

Principales particularidades del viento en la capa fronteriza planetaria sobre Casa Blanca.

Autor: ALFREDO ROQUE RODRÍGUEZ

Instituto de Meteorología, Centro de Física de la Atmósfera. E-mail: aroque@met.inf.cu

Resumen

En este trabajo se hace un estudio de las principales particularidades del viento en la estación de Casa Blanca a partir de la información aerológica comprendida entre los años 1993 - 2000 a las 1200 GMT, con el objetivo de conocer como actúa el mismo en la dispersión de los contaminantes provenientes de las fuentes industriales enmarcadas en la región.

En el mismo se muestran los perfiles verticales del viento para todos los meses y para los dos períodos característicos del año en nuestro país, es decir período poco lluvioso que se extiende de noviembre hasta abril y período lluvioso que abarca los meses de mayo a octubre.

Entre los principales resultados encontrados se observa un máximo de rapidez del viento entre 200 y 500 m de altura que con frecuencia supera los 10 m/s en cualquier época del año, advirtiendo la posible existencia del chorro de los bajos niveles. El rumbo principal del viento se ubica entre el E y SE durante todo el año en casi todas las capas analizadas hasta los 4 km de altura.

Palabras claves: Perfil vertical del viento, dispersión de contaminantes, chorro de los bajos niveles

Introducción

La evaluación de los niveles de contaminación a que está expuesta la Ciudad de La Habana ha sido abordada en estudios precedentes realizados en diferentes zonas de la misma (Sánchez et al., 2001, Cuesta et al., 2000, Sánchez y Cuesta, 1992).

En general los estudios citados comprendieron investigaciones integradas en ramas, tales como, contaminación, climatología y aerología, identificándose en las conclusiones el papel preponderante del viento en la dispersión de los contaminantes expulsados por fuentes puntuales en las zonas estudiadas.

El viento constituye el parámetro básico del tiempo en los trópicos como regulador del clima, presentando características disímiles en cuanto a su comportamiento de acuerdo a los diversos factores que influyen sobre el (Lecha, 1989), entre los que cabe mencionar la influencia de la superficie de la tierra sobre el flujo de aire, es decir la rugosidad del terreno, que puede variar desde una llanura hasta grandes elevaciones o una zona urbana.

Entre las características generales de la rapidez del viento en las capas bajas de la troposfera está la oscilación diurna de esta magnitud, registrándose valores máximos en el horario diurno cerca de la superficie, mientras en las capas superiores los valores máximos se registran en horas de la noche.

Otra característica del viento identificada por diversos estudios realizados en nuestro país (Alvarez, et al., 1990, López et al., 1988, López et al., 1993),

Amaro et al., 1985, Amaro et al., 1988, Amaro et al., 1994) es la ocurrencia de valores máximos por debajo del primer kilómetro de altura, los que se presentan con mayor frecuencia por debajo de los 500 m sobre el nivel del mar.

Algunos de estos máximos pueden llegar a ser considerados como Chorro de los Bajos Niveles (ChBN), un fenómeno ampliamente estudiado desde 1950 (Blackadar 1957, Bonner, 1988, Roque, 1991, Roque y Amaro, 1998).

El estudio aborda el comportamiento del perfil vertical del viento en Casa Blanca durante el período 1993 - 2000. Un estudio similar fue realizado en esta misma estación (Pérez y Hechavarría, 1987) con datos de radiosondas efectuados entre los años 1957 y 1962, es decir datos de hace más de 30 años, lo cual carece de actualidad para los objetivos de este trabajo, siendo útil no obstante, como estudio de comparación. En el mismo se obtuvo como conclusión que en las capas hasta los 5 km de altura predominan los vientos del este (E) y a partir de octubre, con el inicio de la temporada invernal comienzan a predominar los vientos con componente oeste (W) por encima de los 3 km de altura. Los valores medios de la rapidez del viento llegaron a superar los 6 m/s con cierta frecuencia.

Dada la influencia que el viento ejerce en la propagación y difusión de contaminantes atmosféricos, el objetivo de este trabajo es el estudio de las variaciones que experimenta el viento hasta los 4 km de altura, incluyendo los rumbos predominantes y sus valores máximos para cada nivel seleccionado.

