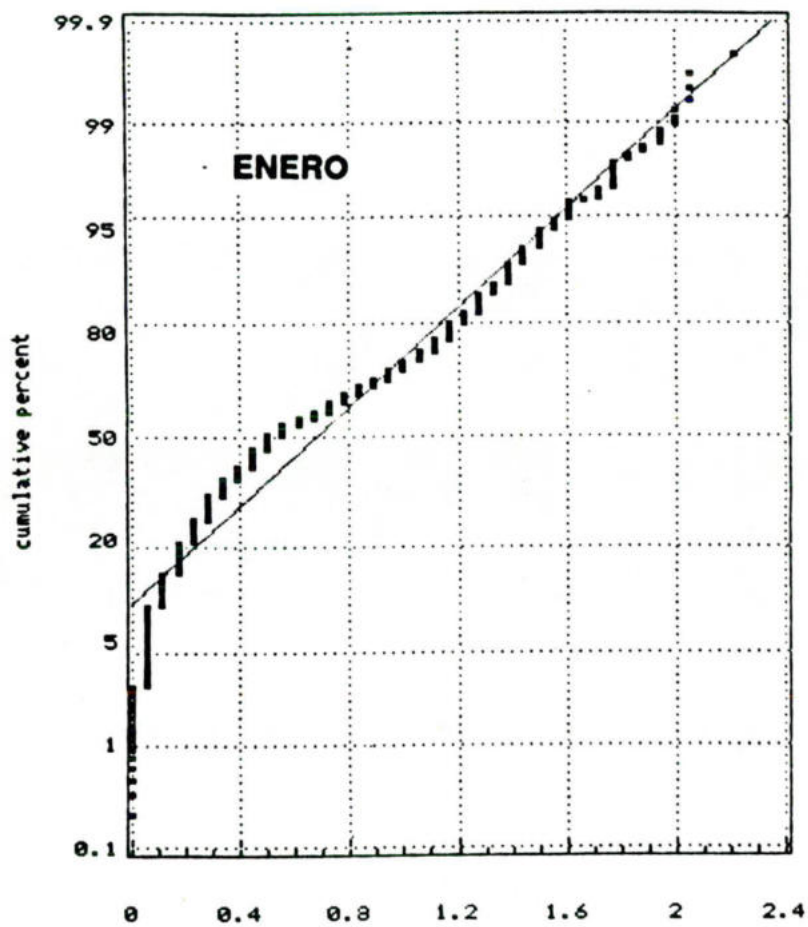
**MARACAIBO LUZ**



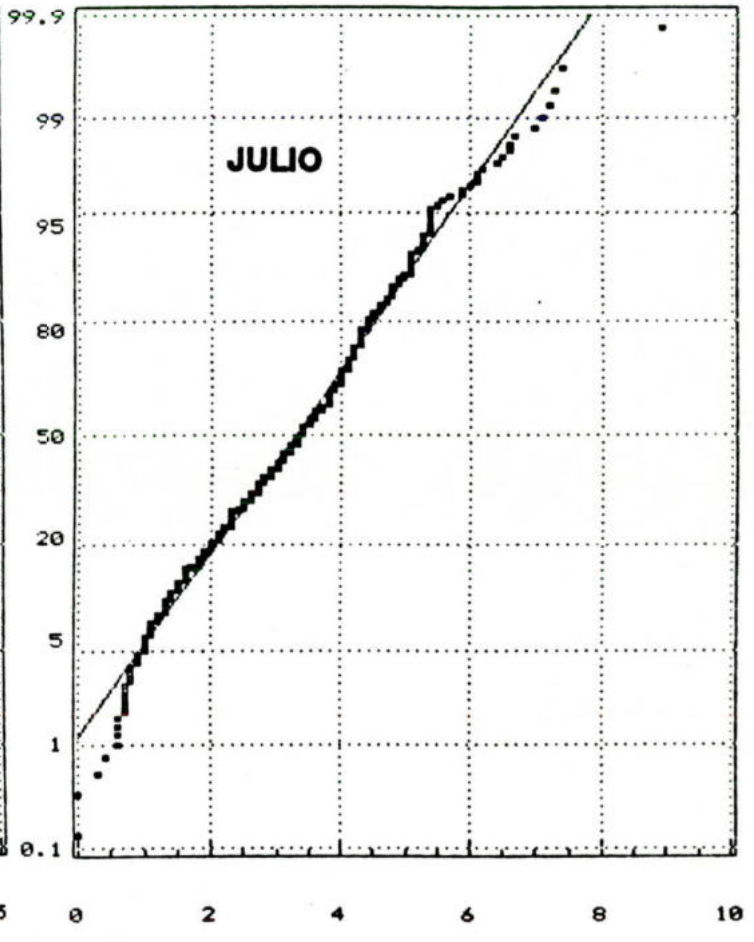
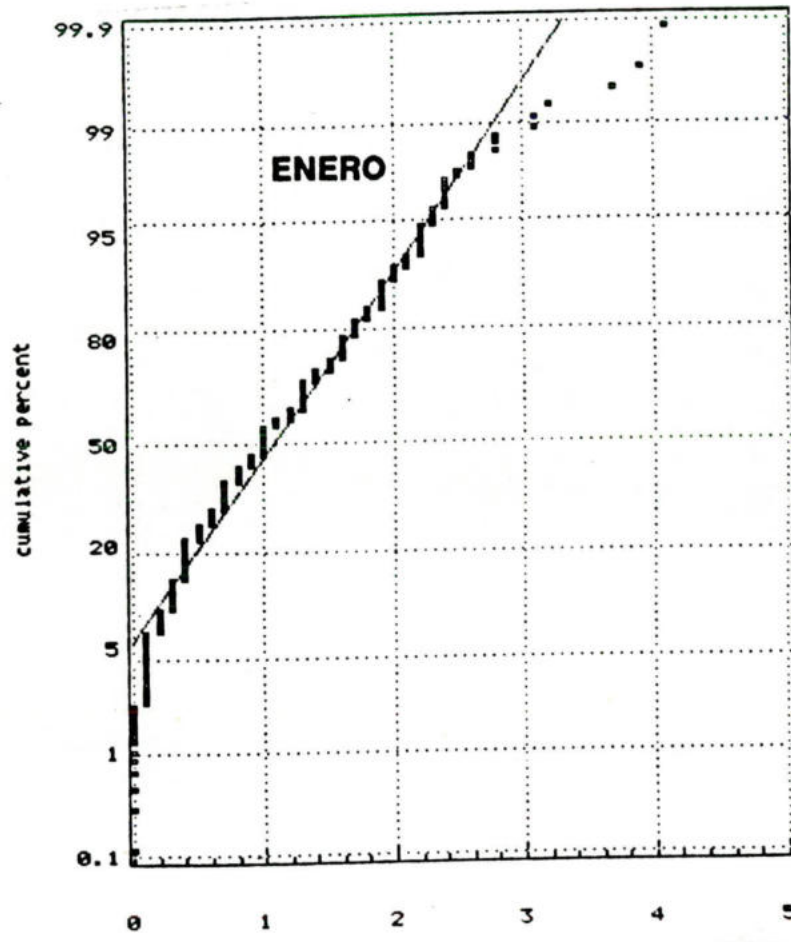
LA CAÑADA



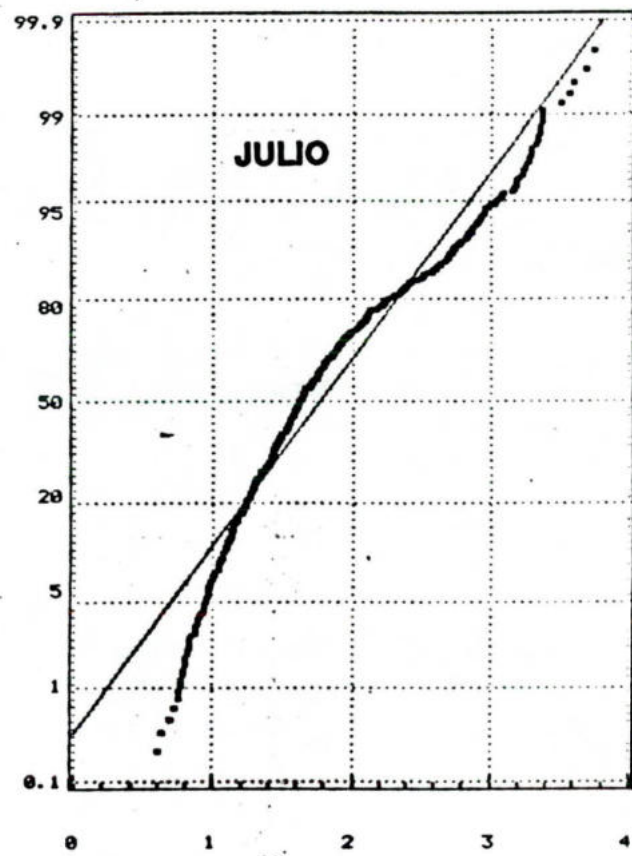
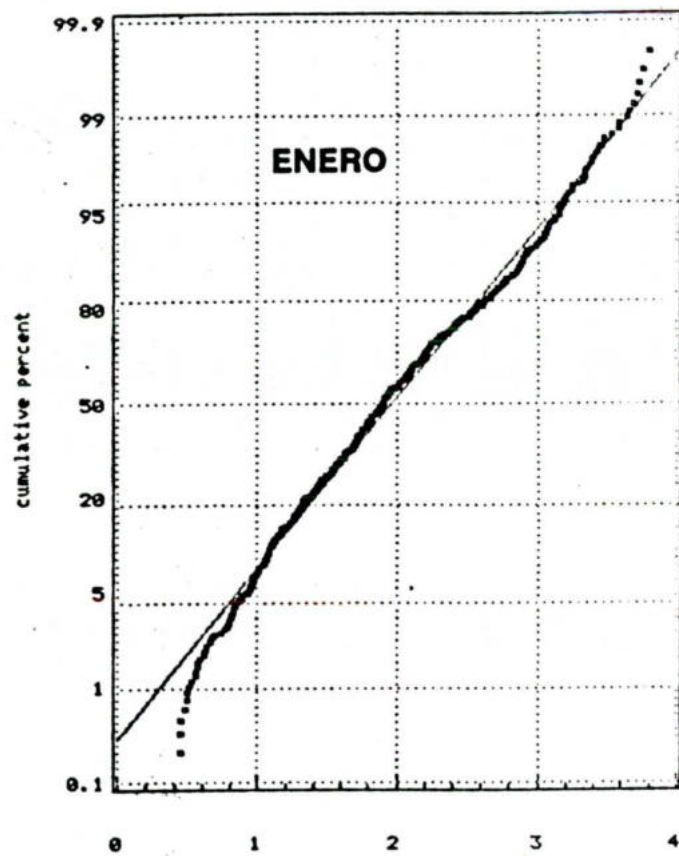
**BARRANQUITAS**



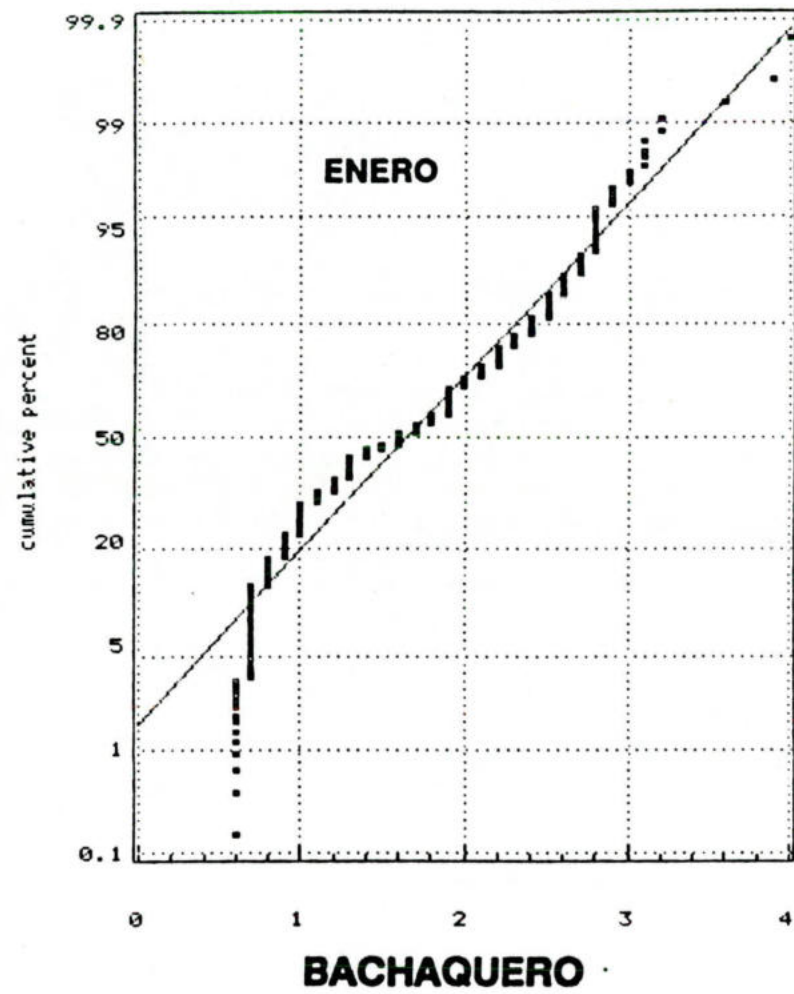
**SANTA BARBARA**

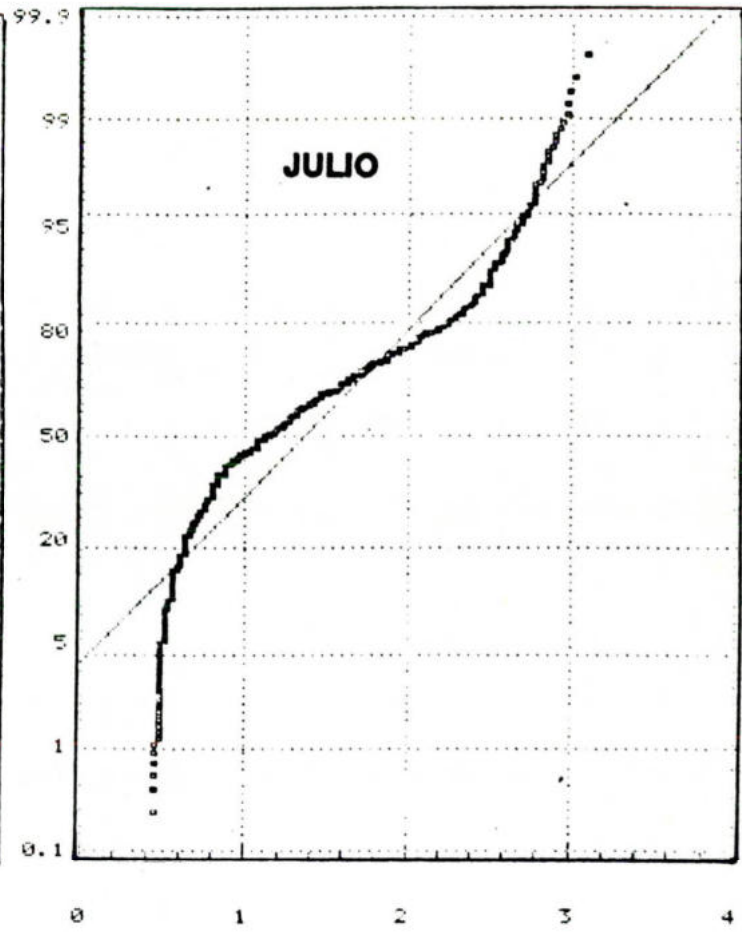
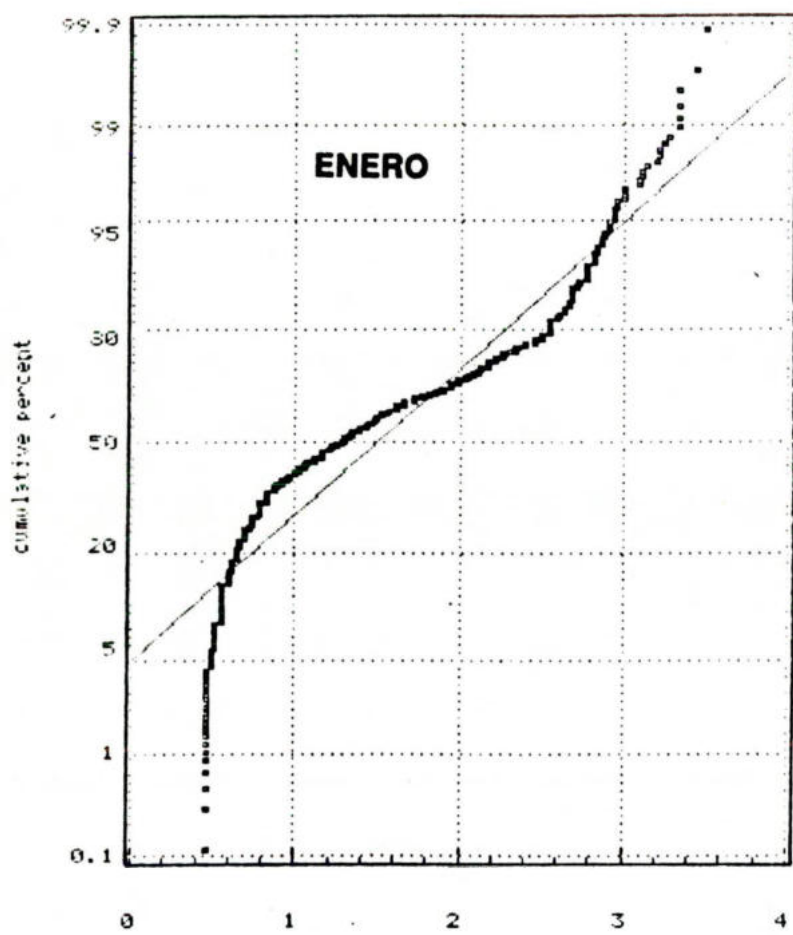


**MENEGAS**



MENE GRANDE

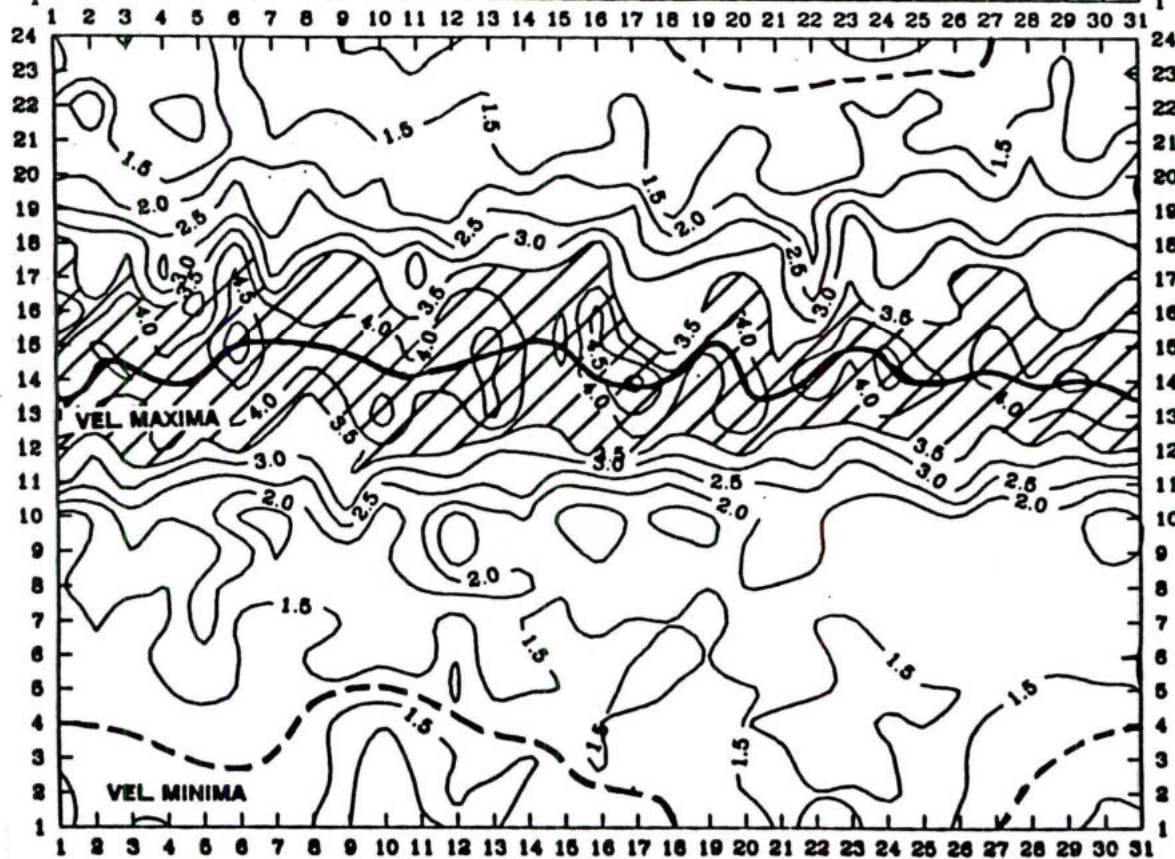
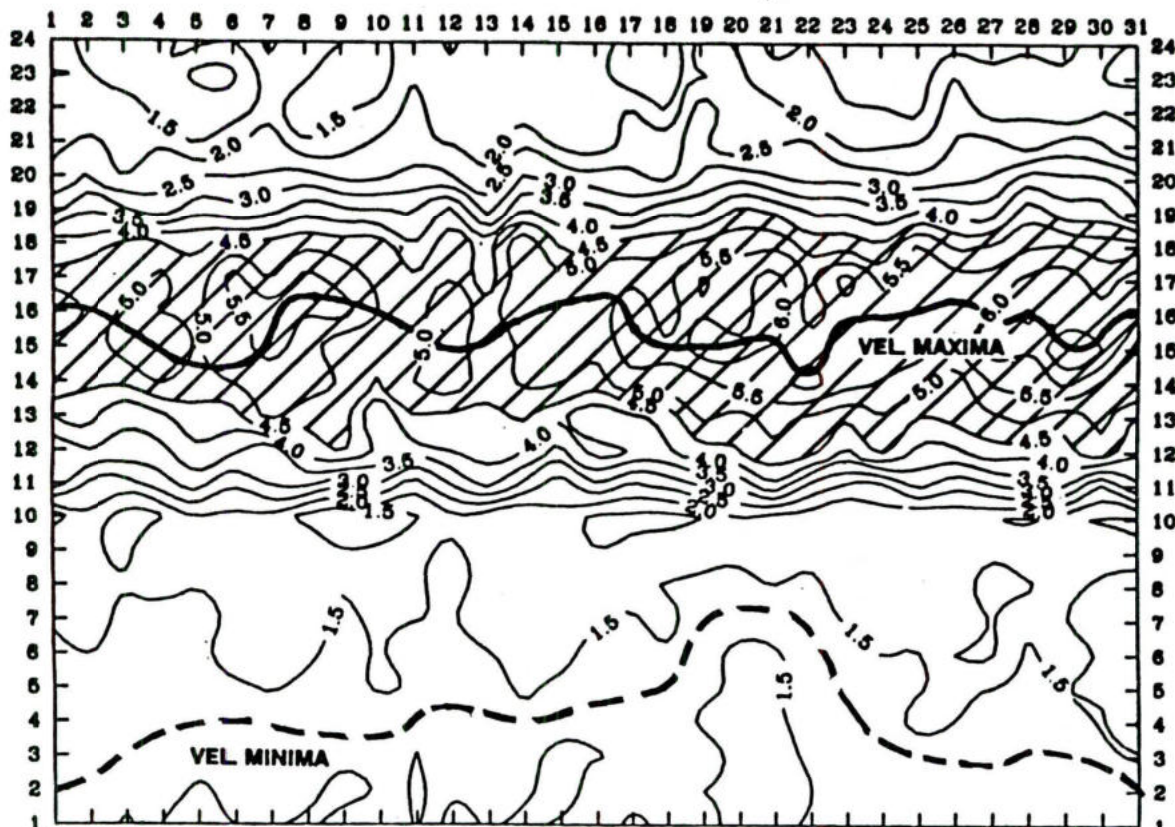