Materiales y métodos

Para la realización del siguiente trabajo, se empleó la información de la base de datos aerológicos de la estación Casa Blanca proveniente tanto de la estación de radar aerológico AVK-1 (años 1993 - 1994) con radiosondas del tipo MRZ-3A y MARZ 2.0, como los realizados por la técnica de globo piloto (1995 - 2000), a las 7 de la mañana hora local ó 1200 GMT. Estos datos fueron objetos de un riguroso chequeo crítico antes de su almacenamiento.

En total se procesaron 1067 sondeos, de los cuales se extrajeron los datos de dirección y rapidez del viento para los niveles seleccionados, cada 100 m a partir de superficie hasta los 500 m, a partir de aquí cada 250 m hasta el nivel de 2000 m, a continuación cada 500m hasta los 3000 m y por último una capa de 1000 m hasta 4000 m. En total fueron 15 niveles que son: superficie, 100, 200, 300, 400, 500, 750, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2500, 3000 y 4000.

Se determinaron los valores medios por nivel de la rapidez del viento y su distribución por rumbos para los 8 puntos del compás, es decir Norte (N), Noreste (NE), Este (E), Sudeste (SE), Sur (S), Suroeste (SW), Oeste (W) y Noroeste (NW). Paralelamente se determinaron los máximos mensuales de la rapidez del viento en cada nivel.

La información se analizó también de acuerdo a los 2 períodos estacionales característicos del año en Cuba: Período Poco Lluvioso (noviembre-abril) y Período Lluvioso (mayo-octubre).

Análisis de los resultados

1. Característica del perfil vertical del viento

Las figs. 1.1 y 1.2, muestran el perfil vertical del viento para los 12 meses del año. En ellos se puede apreciar un incremento brusco de la rapidez en los primeros cientos de metros en el interior de la troposfera. Aproximadamente después de los 500 m

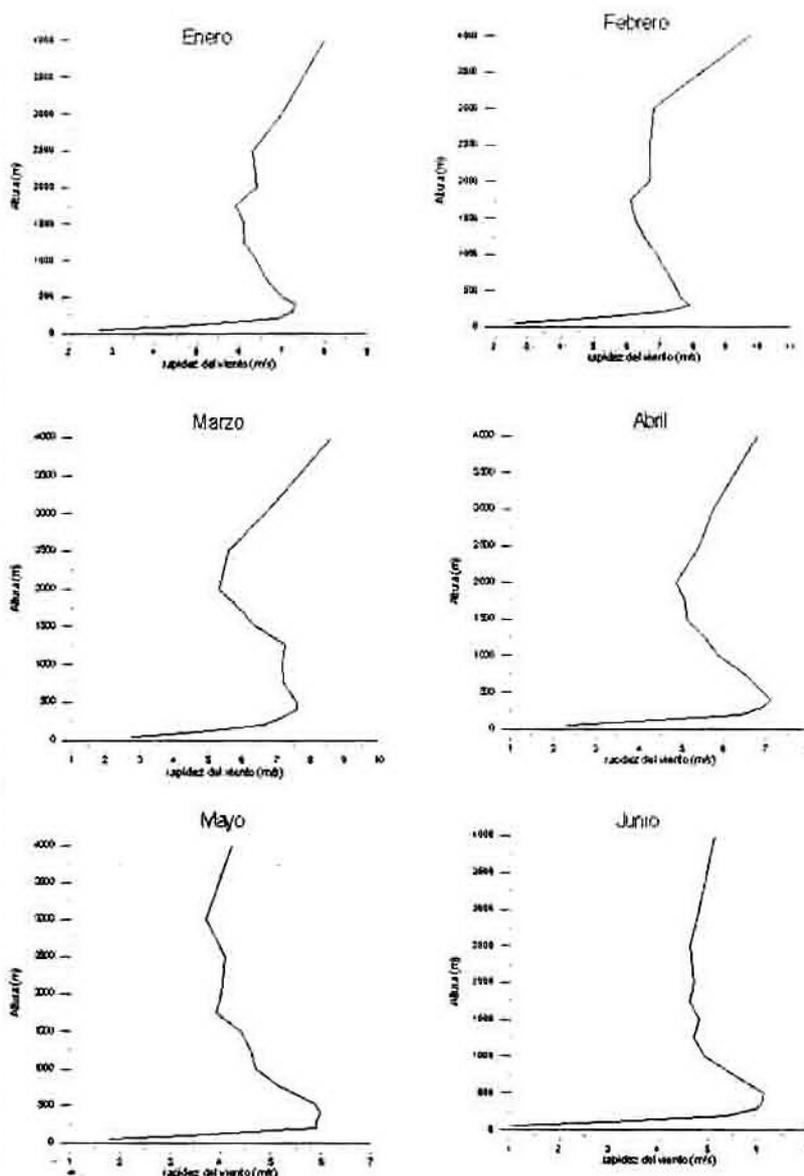


Fig. 1.1. Perfiles verticales del viento para la estación Casa Blanca a las 0700 hora local (1200 GMT) para los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo y junio. Período 1993 - 2000.

de altura experimenta un notable descenso hasta aproximadamente los 1250 m de altura en donde se mantiene más o menos constante hasta que a partir de los 2500 m comienza a aumentar nuevamente como corresponde al comportamiento de esta variable con la altura. Resultados similares fueron encontrados por otros autores para otras zonas del país, en particular Pérez y Hechevarría (1987) para la misma estación Casa Blanca. Pero a diferencia de otras zonas (Amaro et al, 1989, López et al., 1993), los encontrados para Casa Blanca clasifican entre los que presentan los valores de rapidez del viento más bajos.

Otra característica de los perfiles encontrados y que se ha verificado guarda estrecha relación con la época del año, es la diferencia entre la magnitud de la rapidez del viento en el verano (mayo - octubre) y el invierno (noviembre - abril), en el que resulta ser mayor en este último período (fig. 1.3). Sin embargo, el máximo de rapidez del viento para ambos períodos por debajo del primer kilómetro de altura ocurre entre 200 y 500 m. En el caso del período lluvioso los valores medios oscilan aproximadamente entre 5 y 6 m/s, mientras que en el período poco lluvioso oscilan aproximadamente entre 7 y 8 m/s.