**CANAL V.O.C.**

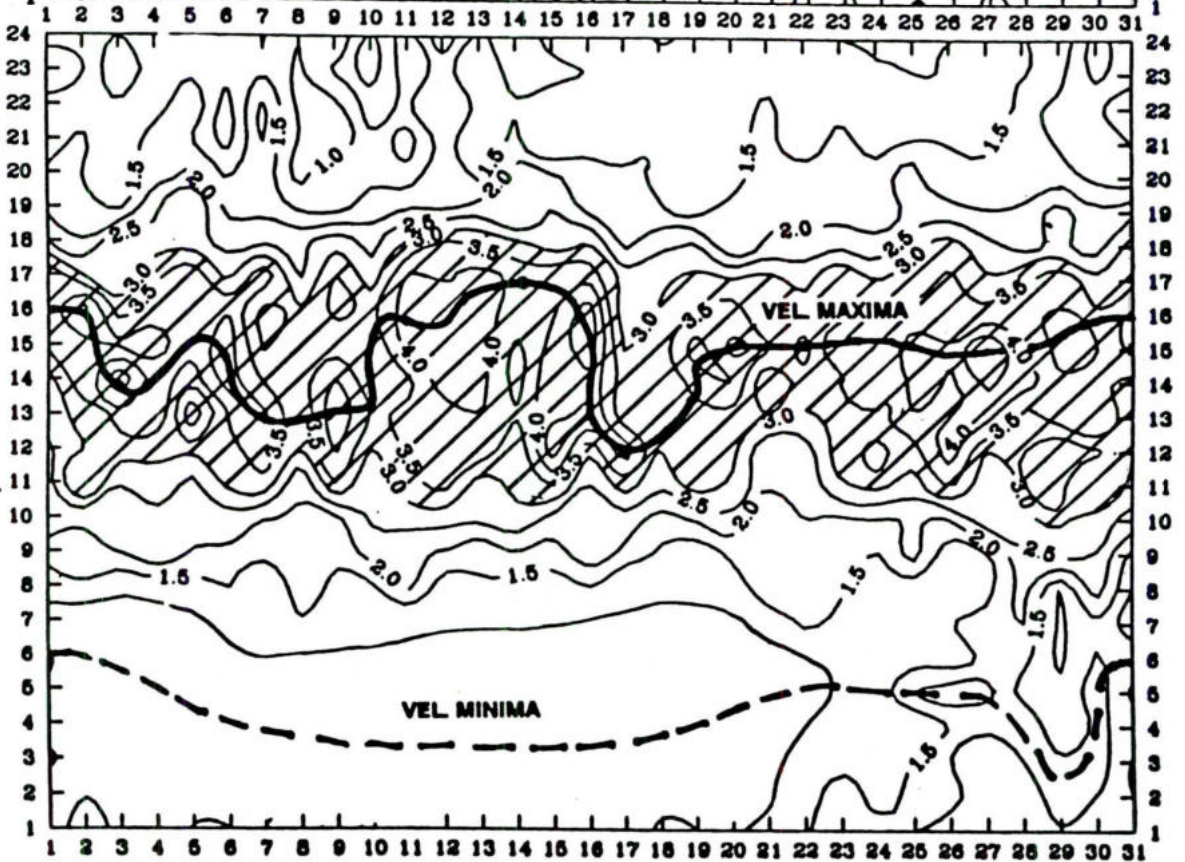
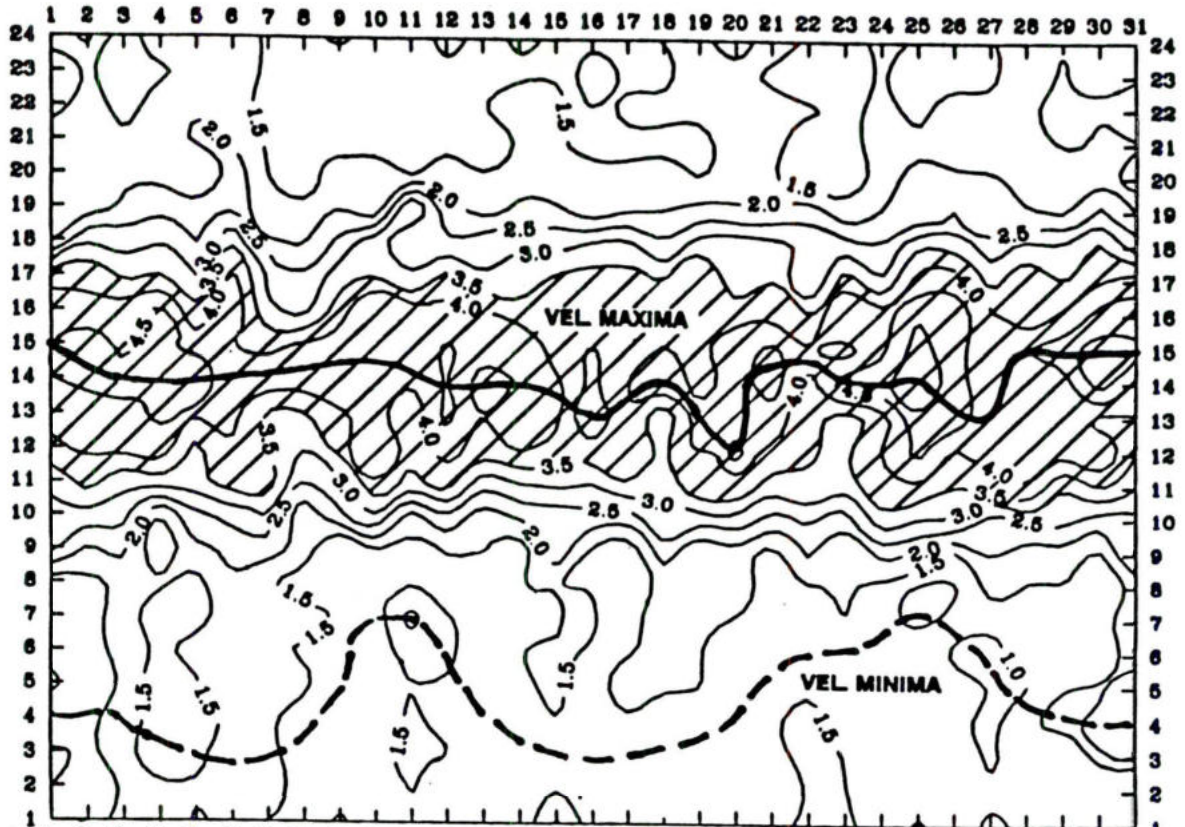
**ANEXO F .**  
**DIAGRAMA BIDIMENSIONAL DE LA**  
**VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)**  
**DIA/HORA .**

# BARCELONA ENERO 1980-89



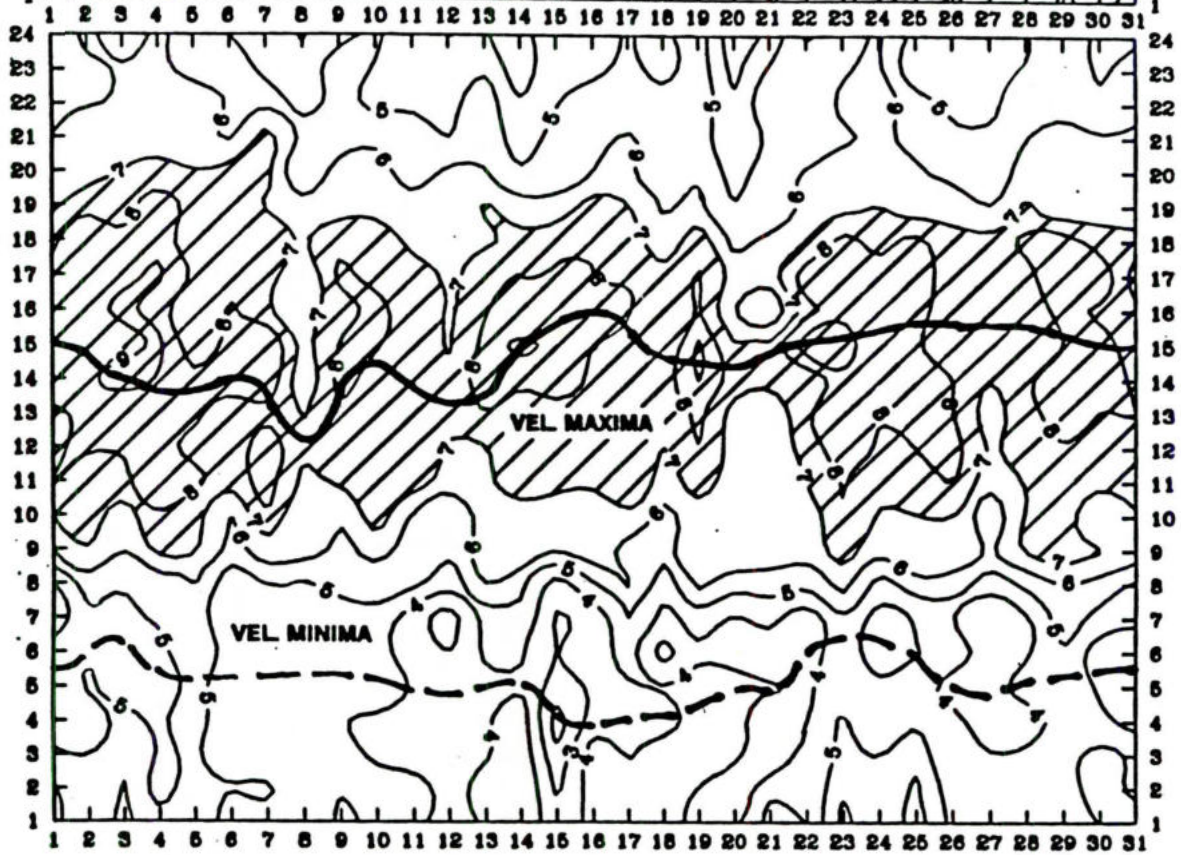
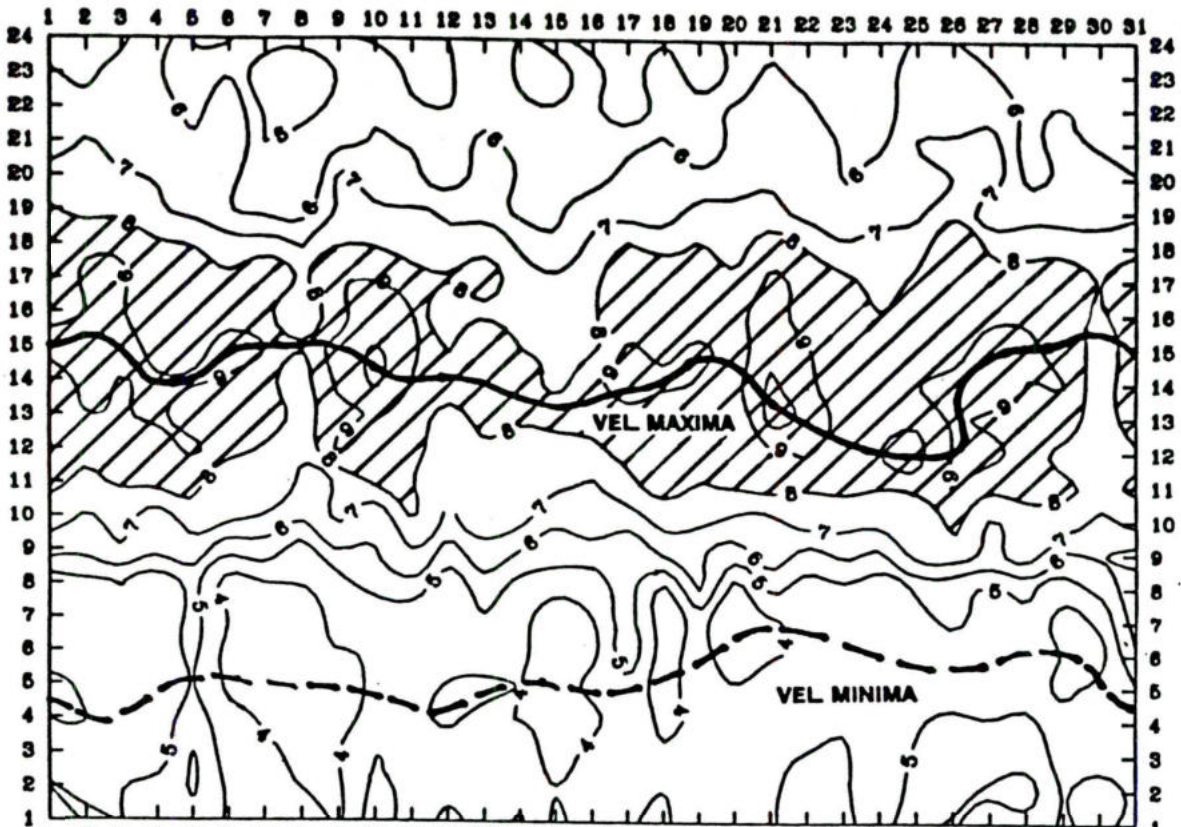
# BARCELONA JULIO 1980-89

# CARUPANO ENERO 1983-89



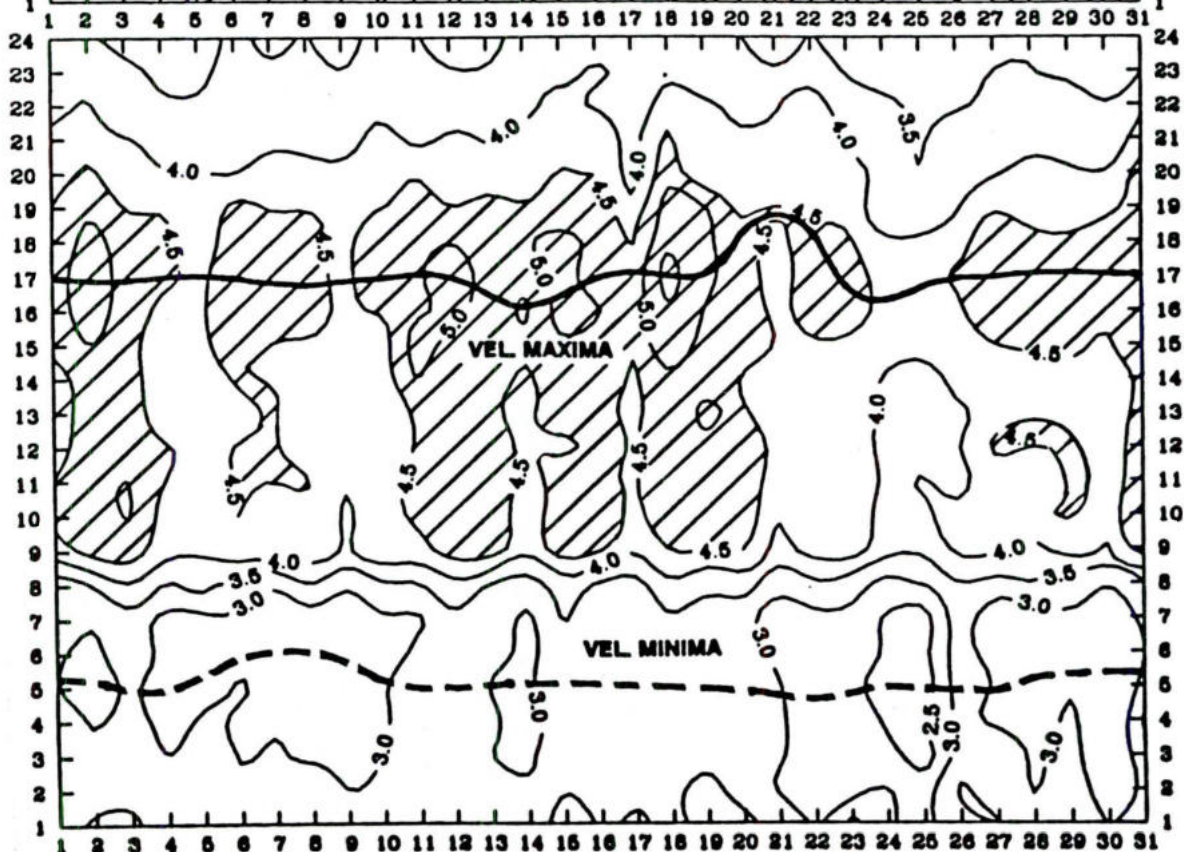
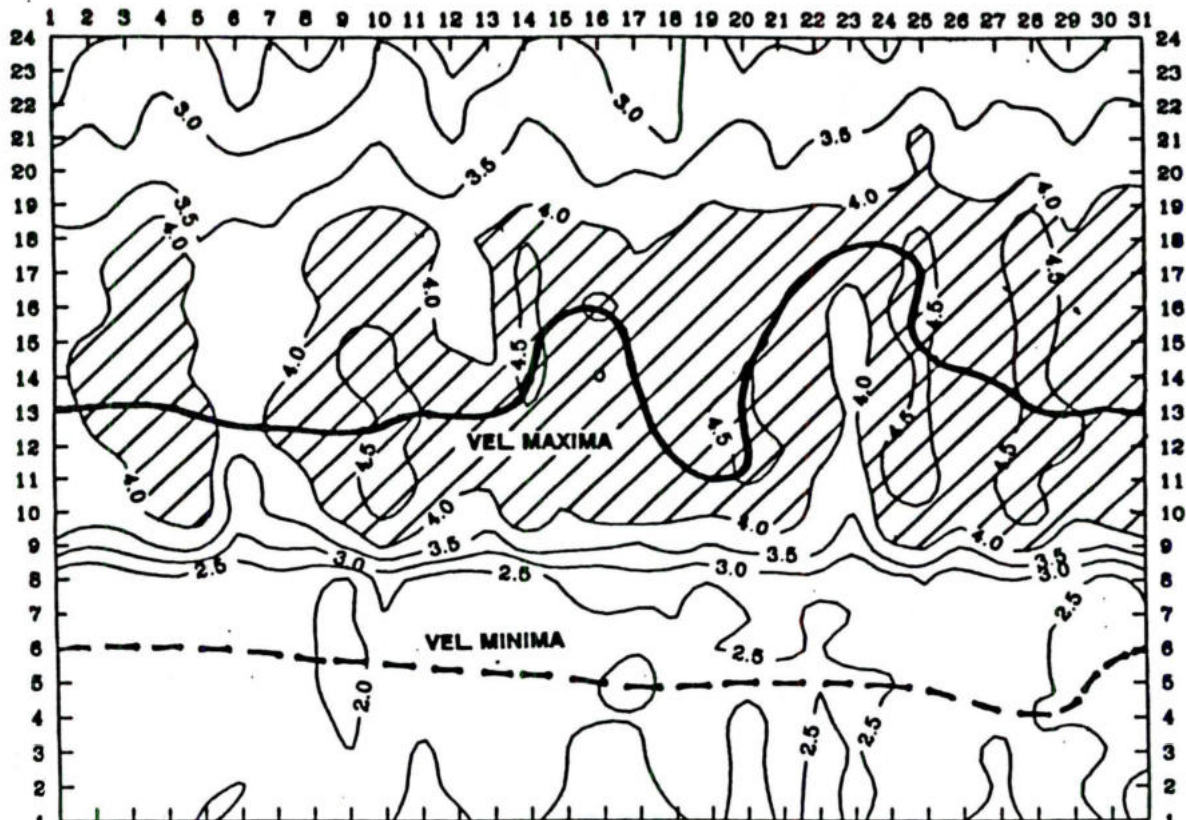
# CARUPANO JULIO 1983-89

PORLAMAR ENERO 1985-89



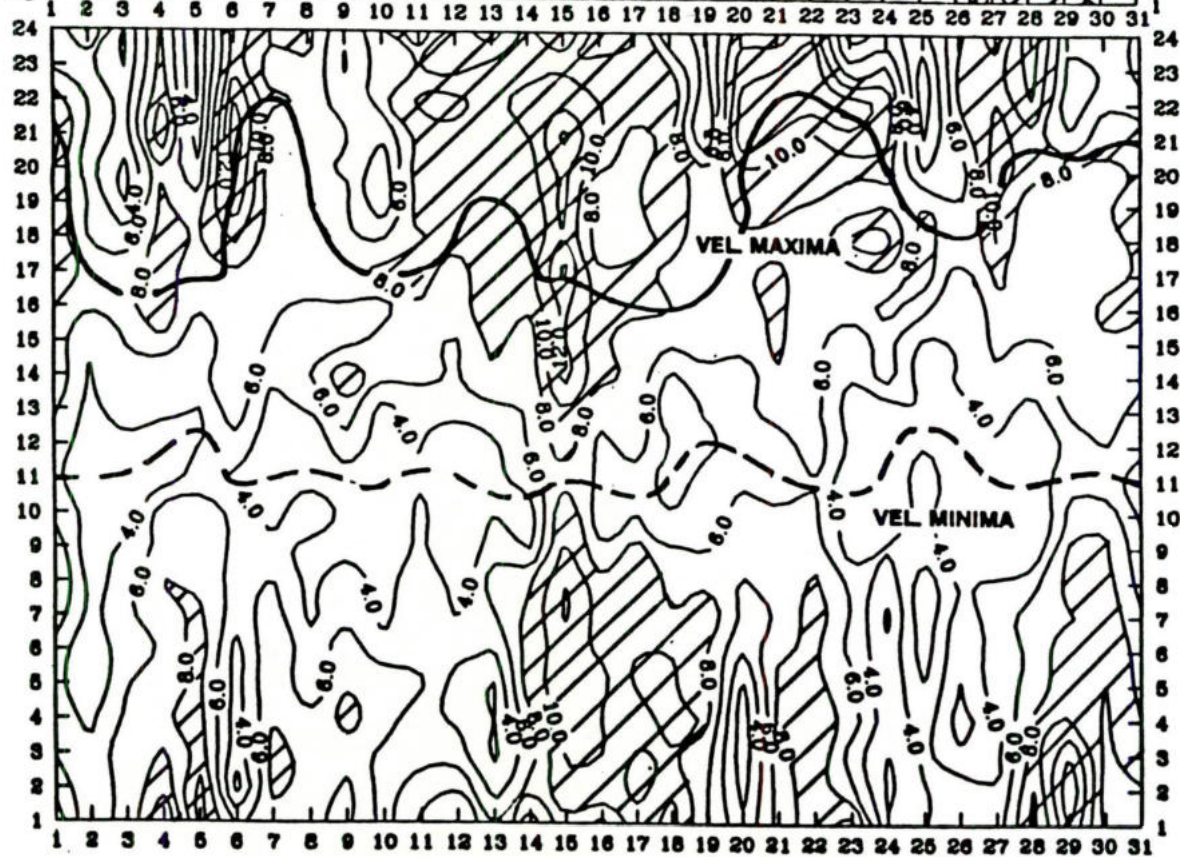
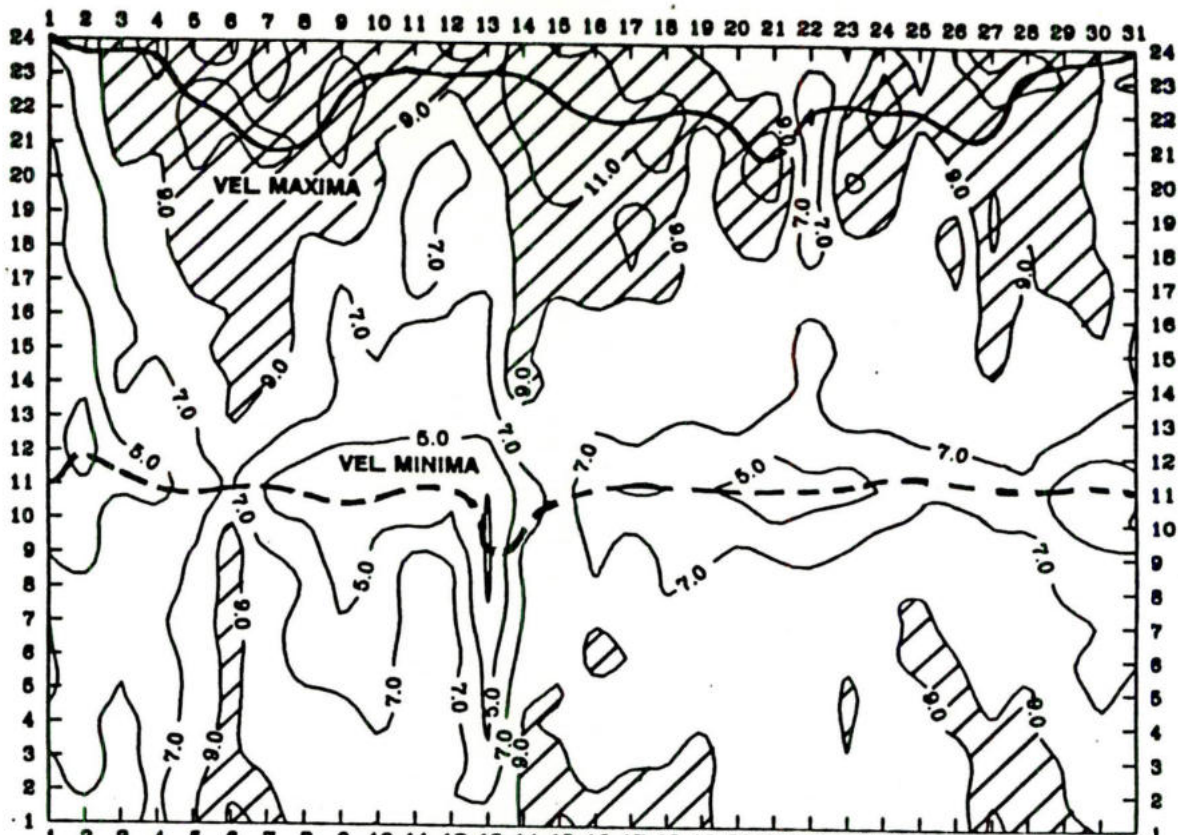
PORLAMAR JULIO 1985-89

# PUNTO FIJO ENERO 80-89



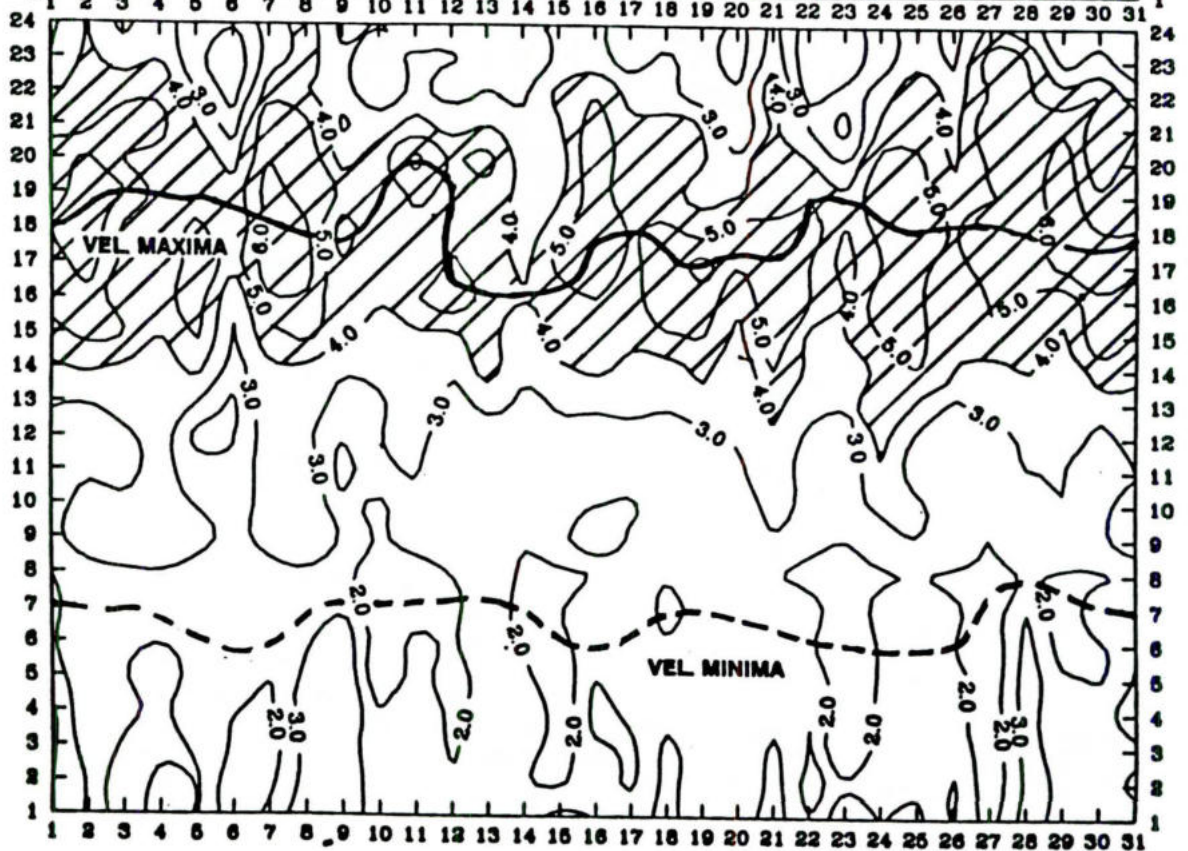
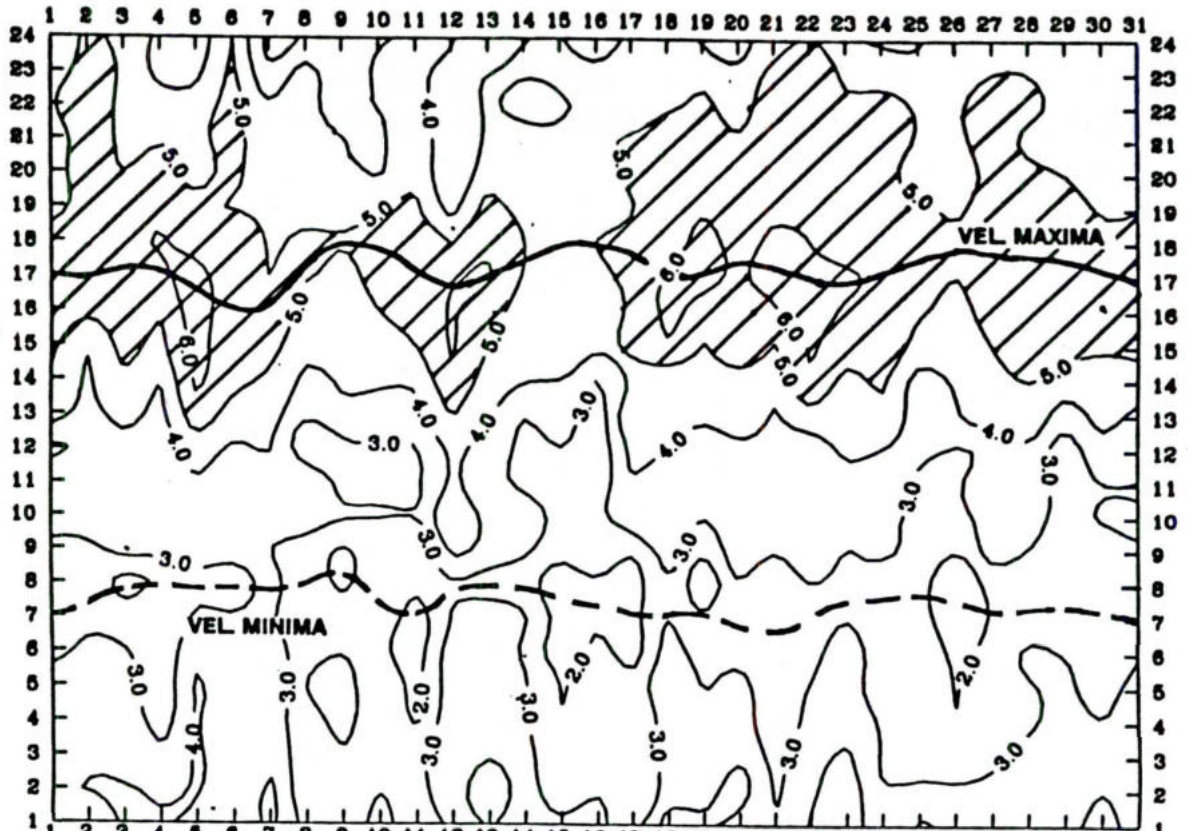
# PUNTO FIJO JULIO 80-89

# SANTA CRUZ ENERO 1989-90



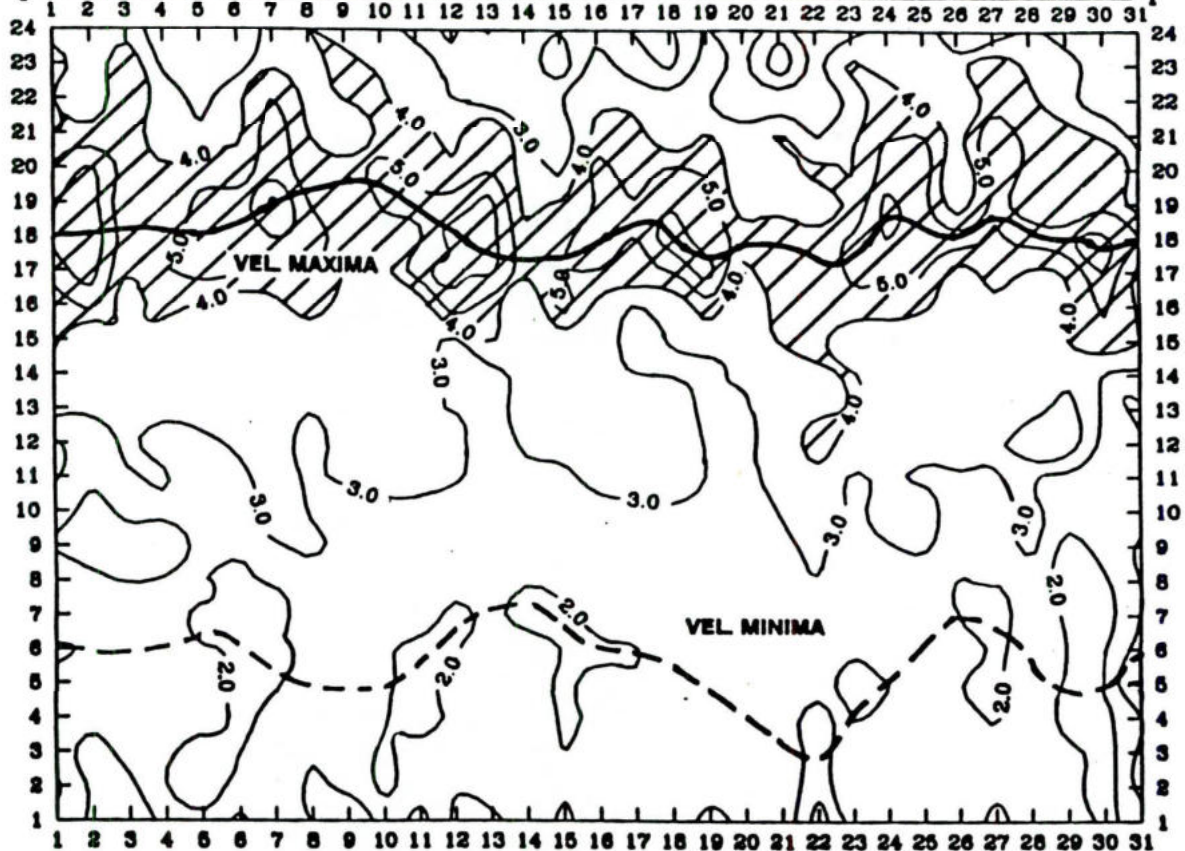
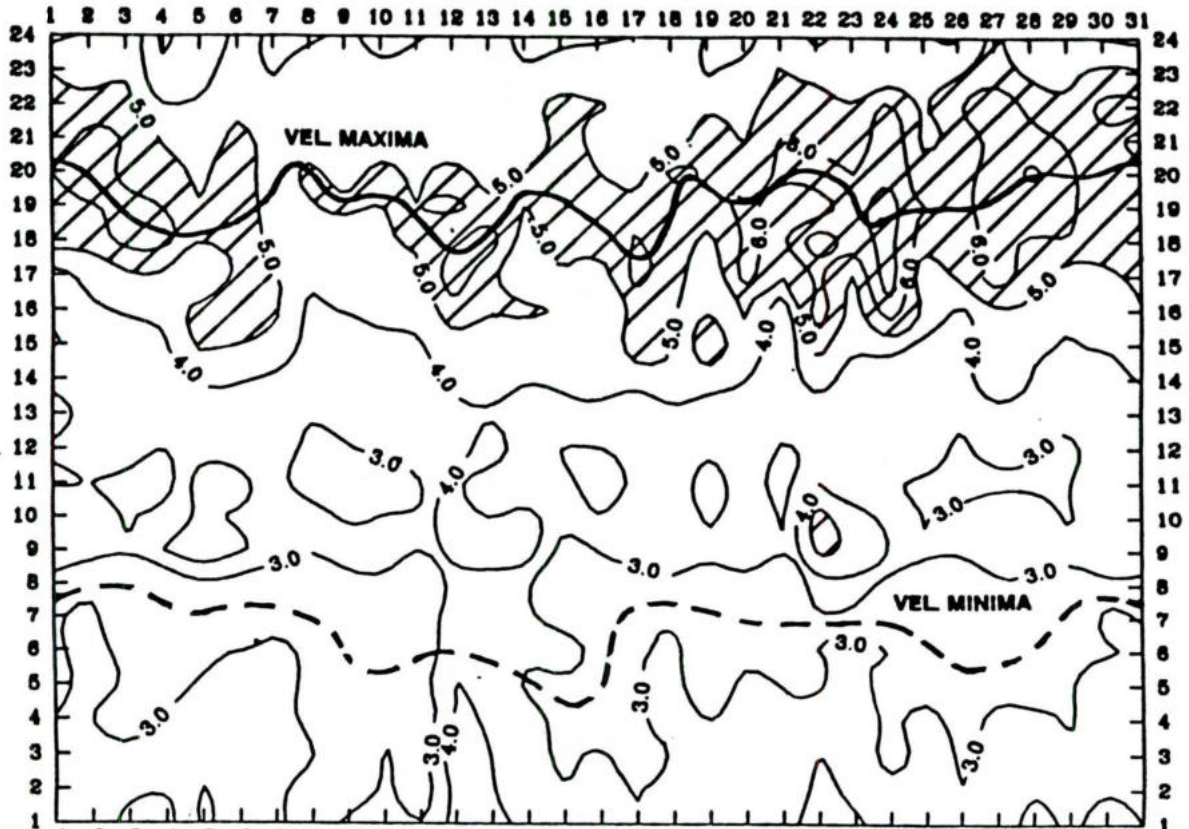
# SANTA CRUZ JULIO 1989

# MCBO LUZ ENERO 1982-84



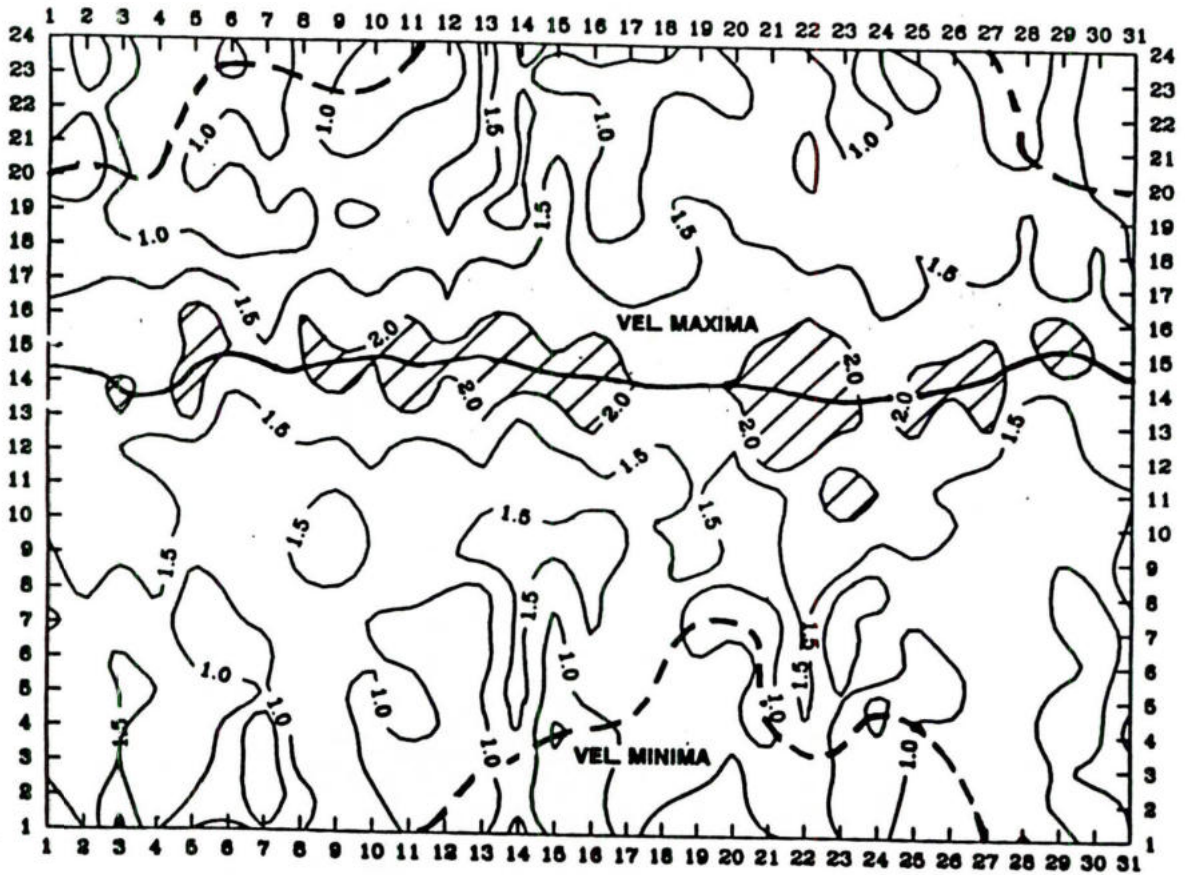
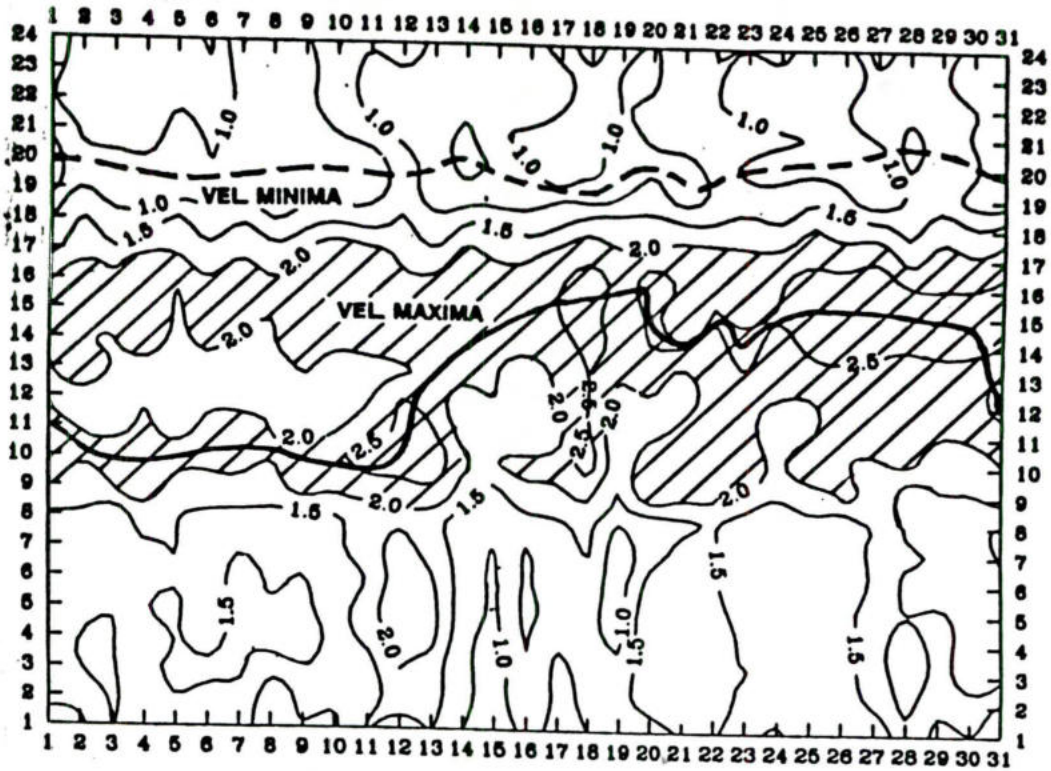
# MCBO LUZ JULIO 1981-83

# LA CAÑADA ENERO 1982-85



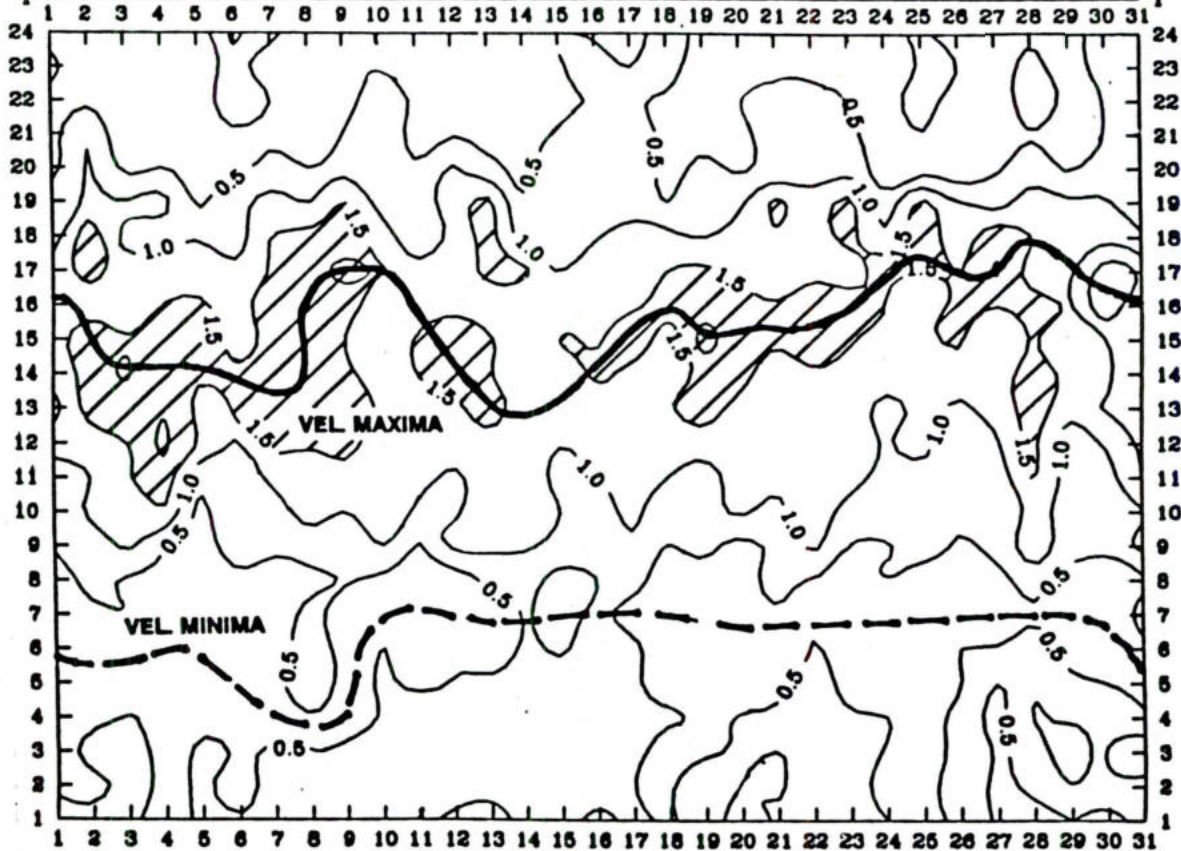
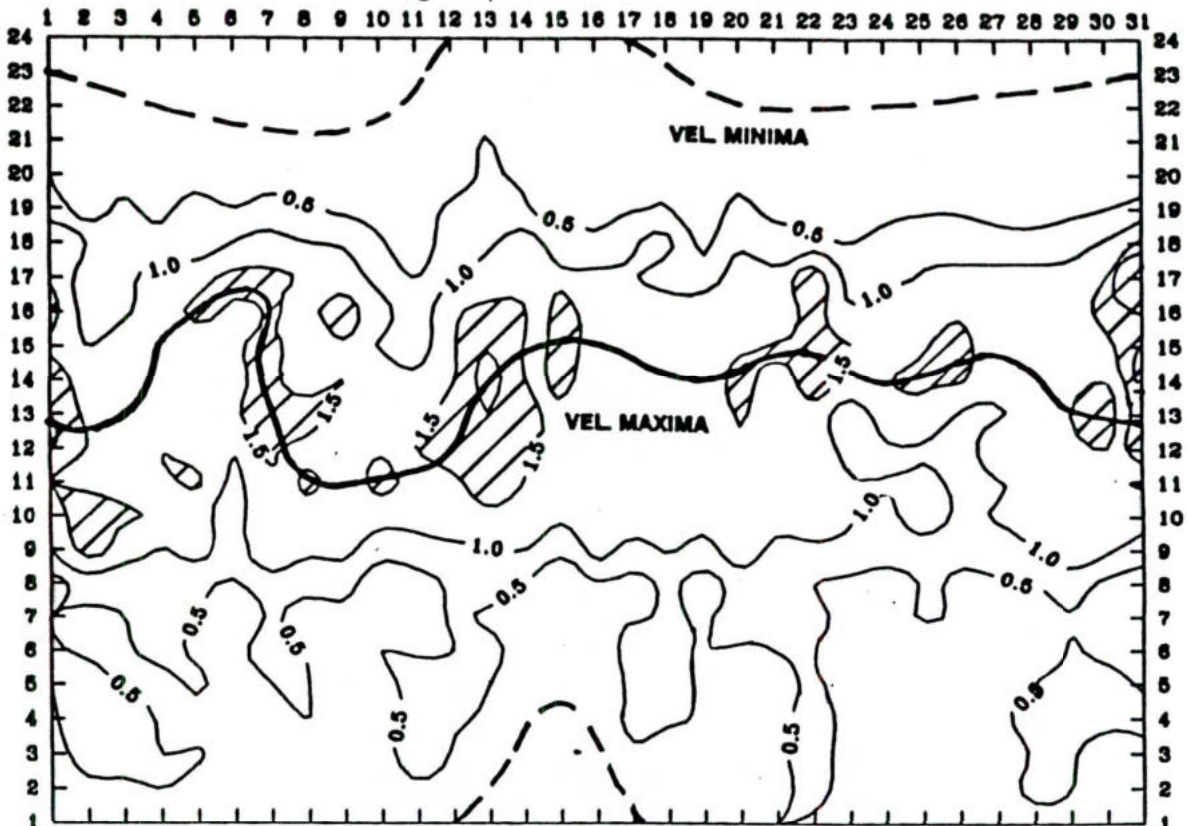
# LA CAÑADA JULIO 1982-85