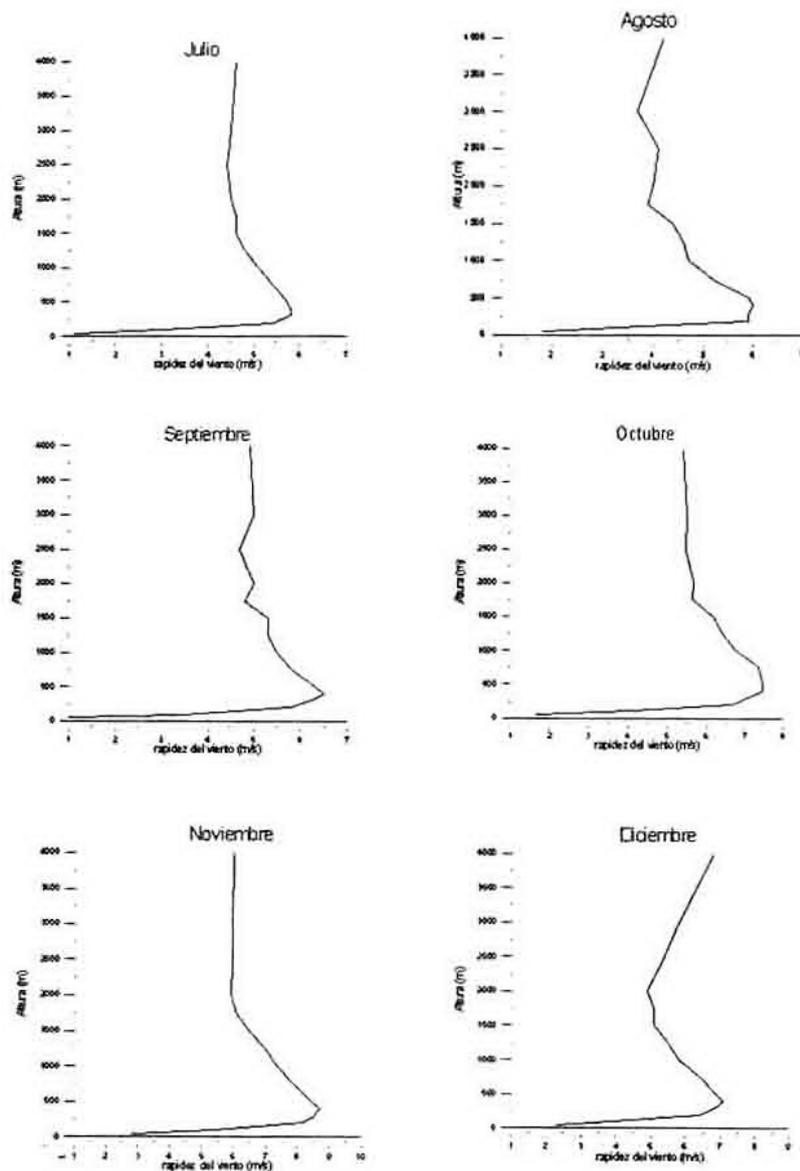


Fig. 1.2. Perfiles verticales del viento para la estación Casa Blanca a las 0700 hora local (1200GMT) para los meses de julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre. Período 1993 - 2000.

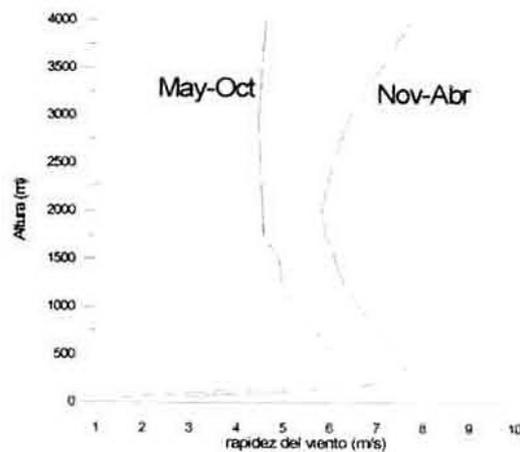


Fig. 1.3. Perfiles verticales del viento para los periodos: Poco Lluvioso (Nov-Abr) y Lluvioso (May-Oct) en la estación Casa Blanca a las 0700 hora local (1200 GMT). Período 1993 - 2000.

Este máximo por debajo de los 500 m de altura y que como se ha dicho se presenta en otras zonas del país, diversos autores (Carnesoltas, 1985, Amaro, 1985, Roque, 1991, Roque y Amaro, 1998) lo han asociado con la ocurrencia del Chorro de los Bajos Niveles. Atendiendo a que la inmensa mayoría de los valores de los máximos encontrados para cada nivel en esta estación (Tabla 1) superaron los 10 m/s, condición indispensable para la ocurrencia de ChBN, no debe descartarse la aparición de este fenómeno a

las 0700 hora local en la estación Casa Blanca, corroborando lo planteado por los mismos autores acerca de que este fenómeno es típico en todo el país.

Teniendo en cuenta que las principales fuentes emisoras tienen menos de 200 m de altura, este comportamiento del perfil vertical del viento, constituye la principal razón por la cual los estudios de contaminación a escala local deben concentrarse en los primeros 500 m de altura.

Tabla 1. Máximos mensuales de la rapidez del viento por niveles para la estación Casa Blanca a las 0700 hora local (1200 GMT). Período 1993-2000.