# BARRANQUITAS ENERO 1980-85



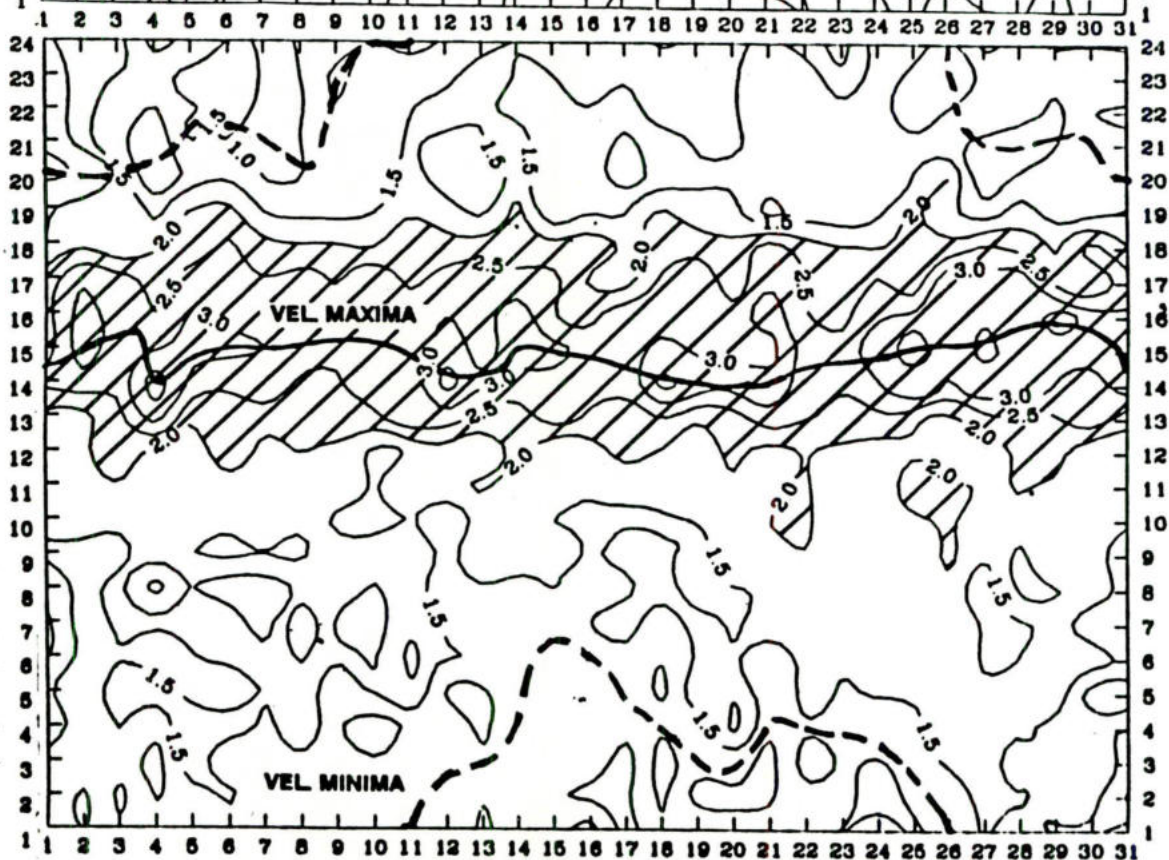
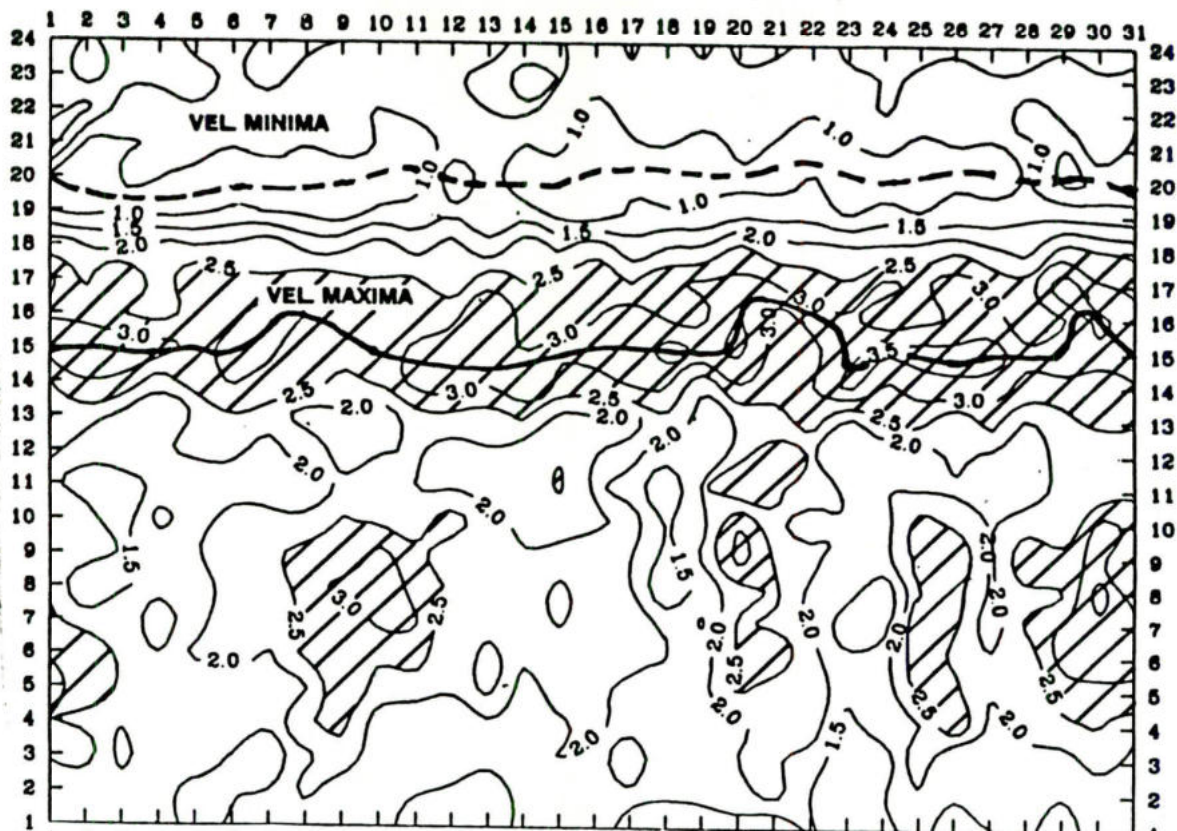
# BARRANQUITAS JULIO 1980-84

# SANTA BARBARA ENERO 1980-84



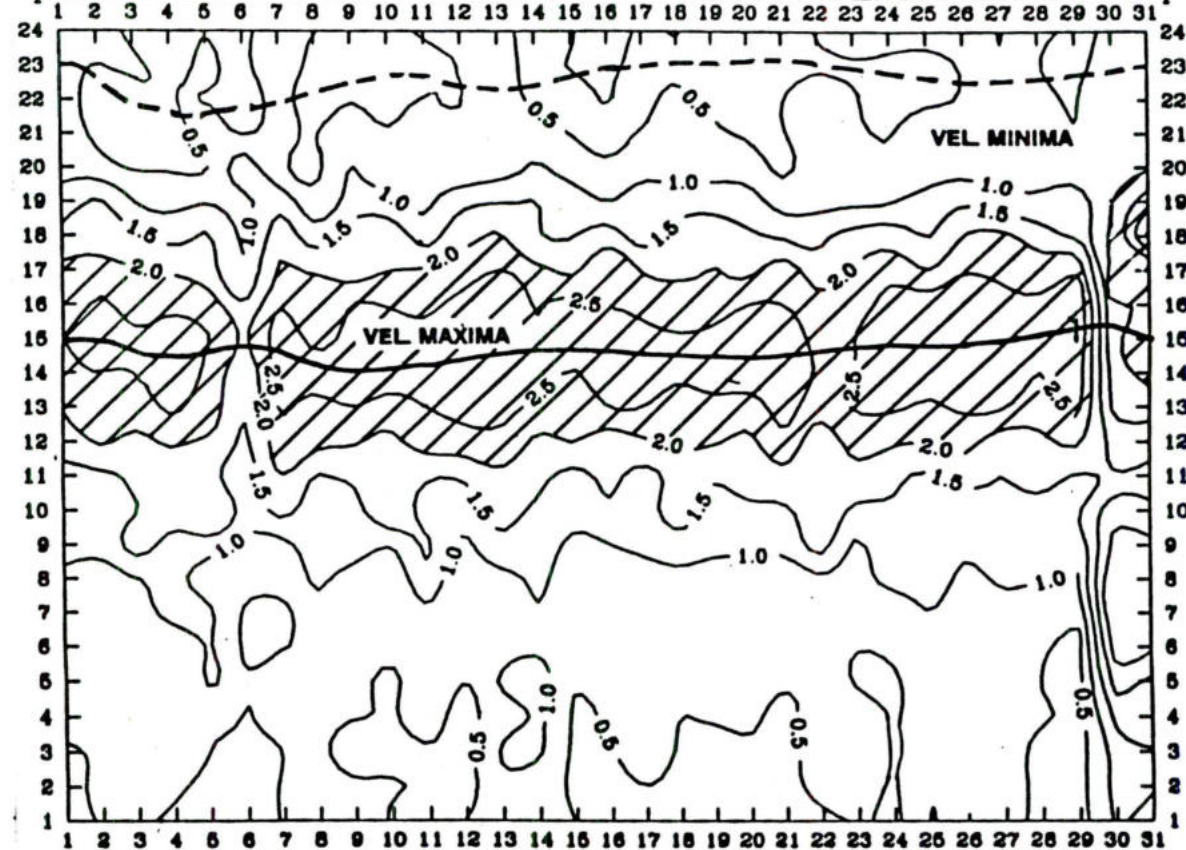
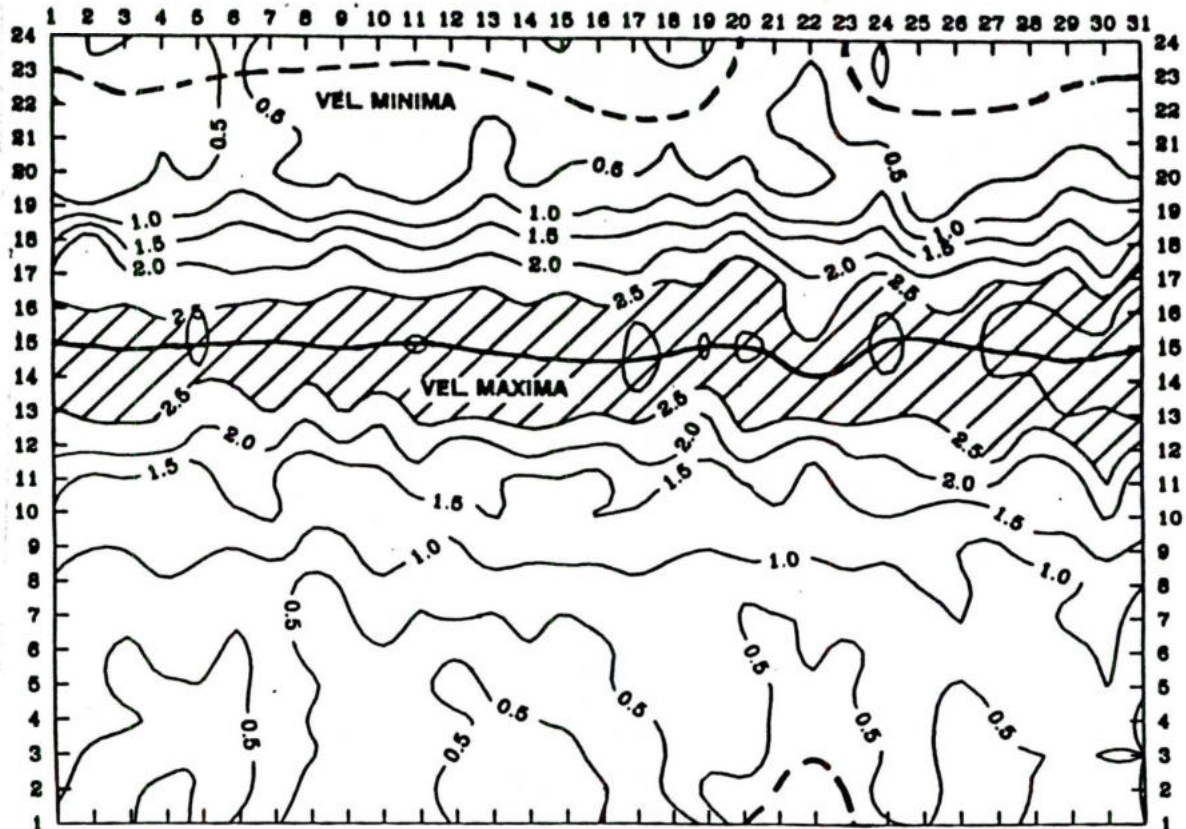
# SANTA BARBARA JULIO 1980-84

# MENEGRANDE ENERO 1980-85



# MENEGRANDE JULIO 1980-85

# CANAL VOC ENERO 1981-85,87

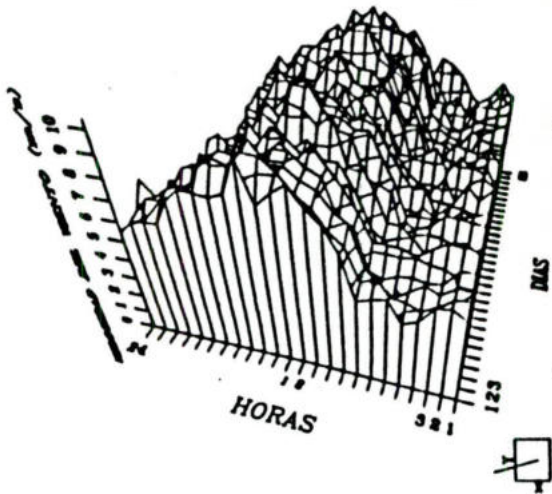


# CANAL VOC JULIO 1980-87

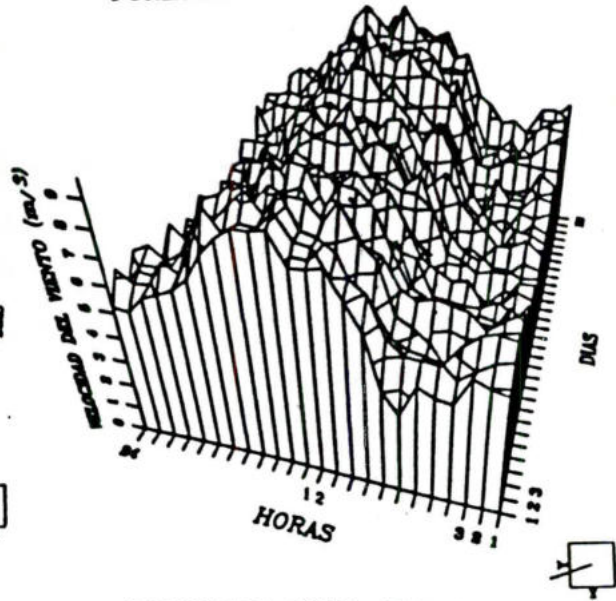
**ANEXO G.**

**DIAGRAMA TRIDIMENSIONAL DE LA  
VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)  
DIA/HORA.**

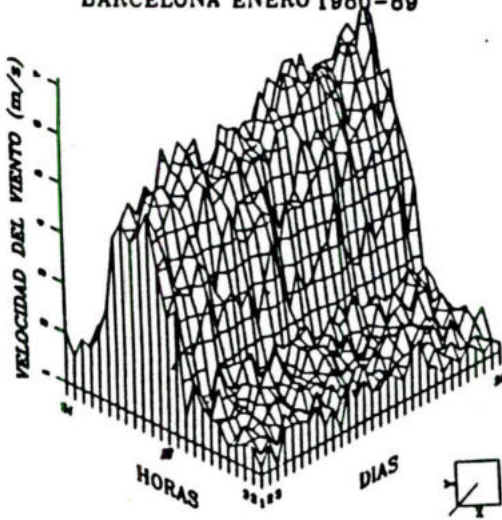
PORLAMAR ENERO 1985-89



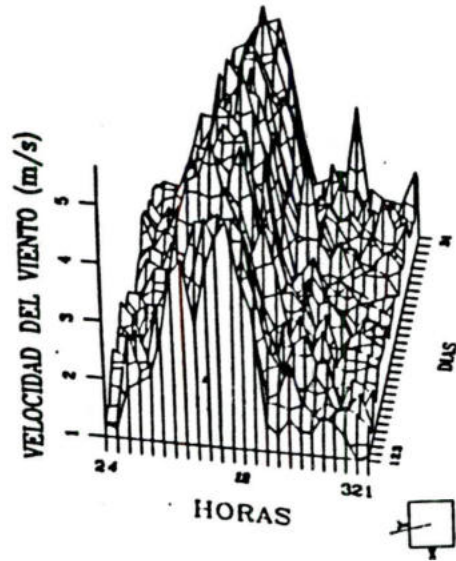
PORLAMAR JULIO 1985-89



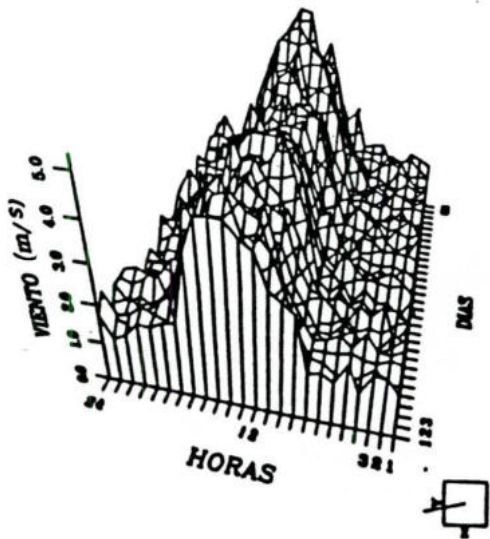
BARCELONA ENERO 1980-89



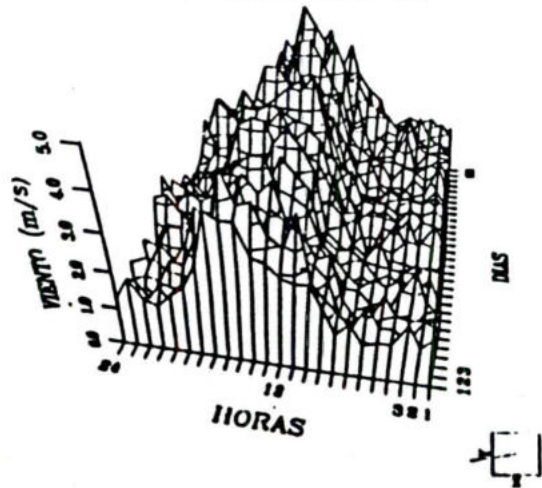
BARCELONA JULIO 1980-89



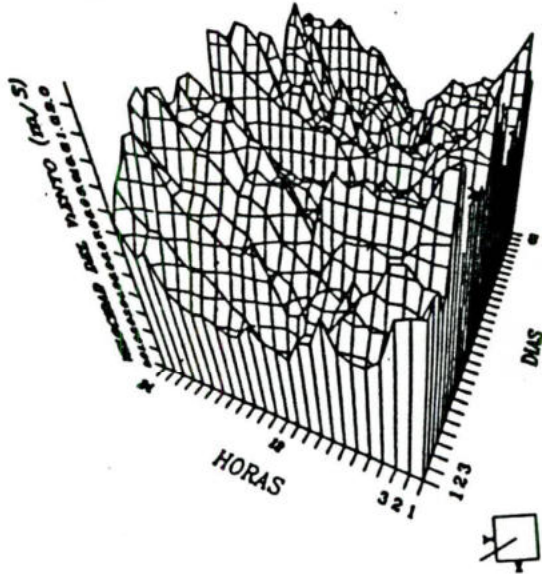
CARUPANO ENERO 1983-89



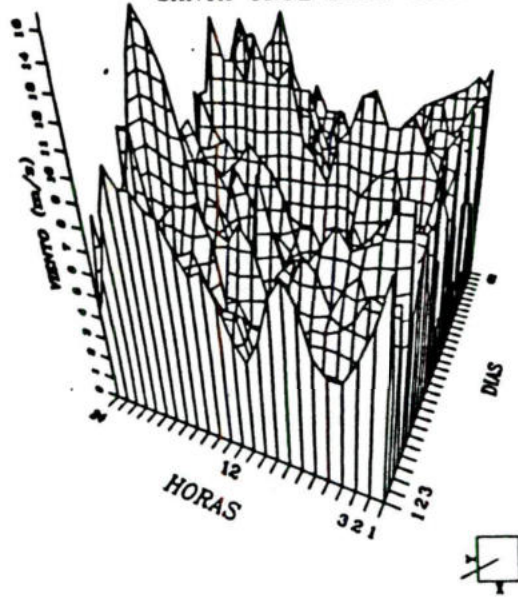
CARUPANO JULIO 1983-89



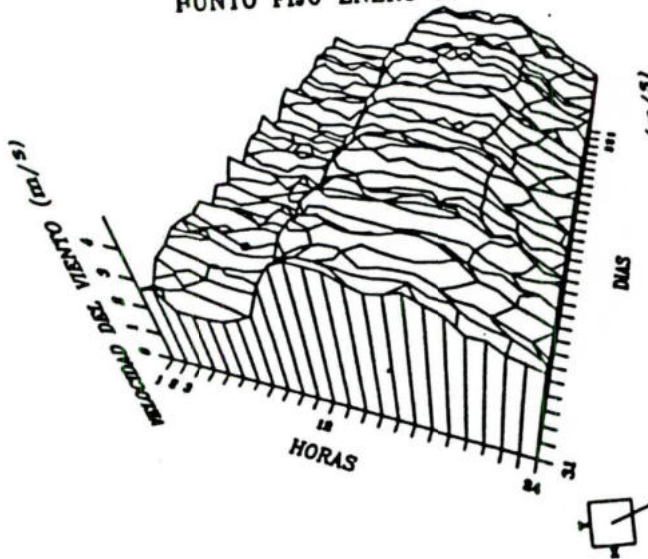
SANTA CRUZ ENERO 1989-90



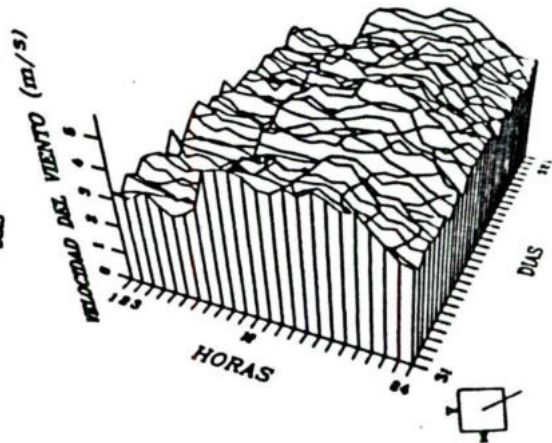
SANTA CRUZ JULIO 1989



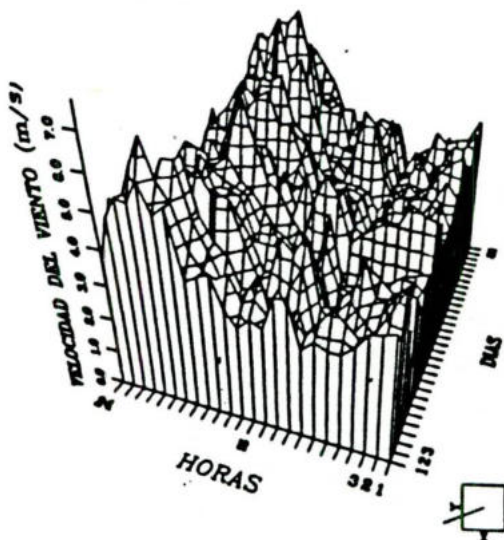
PUNTO FIJO ENERO 80-89



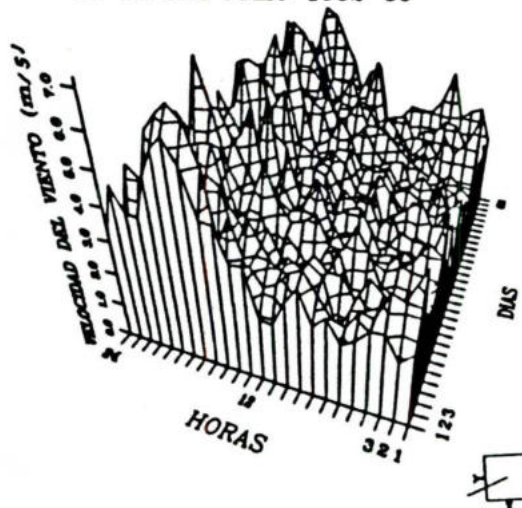
PUNTO FIJO JULIO 80-89



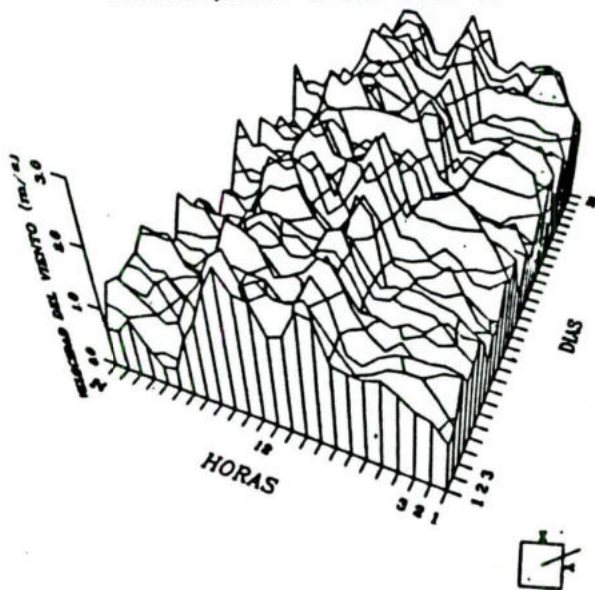
LA CAÑADA ENERO 1982-85



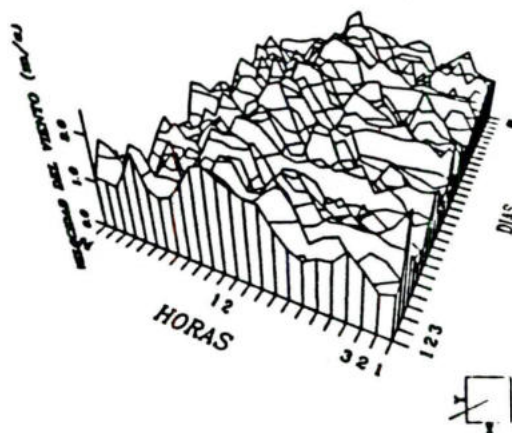
LA CAÑADA JULIO 1982-85



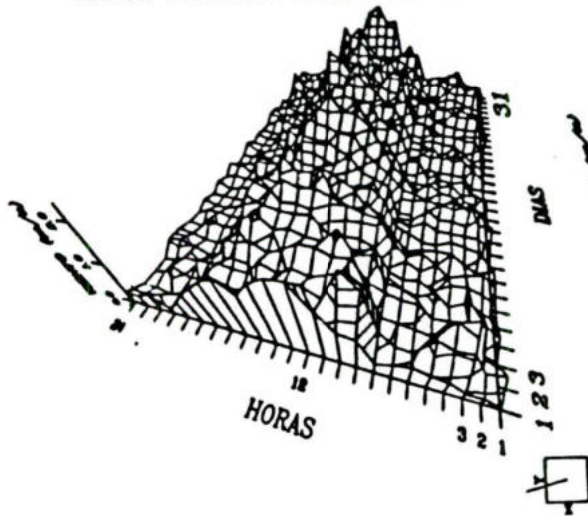
BARRANQUITAS ENERO 1980-85



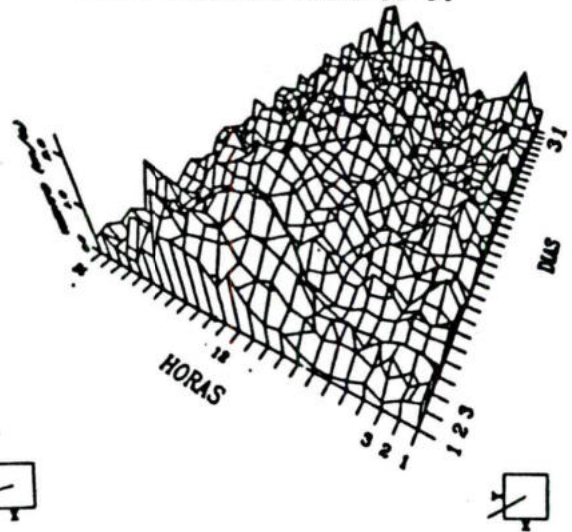
BARRANQUITAS JULIO 1980-84



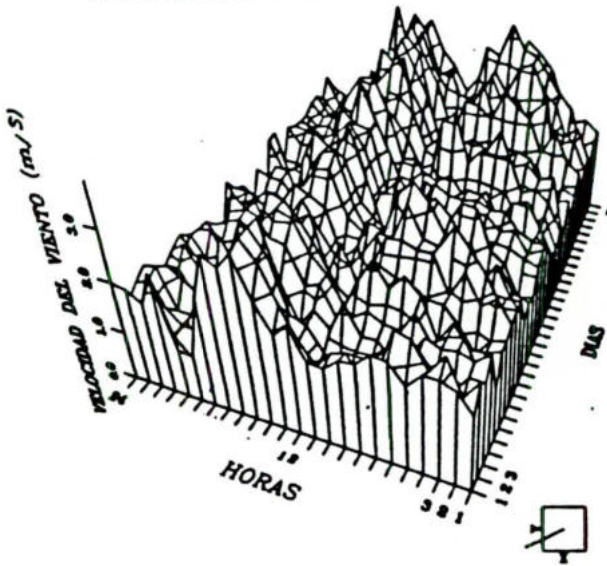
SANTA BARBARA ENERO 80-84



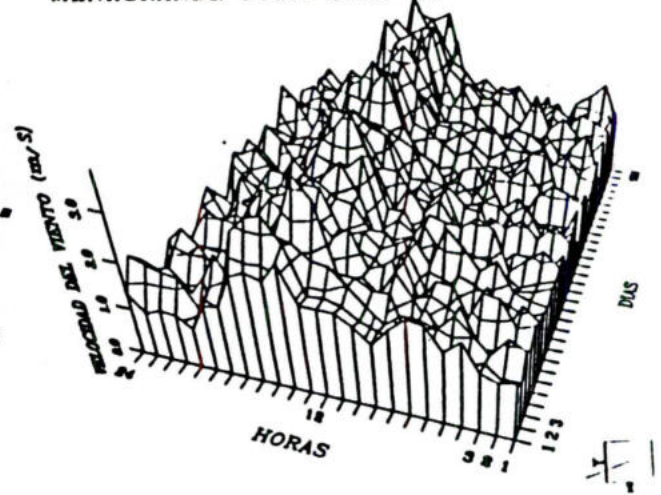
SANTA BARBARA JULIO 80-84



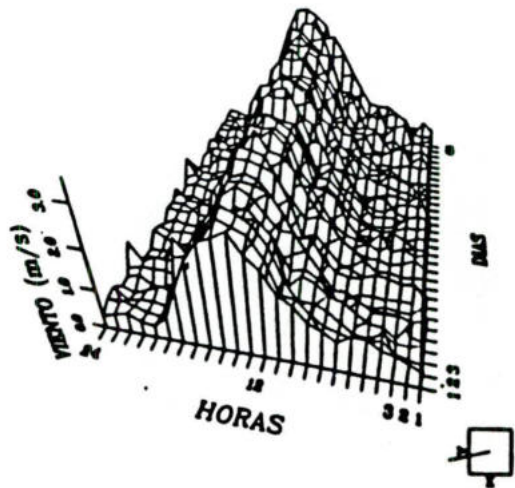
MENEGRANDE ENERO 1980-85



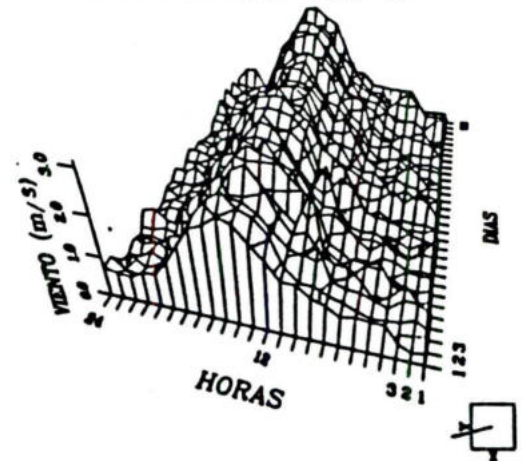
MENEGRANDE JULIO 1980-85



CANAL VOC ENERO 1981-85,87



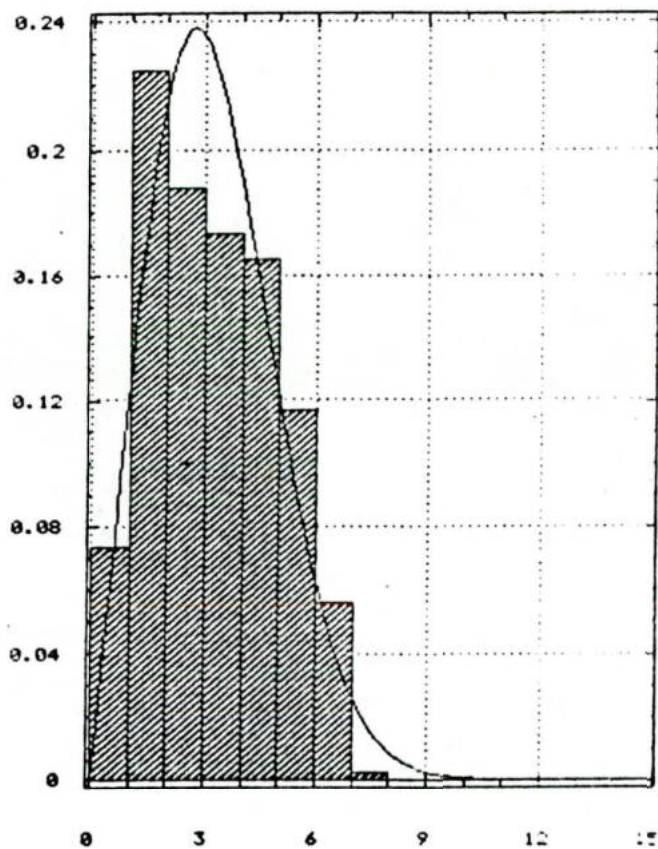
CANAL VOC JULIO 1980-87



**ANEXO H.**  
**CURVAS DE FRECUENCIA DE**  
**VELOCIDAD WEIBULL.**

CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

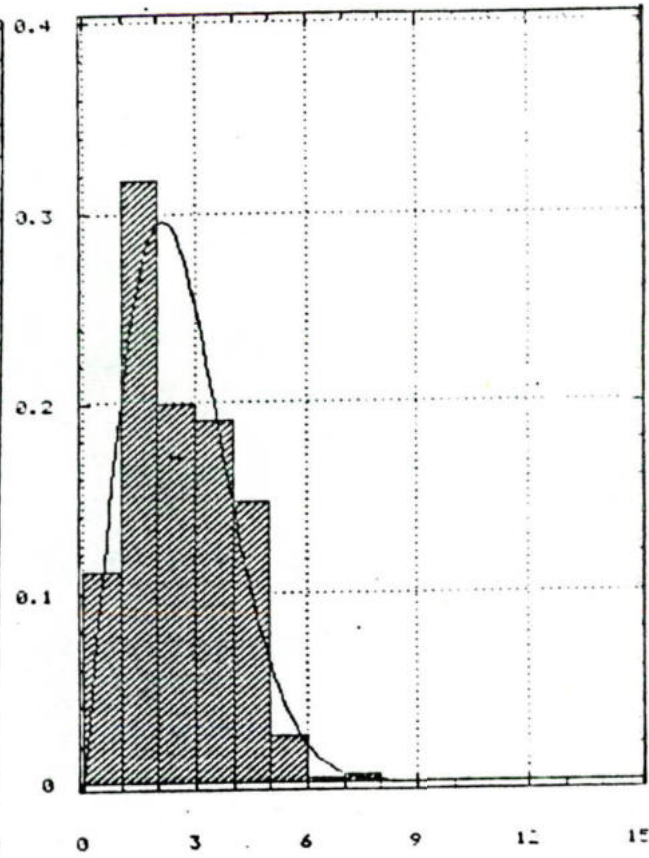
MUELLE JOSE 3 ENERO 1989  $K=2.09$   $C=3.71$



VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

MUELLE JOSE 3 JULIO 1989  $K=2.04$   $C=2.94$

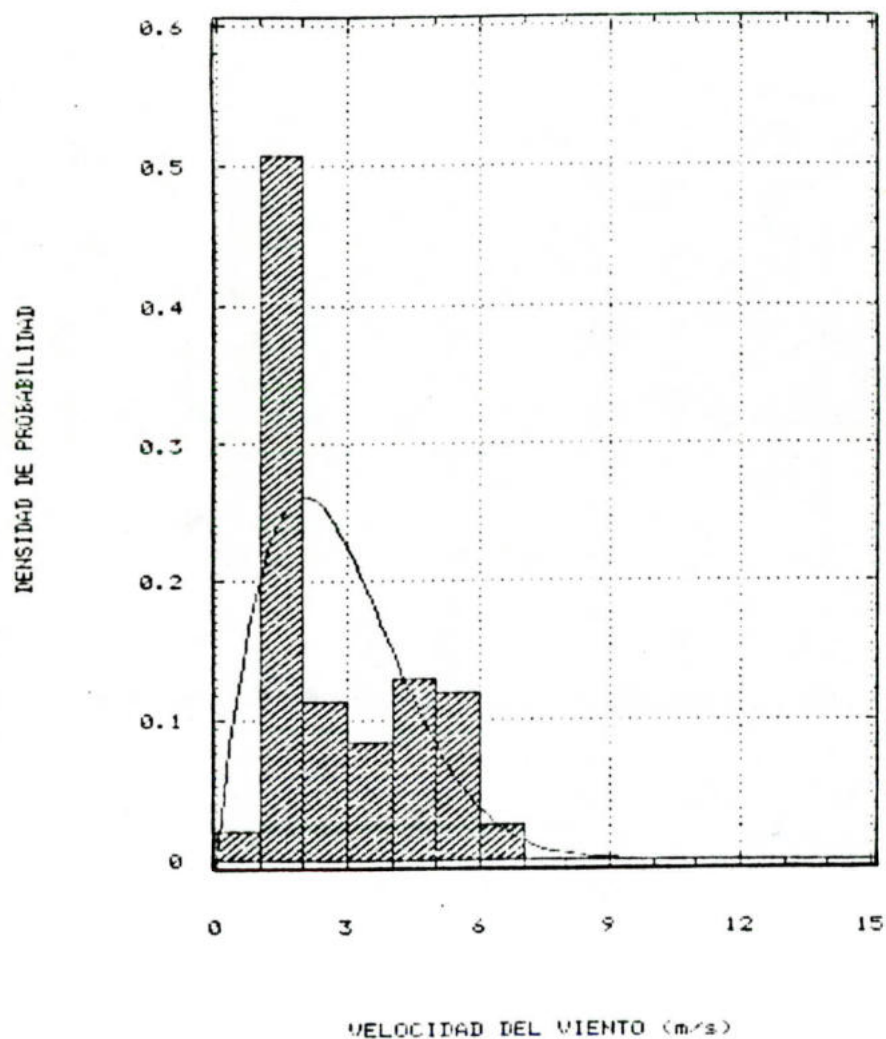


VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

DENSIDAD DE FRECUENCIA

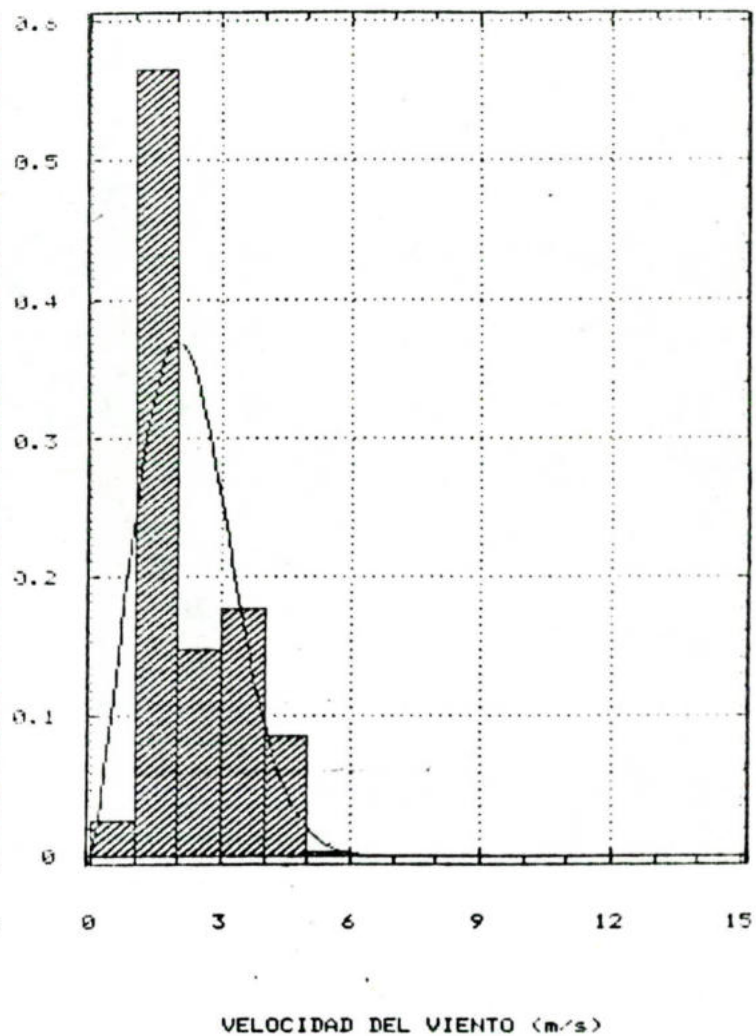
CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

BARCELONA ENERO 1980-89 K=1.8 C=3.1



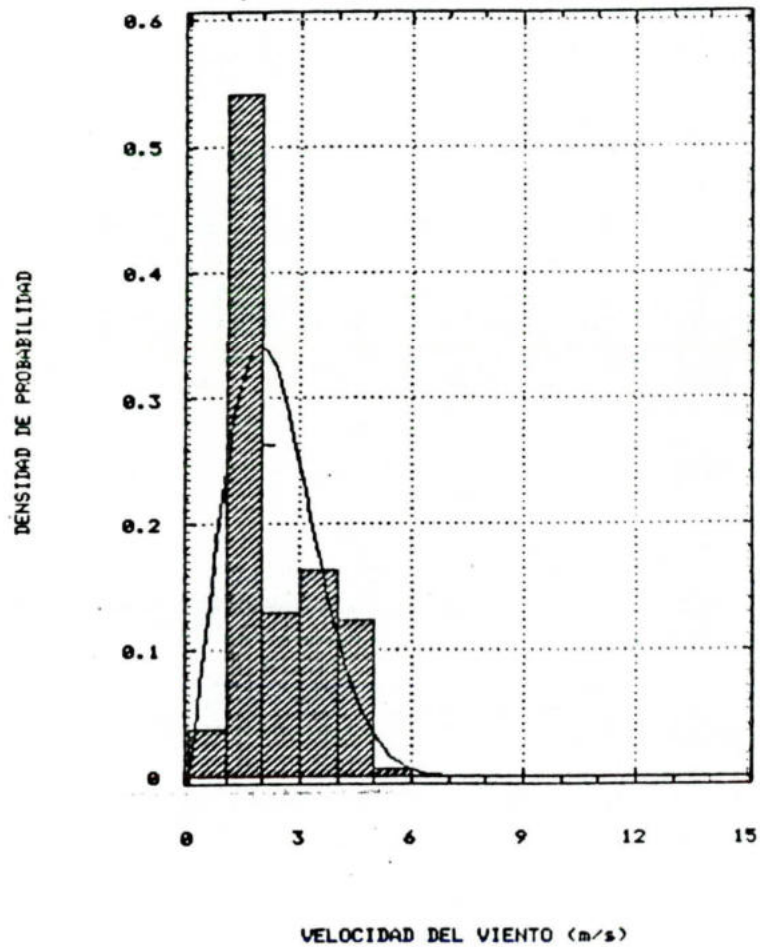
CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

BARCELONA JULIO 1980-89 K=2.3 C=2.5



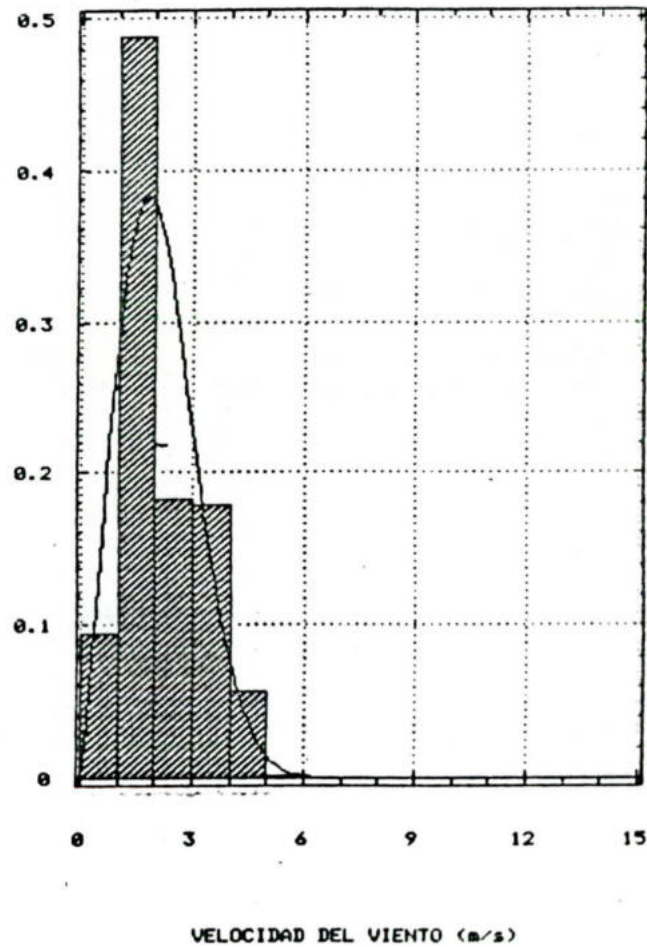
CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