Niveles/Meses	E	F	M	A	Y	J	L	G	S	O	N	D
Superficie	11.1	12	8	8.3	11.7	8	6	6	10	8.3	11	9.4
100	13.4	13.2	9.3	9.1	10.3	8.1	7	5.7	7.3	11.9	13	15.8
200	14.6	14	16	12	16	18	11.7	11	12.1	18.2	19	16
300	14.2	22.9	17.1	13.6	14.5	21.5	15	12.7	13.9	15	18.5	16.2
400	15	16.1	18.1	14.1	14.1	14	16.4	17.1	17.6	17.5	19	17.3
500	15.1	15	17	14.5	14	19	17.9	13.2	16.6	16.6	19	17.3
750	17.1	17.2	16.9	17.5	14.6	14	14.8	14	17.6	17.8	18.6	17.7
1000	16.1	17.2	16.5	19.4	11.4	12	13.7	13	15.1	18	18	17
1250	15.7	14.8	21.3	19.4	11.3	11.5	13.7	12.5	14.3	17	18.3	17.3
1500	17	14	41.7	14.2	14	13	12	11	13.8	17	18	18
1750	17	17	41.4	13.8	10.2	13.8	12.8	13	14.2	17	17	20.3
2000	23	18	25	13	11.8	14	13	9	25.3	16	16	19
2500	43.3	23	24.5	14.2	14	12.5	13	10	13.2	17.5	16.5	20.5
3000	43.3	23	31	15	10	13	12	13	20.7	19	16	20
4000	24.2	40	32	17	14	12	10	13	20.7	16	19	21

En la tabla puede apreciarse que los valores más bajos de estos máximos se alcanzan en los meses de julio y agosto desde superficie hasta 200 m de altura. El valor más alto en superficie se alcanzó en el mes de febrero, mientras que para los demás niveles hasta 500 m se alcanzó indistintamente para los meses de diciembre, noviembre y febrero. En Camagüey (Roque, 1991) los valores máximos oscilaron con mayor frecuencia entre 6- 12 m/s para alturas entre 400 y 500 m.

Distribución mensual del viento por rumbos

La distribución por rumbos de la rapidez del viento dado por los histogramas de frecuencia (figs. 4-15), muestran que para todos los meses, se presentan vientos con componente este hasta los 1500 m de altura, siendo el rumbo E el más predominante seguido del rumbo SE.

Para los meses de julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre se presentaron los Este hasta los 4 km. y en general para todos los meses entre los 400 y 1000 m.

Los vientos del Oeste hicieron su aparición como rumbo predominante por encima de 2.5 km en enero alcanzando su descenso máximo en febrero en los 1750 m de altura, lo cual diferencia este estudio de la mayoría de los realizados anteriormente para otras regiones (Roque y Amaro, 1998, Amaro et al., 1989) en el que hasta ahora el máximo descenso de los Oestes siempre se alcanzaba en el mes de marzo a una altura similar a la alcanzada ahora en febrero.

Los vientos con componente N tienen su mayor frecuencia de ocurrencia en todas las capas entre los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero, desde donde comienza a disminuir sustancialmente hasta volver a incrementarse a partir del mes de octubre en todas las capas.