CARUPANO ENERO 1983-89  $K=2.12$   $C=2.61$



CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

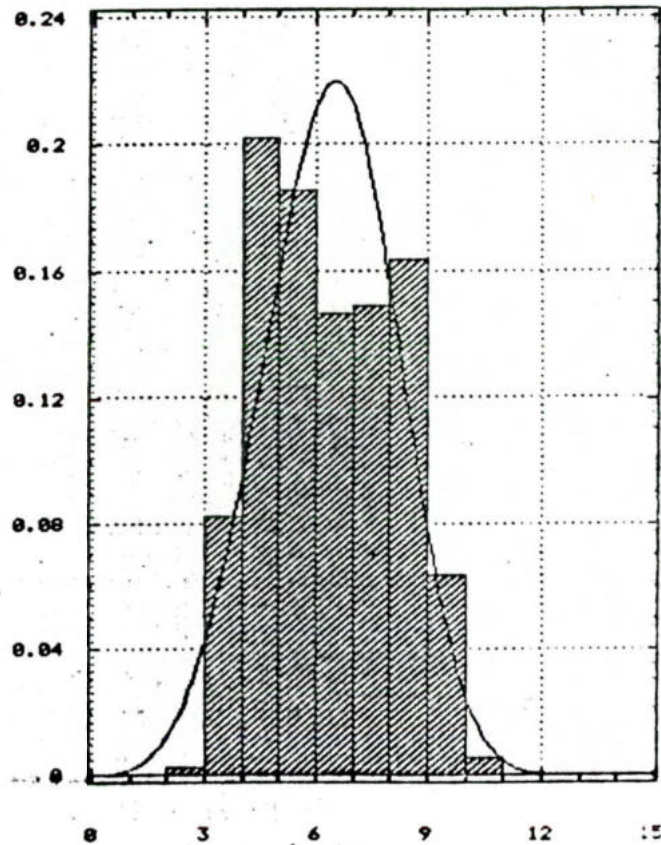
CARUPANO JULIO 1983-89  $K=2.17$   $C=2.37$



CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

PORLAMAR ENERO 1985-89 K=4.04 C=7.00

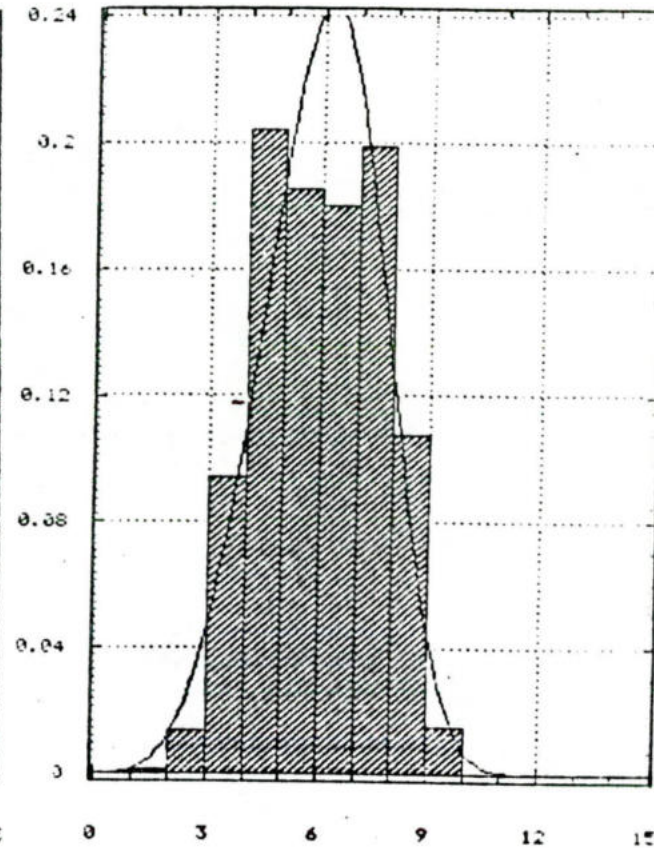
DEJIDAD DE PROBABILIDAD



VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

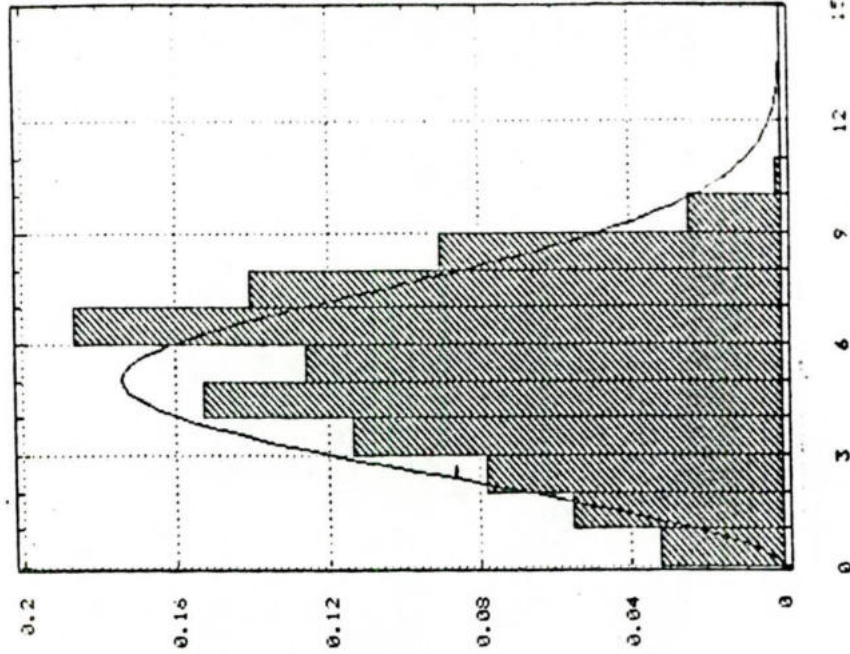
PORLAMAR JULIO 1985-89 K=4.26 C=6.52



VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

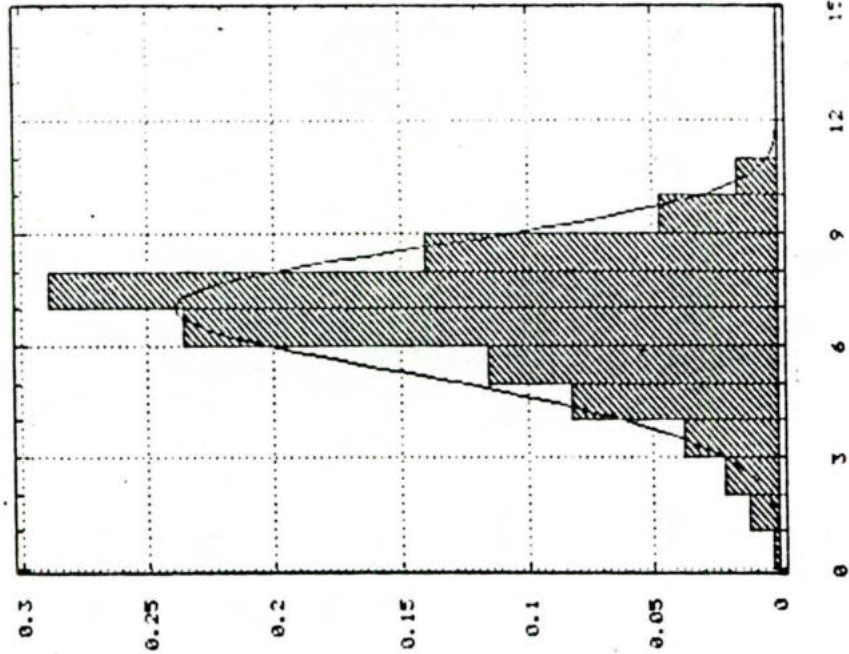
CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIFJLL

ESTACION A JULIO 1978 K=2.62 C=6.37



CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIFJLL

ESTACION A ENERO 1978 K=4.69 C=7.77



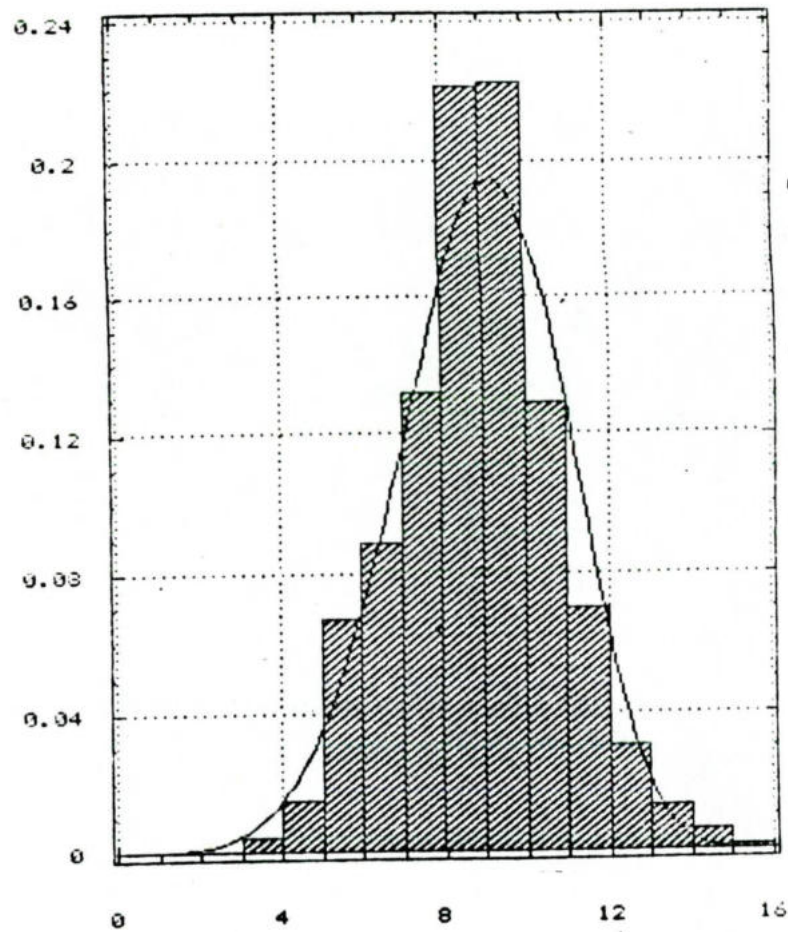
CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

LOS MONJES ENERO 1988-89 K=5.0 C=9.6

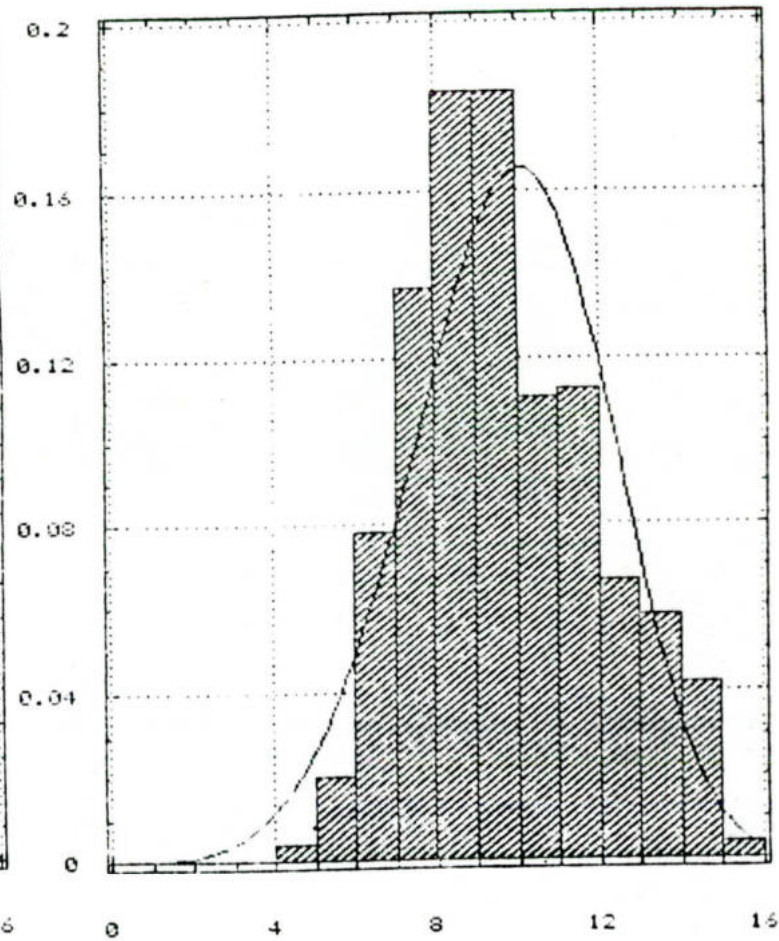
CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

LOS MONJES JULIO 1983 K=4.7 C=10.7

INTENSIDAD DE PROBABILIDAD



VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)



VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

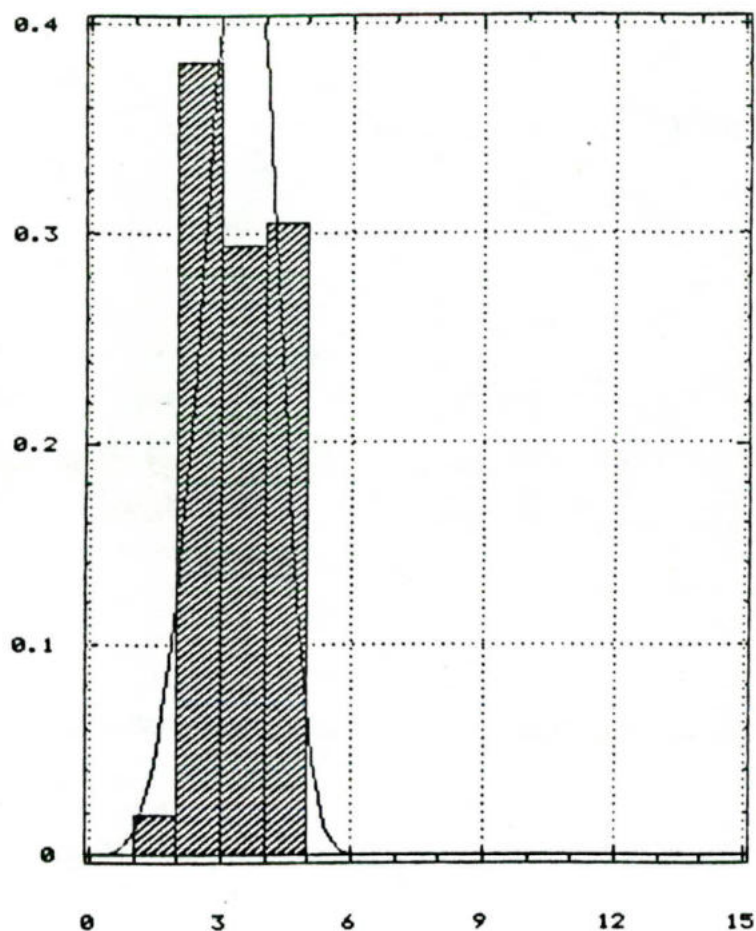
CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

PUNTO FIJO ENERO 1980-89 K=4.59 C=3.67

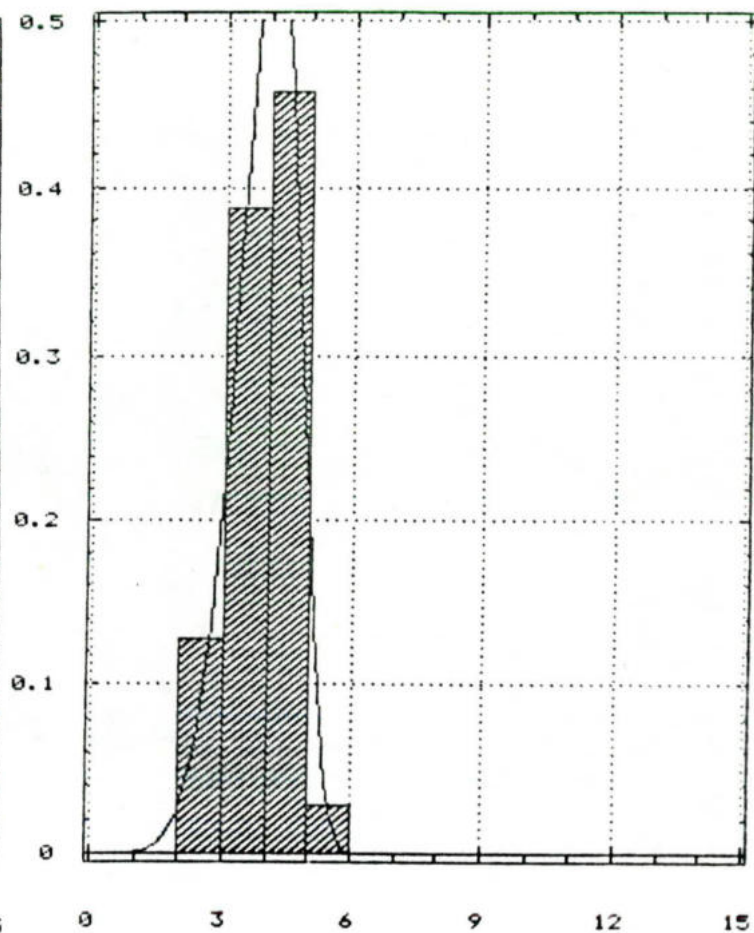
CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

PUNTOFIJO JULIO 1980-89 K=6.35 C=4.19

DENSIDAD DE PROBABILIDAD



VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

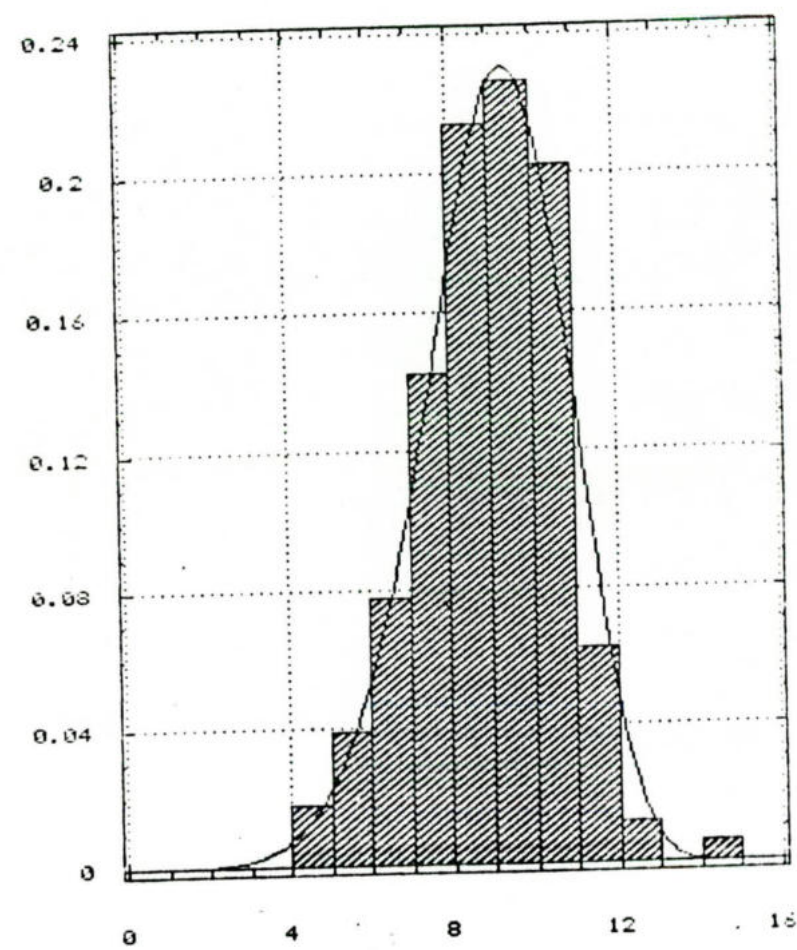


VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

PARAGUAIPOA ENERO 1990 K=6.0 C=9.7

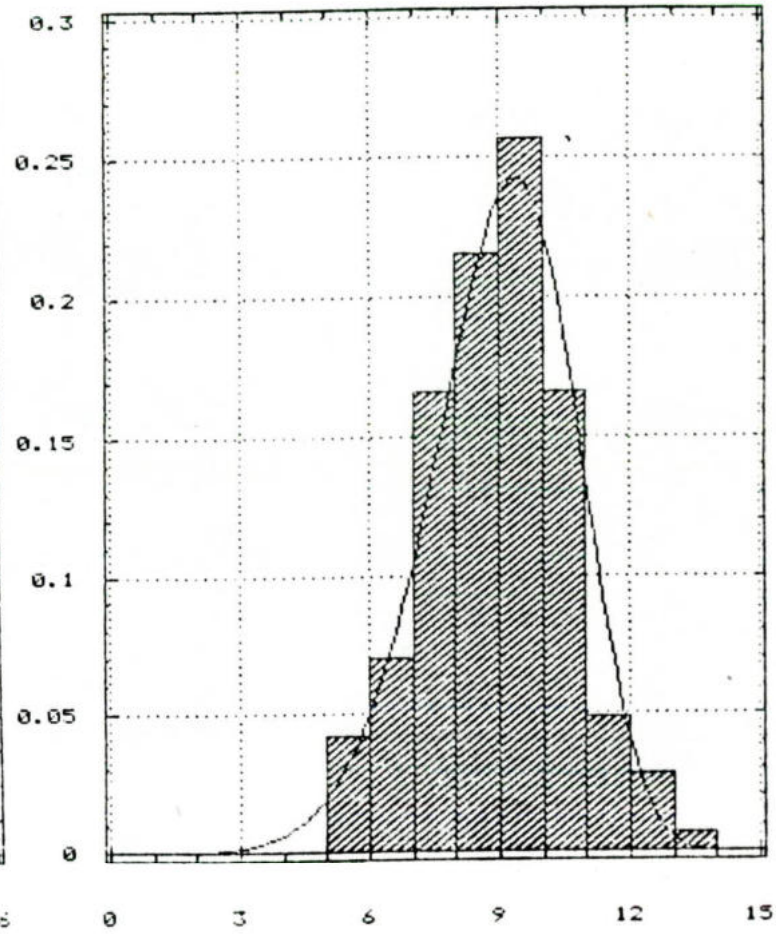
DENSIDAD DE FRECUENCIA



VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

PARAGUAIPOA JUNIO 1990 K=6.3 C=9.7

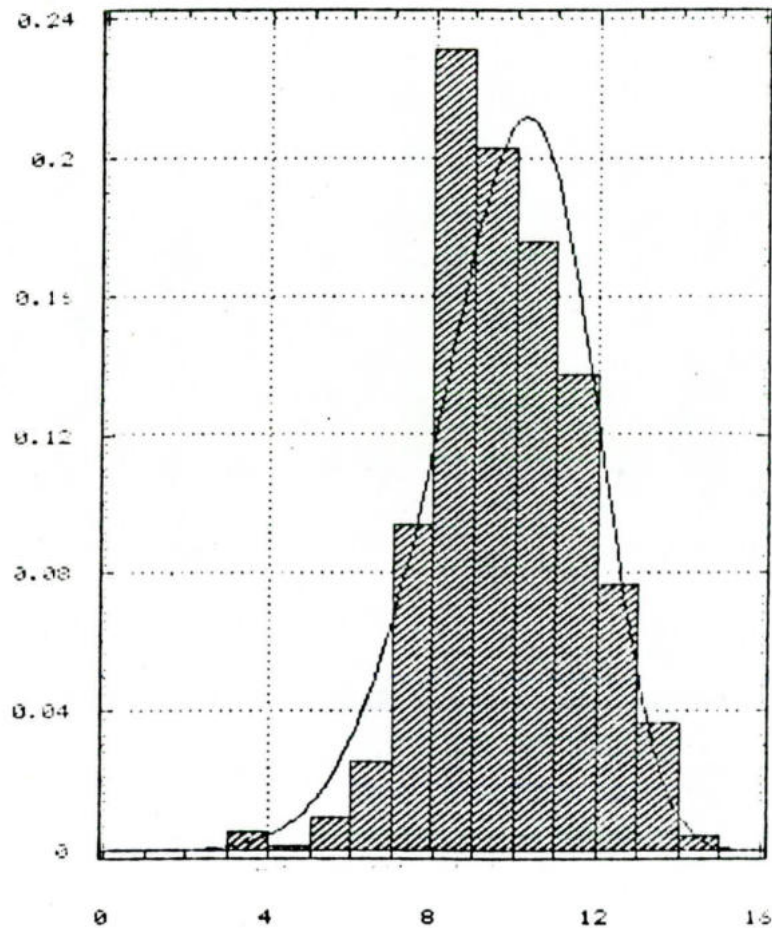


VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

ISLA ZAPARA MARZO 1990 K=6.0 C=10.6

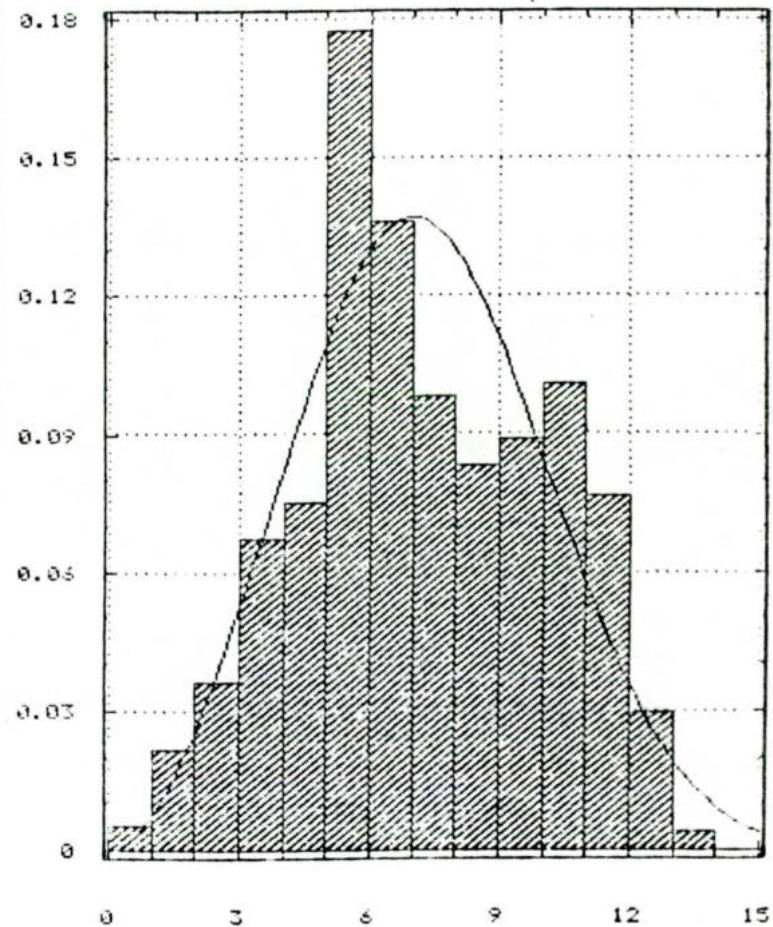
PROBABILIDAD DE FRECUENCIA



VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

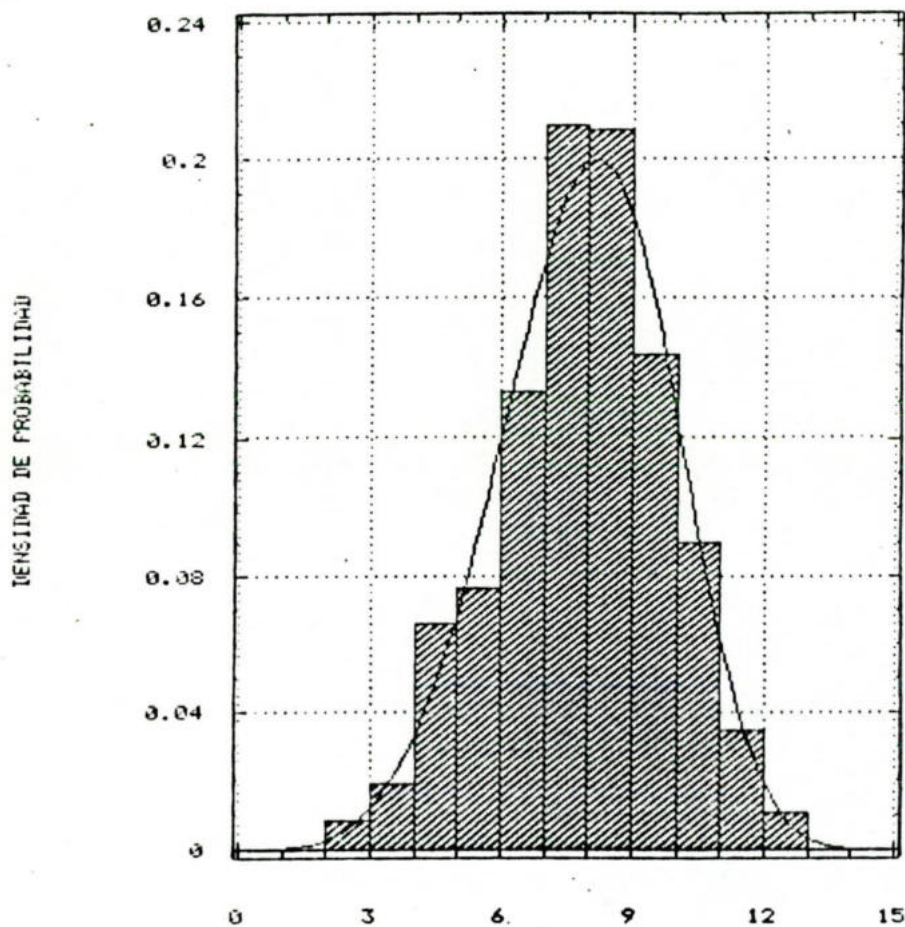
ISLA ZAPARA JULIO 1988 K=2.8 C=8.1



VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

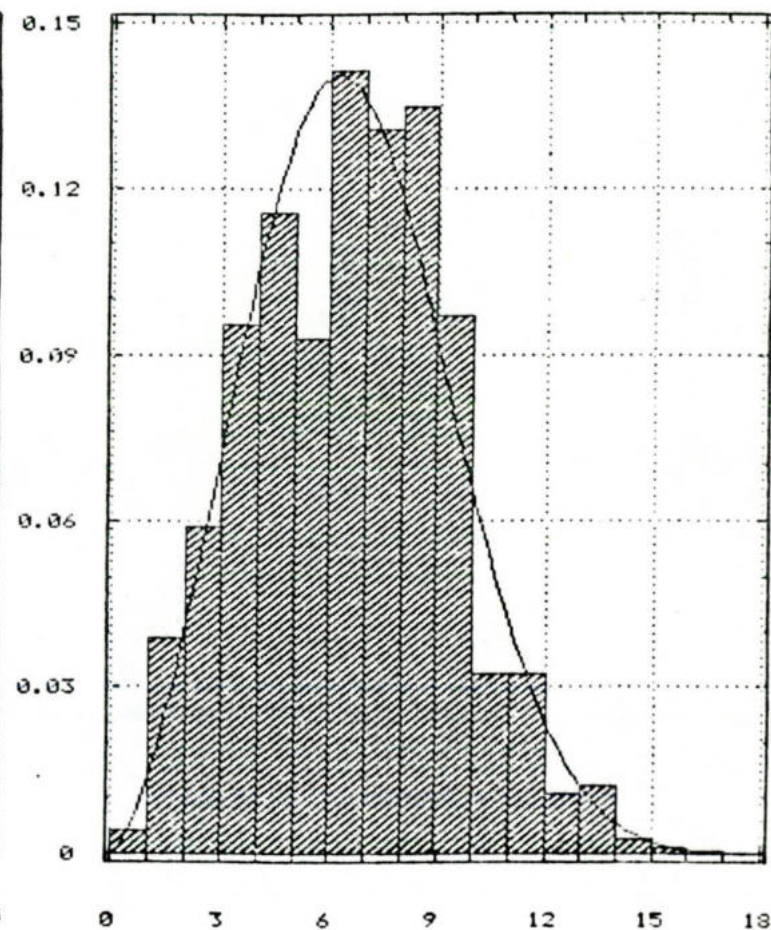
CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

SANTA CRUZ ENERO 1989-90  $K=4.6$   $C=8.6$



CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

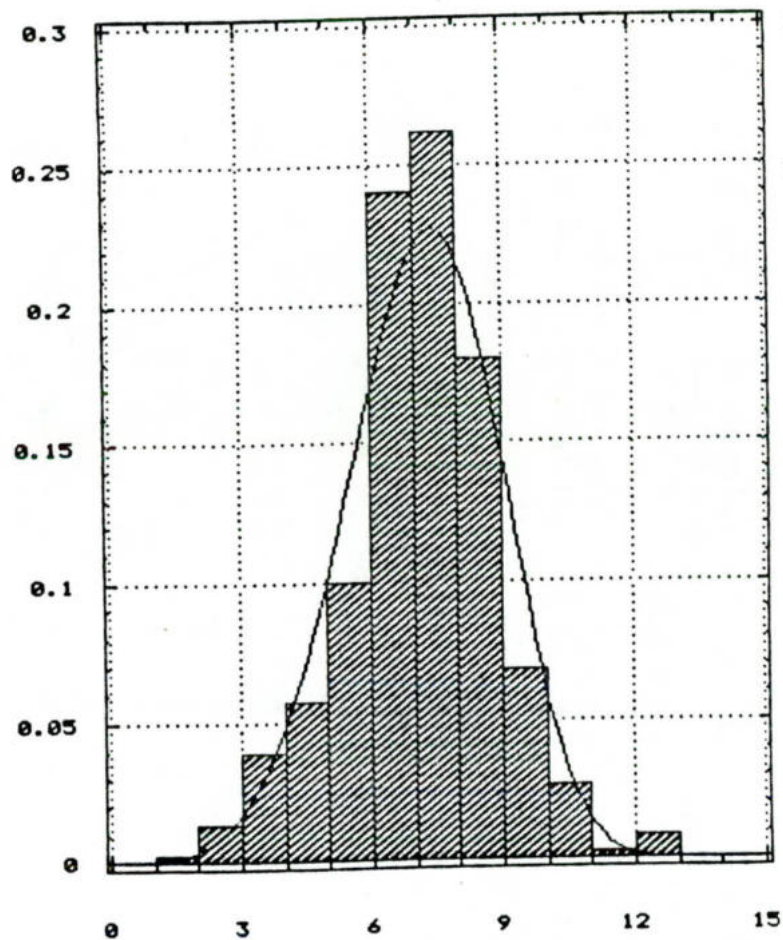
SANTA CRUZ JULIO 1989  $K=2.6$   $C=7.5$



CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

EL TABLAZO ENERO 1985  $K=4.71$   $C=7.81$

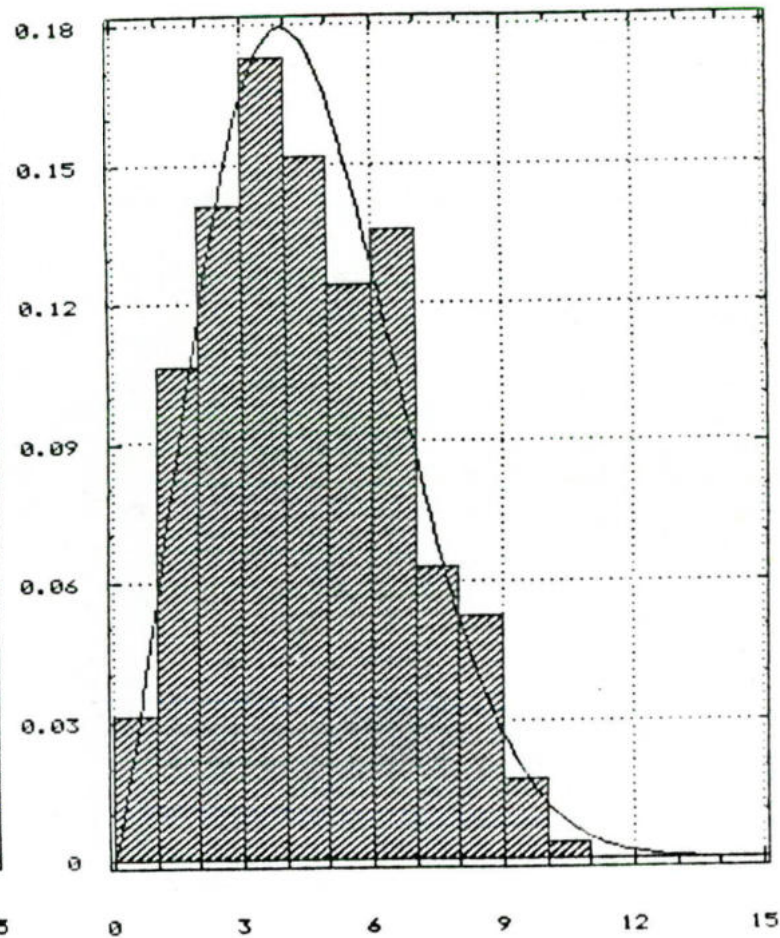
DENSIDAD DE PROBABILIDAD



VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

EL TABLAZO OCTUBRE 1984  $K=2.23$   $C=5.15$

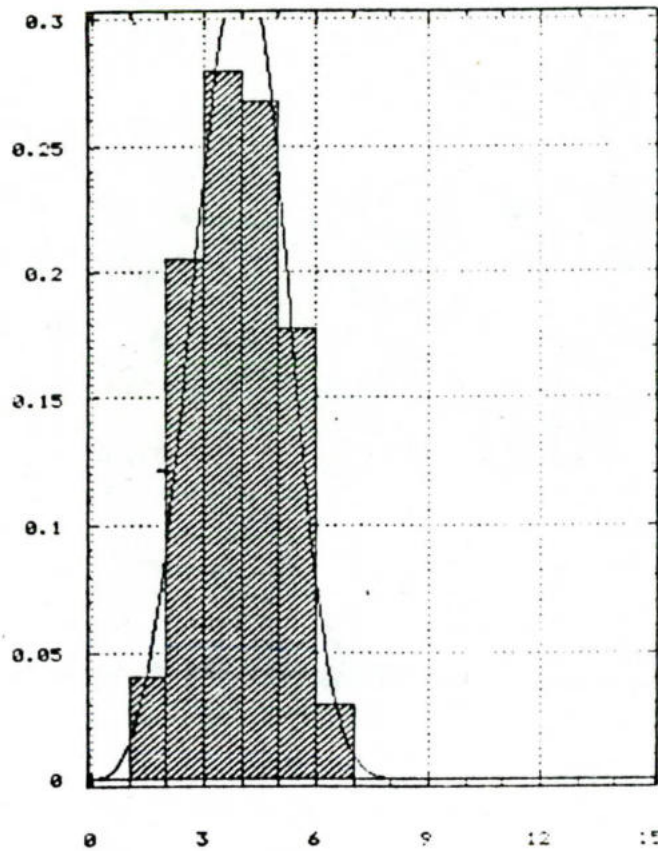


VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

MARACAIBO LUZ ENERO 1982-84 K=3.7 C=4.4

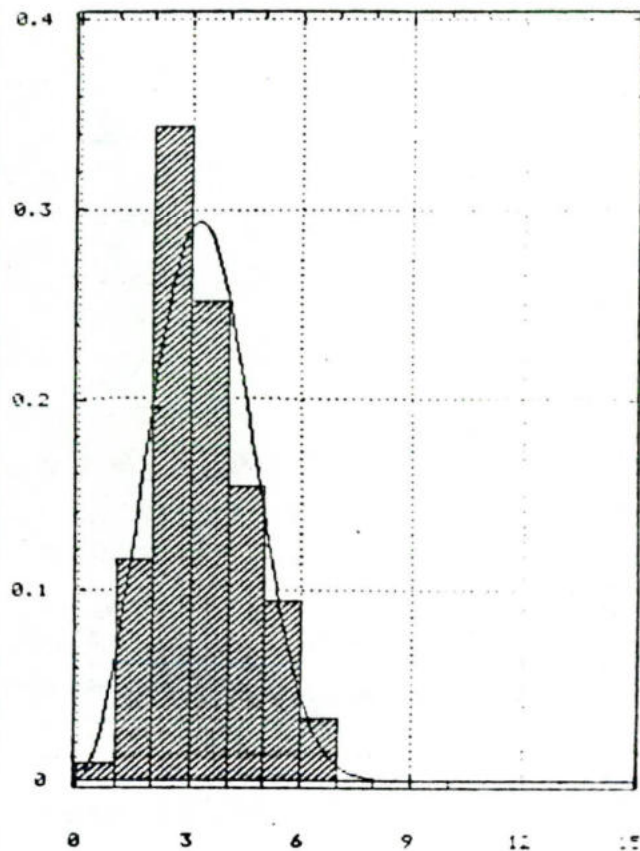
· DENSIDAD DE PROBABILIDAD



VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

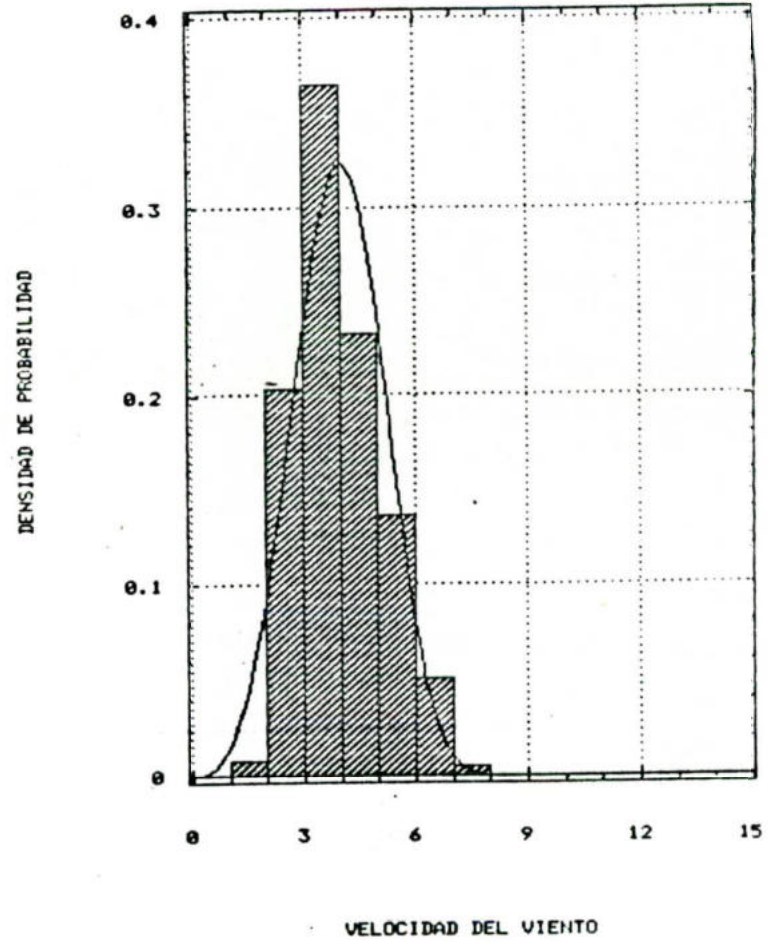
CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

MARACAIBO LUZ JULIO 1981-83 K=2.2 C=7.1

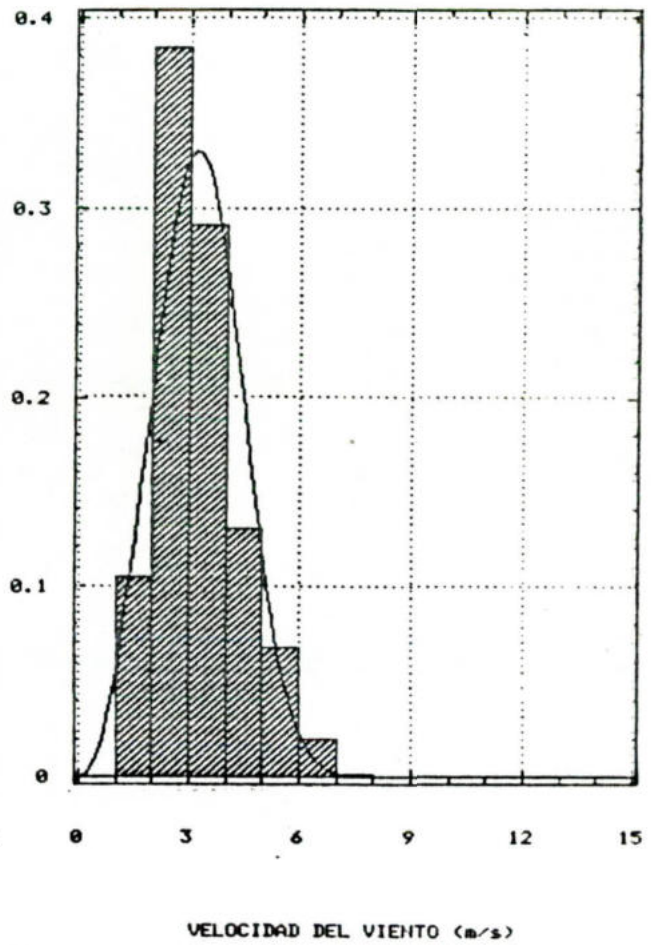


VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL  
 LA CAÑADA ENERO 1982-85 K=3.71 C=4.33

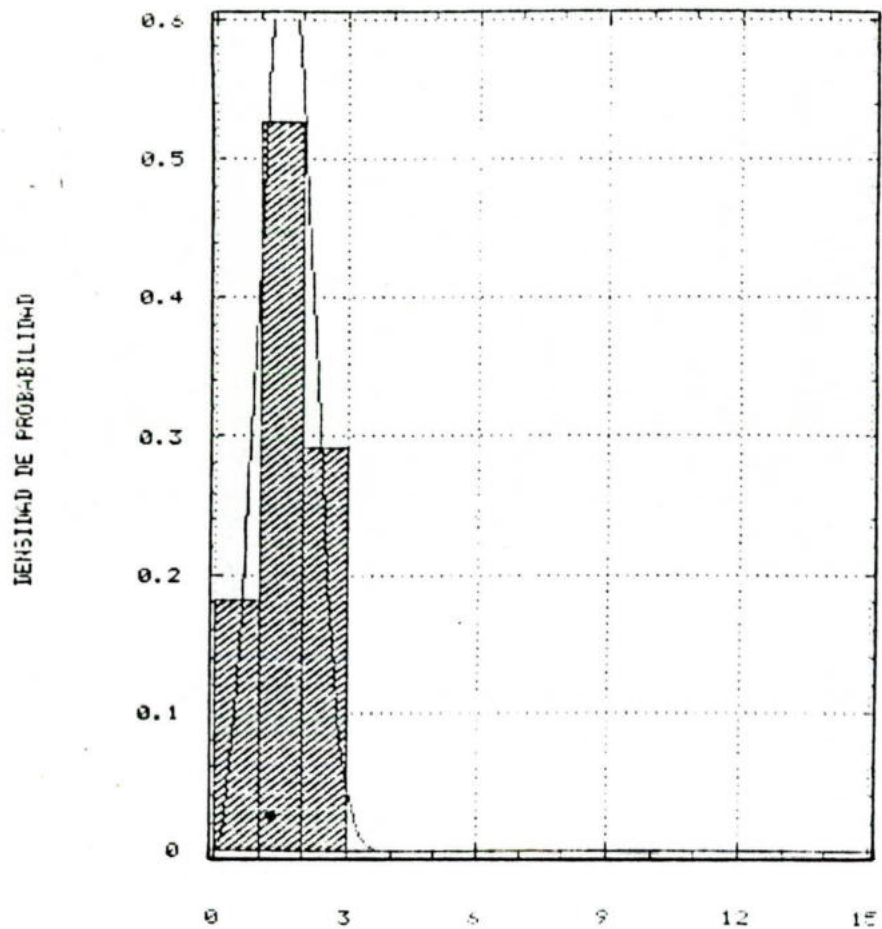


CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL  
 LA CAÑADA JULIO 1982-85 K=3.08 C=3.64