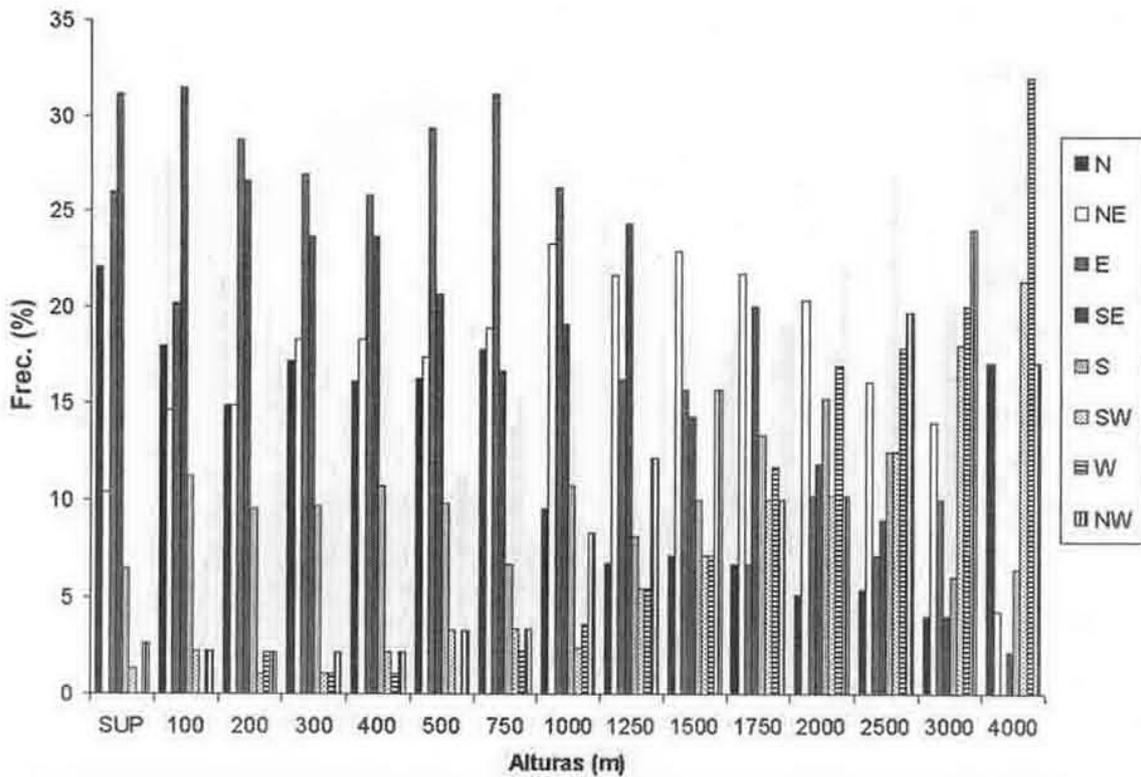


Fig. 1.4. Distribución de frecuencia (%) del rumbo del viento para las diferentes alturas seleccionadas. Enero. Casa Blanca, 12 GMT.

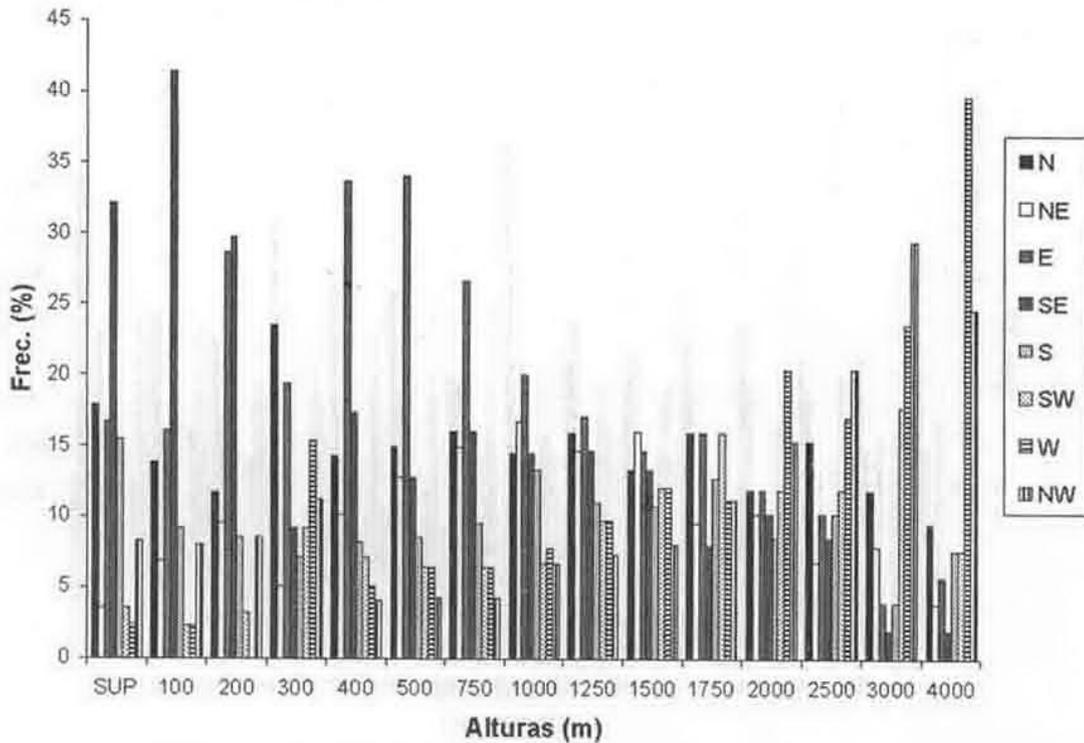


Fig. 1.5. Distribución de frecuencia (%) del rumbo del viento para las diferentes alturas seleccionadas. Febrero. Casa Blanca, 12 GMT.

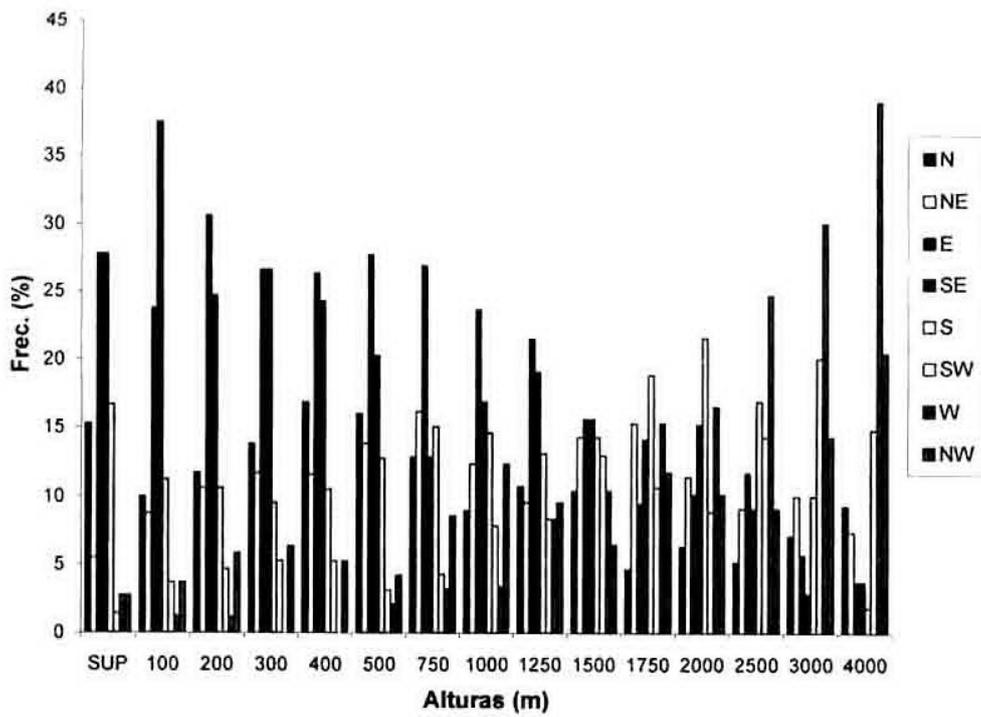


Fig. 1.6. Distribución de frecuencia (%) del rumbo del viento para las diferentes alturas seleccionadas. Marzo. Casa Blanca, 12 GMT.