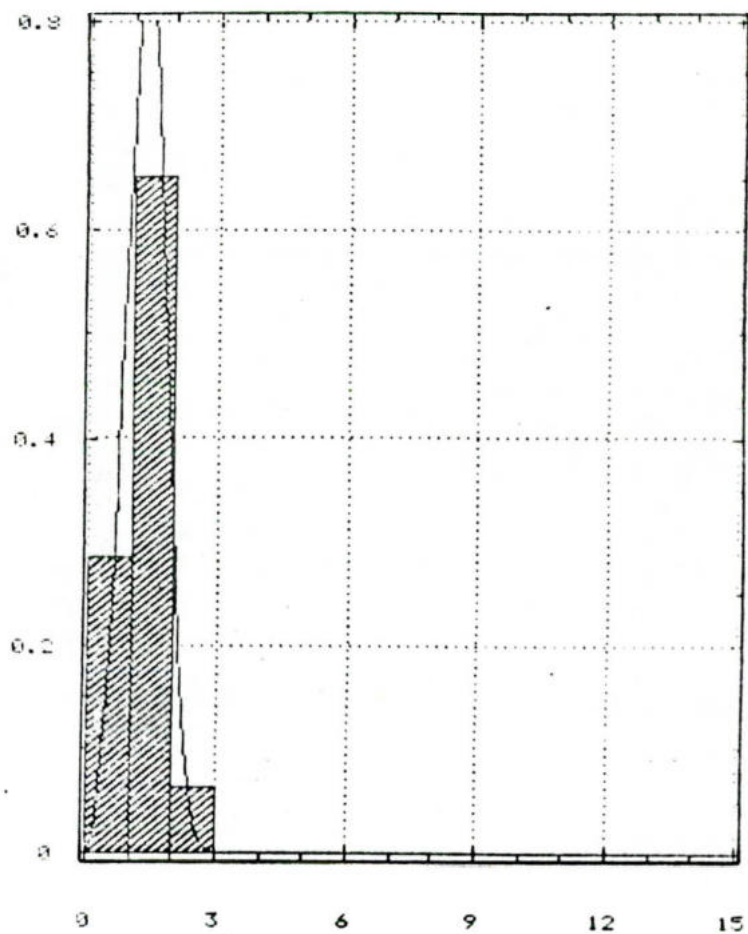
CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

BARRANQUITAS ENERO 1980-85  $K=3.0$   $C=1.8$



CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

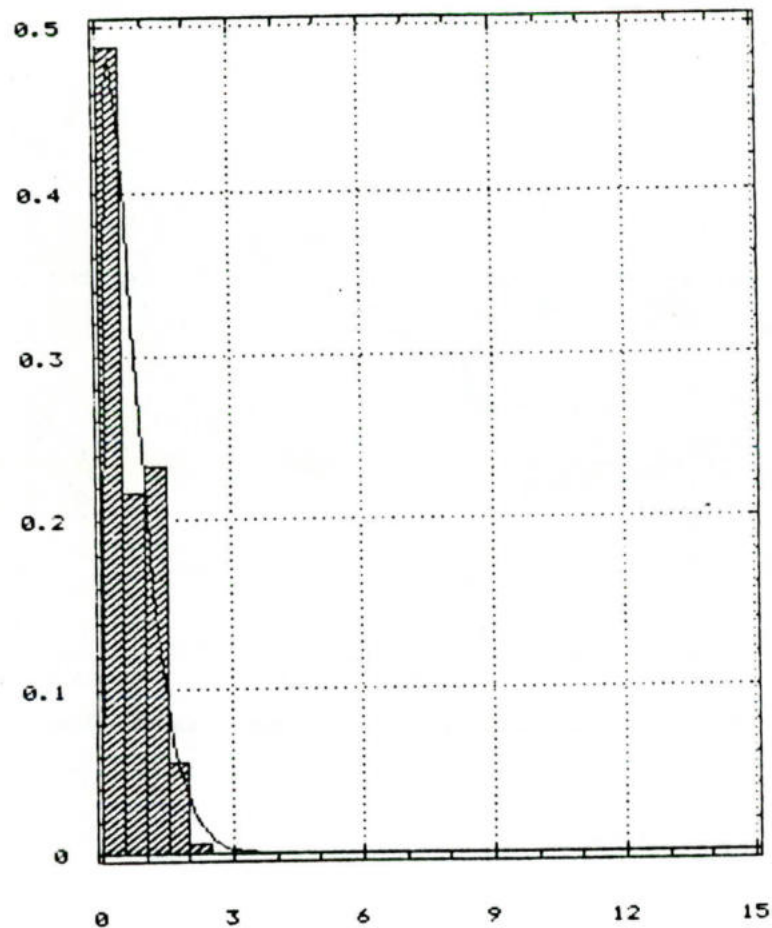
BARRANQUITAS JULIO 1980-84  $K=3.2$   $C=1.5$



CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

SANTA BARBARA ENERO 1980-84 K=1.3 C=0.7

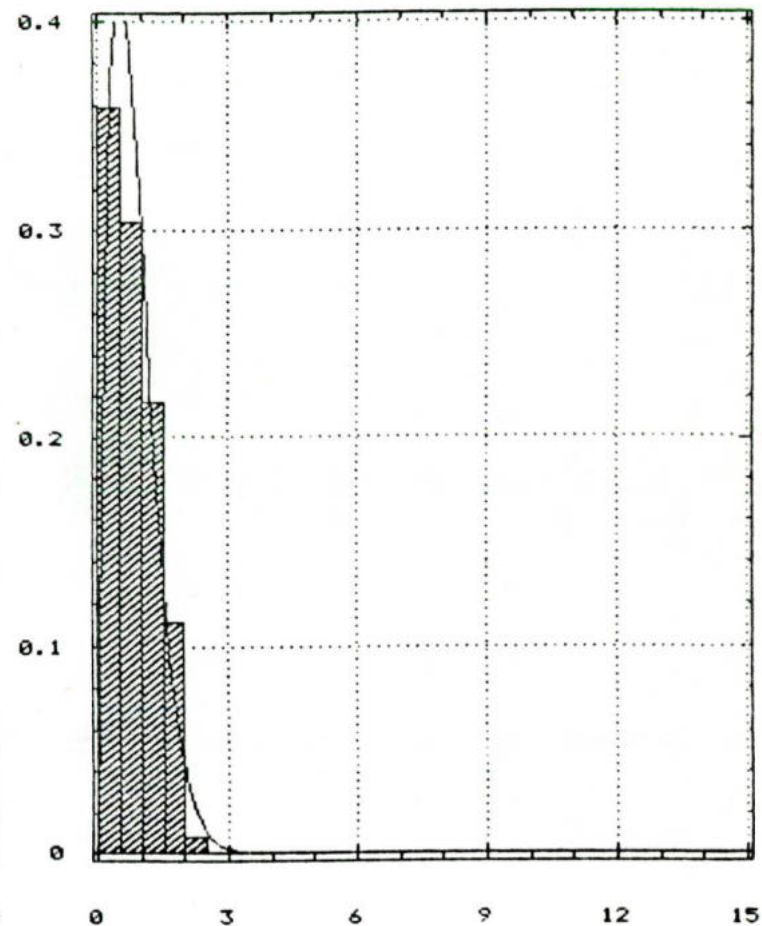
DENSIDAD DE PROBABILIDAD



VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

SANTA BARBARA JULIO 1980-84 K=1.6 C=0.9

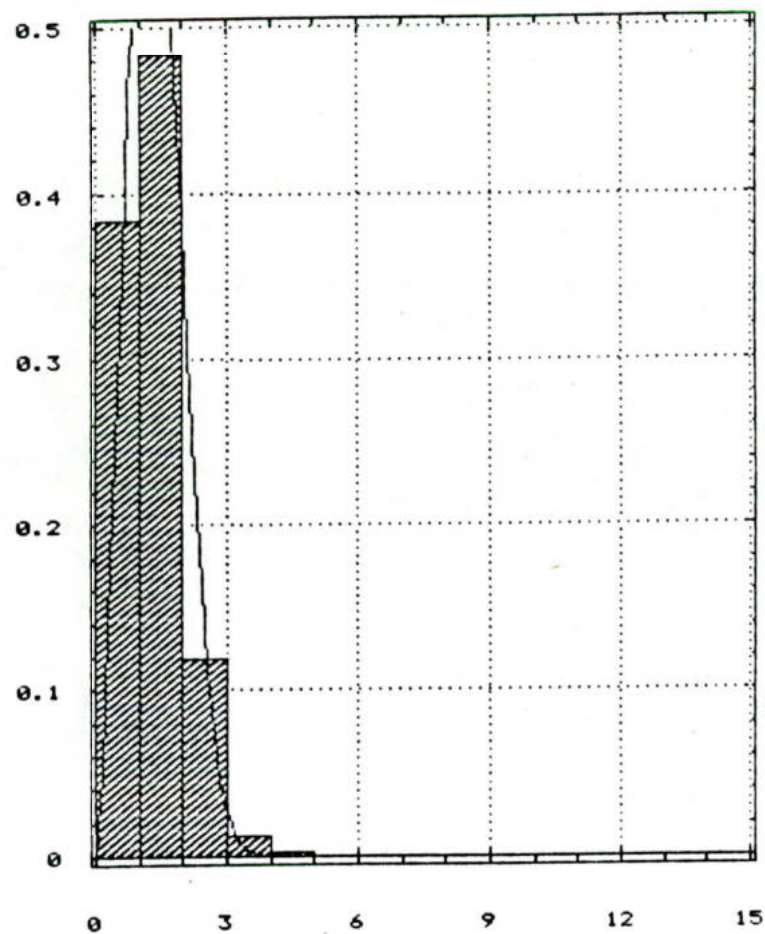


VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

MENEGAS ENERO 1984  $K=2.46$   $C=1.56$

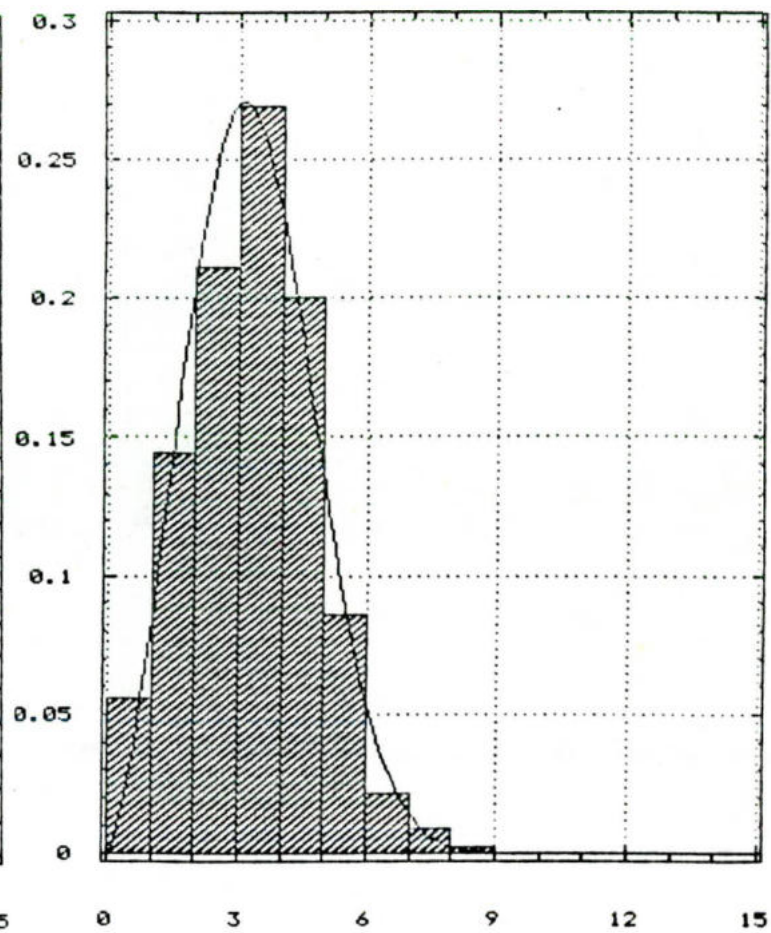
DENSIDAD DE PROBABILIDAD



VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

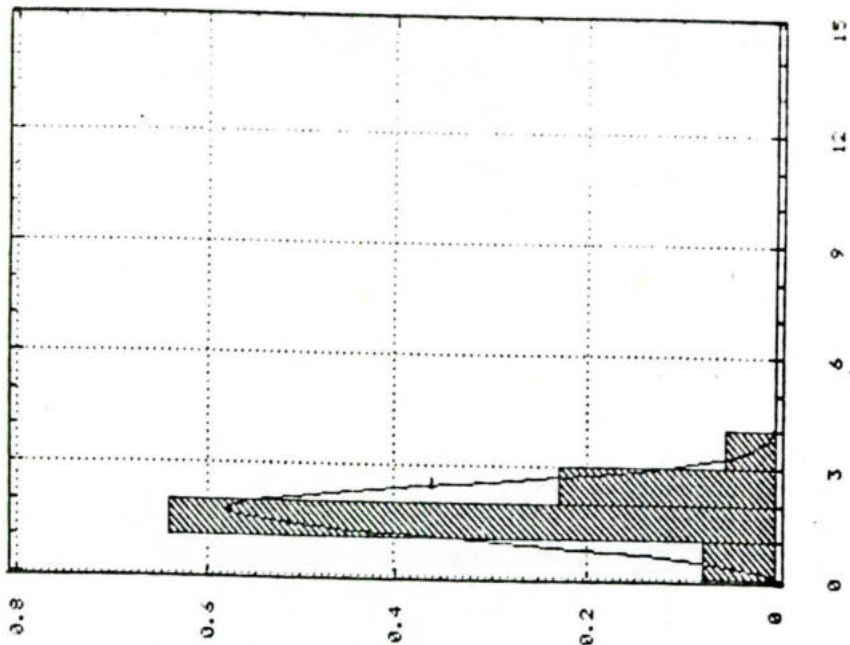
MENEGAS JULIO 1984  $K=2.53$   $C=3.77$



VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD MEIBULL

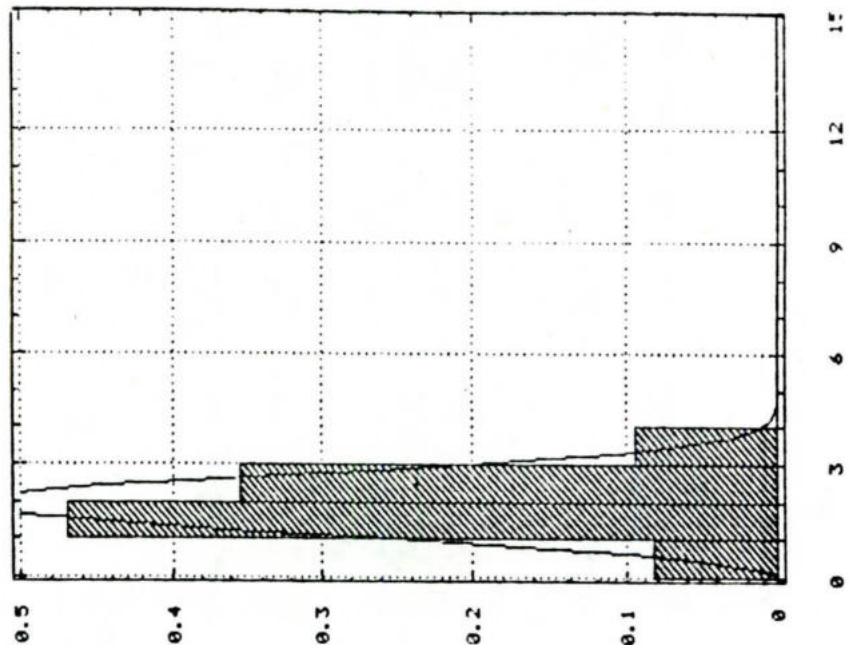
MENEGRANDE JULIO 1980-85  $K=2.54$   $C=1.77$



VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD MEIBULL

MENEGRANDE ENERO 1980-85  $K=3.01$   $C=2.21$

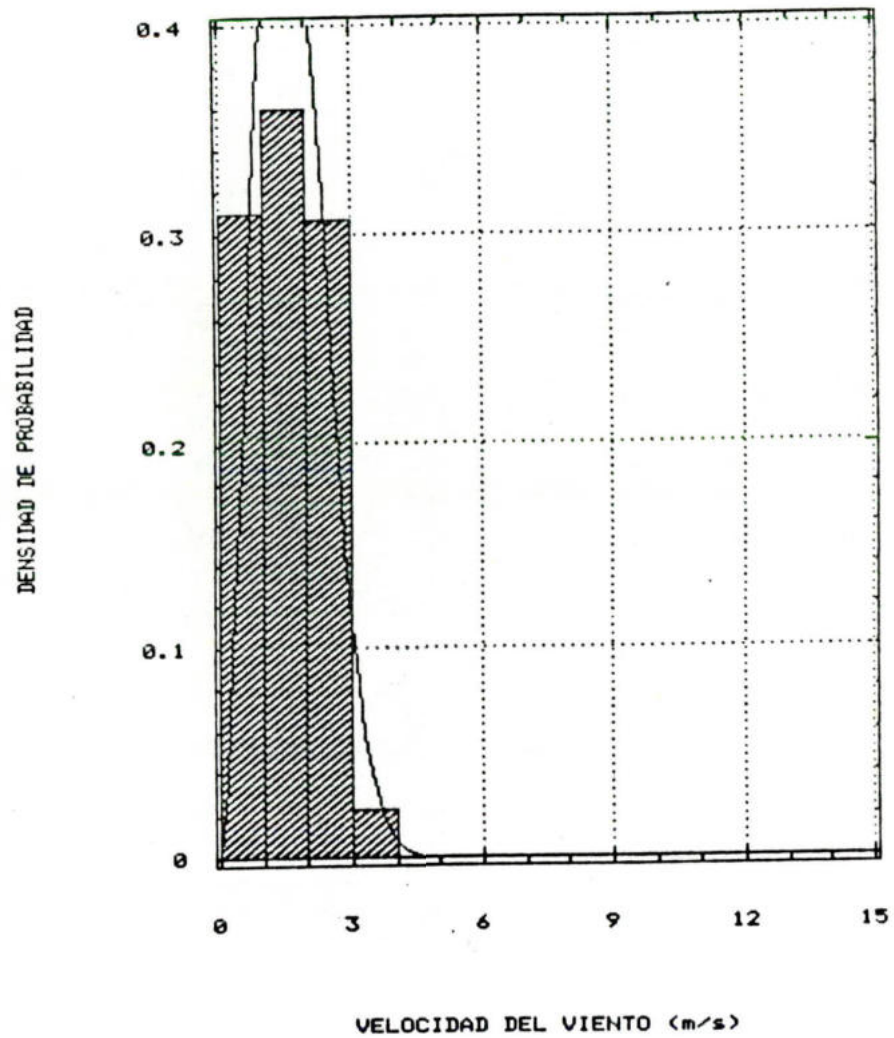


VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

MECANISMO DE PROBABILIDAD

CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

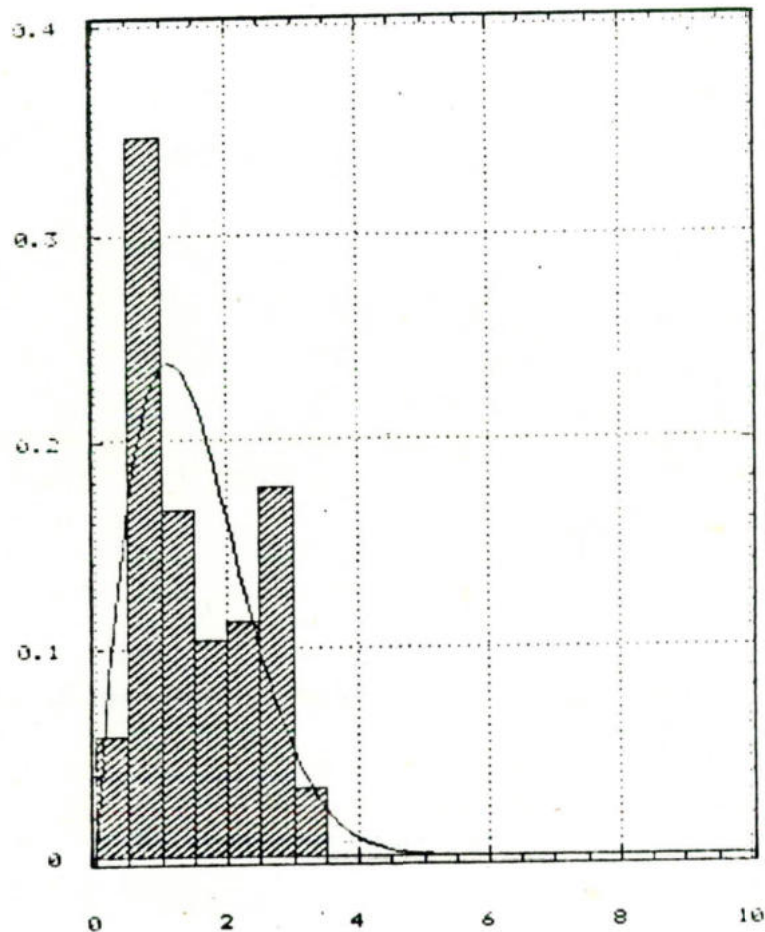
BACHAQUERO ENERO 1984 K=2.41 C=1.88



CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

CANAL VOC ENERO 1981-85,87 K=1.8 C=1.7

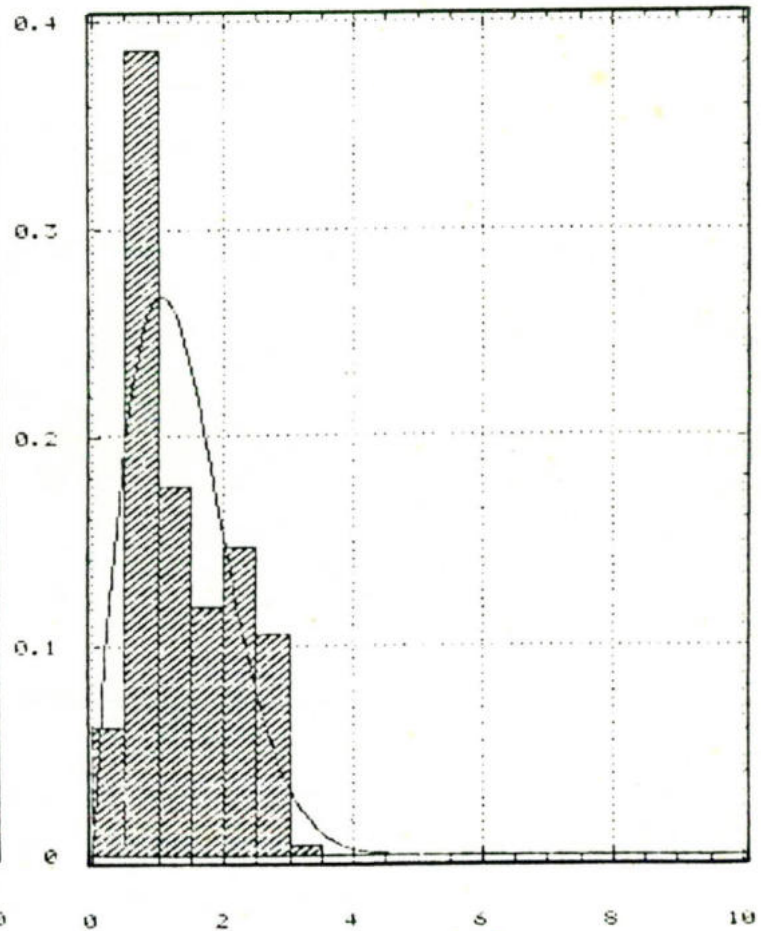
DENSIDAD DE PROBABILIDAD



VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

CURVA DE FRECUENCIA DE VELOCIDAD WEIBULL

CANAL VOC JULIO 1980-87 K=1.9 C=1.5



VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