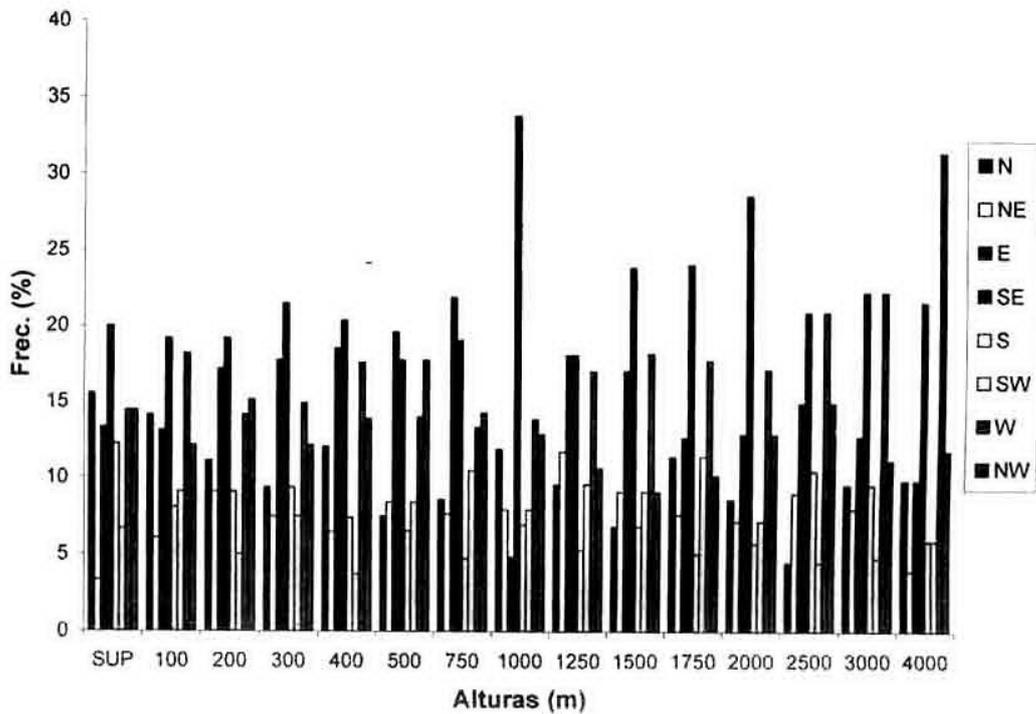


Fig. 1.7. Distribución de frecuencia (%) del rumbo del viento para las diferentes alturas seleccionadas. Abril. Casa Blanca, 12 GMT.

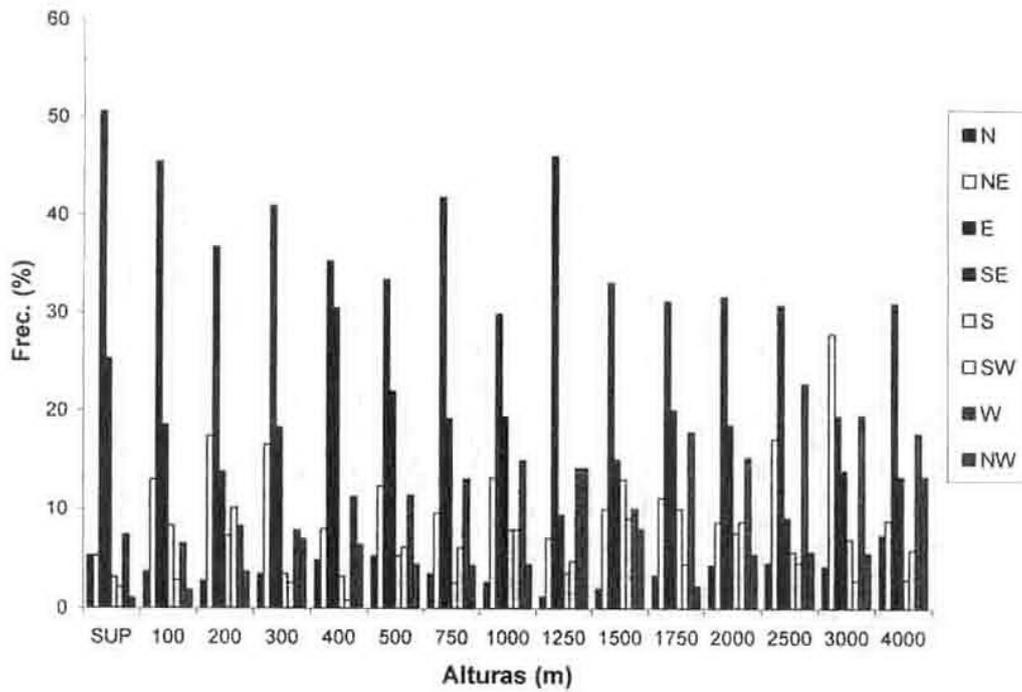


Fig. 1.8. Distribución de frecuencia (%) del rumbo del viento para las diferentes alturas seleccionadas. Mayo. Casa Blanca, 12 GMT.

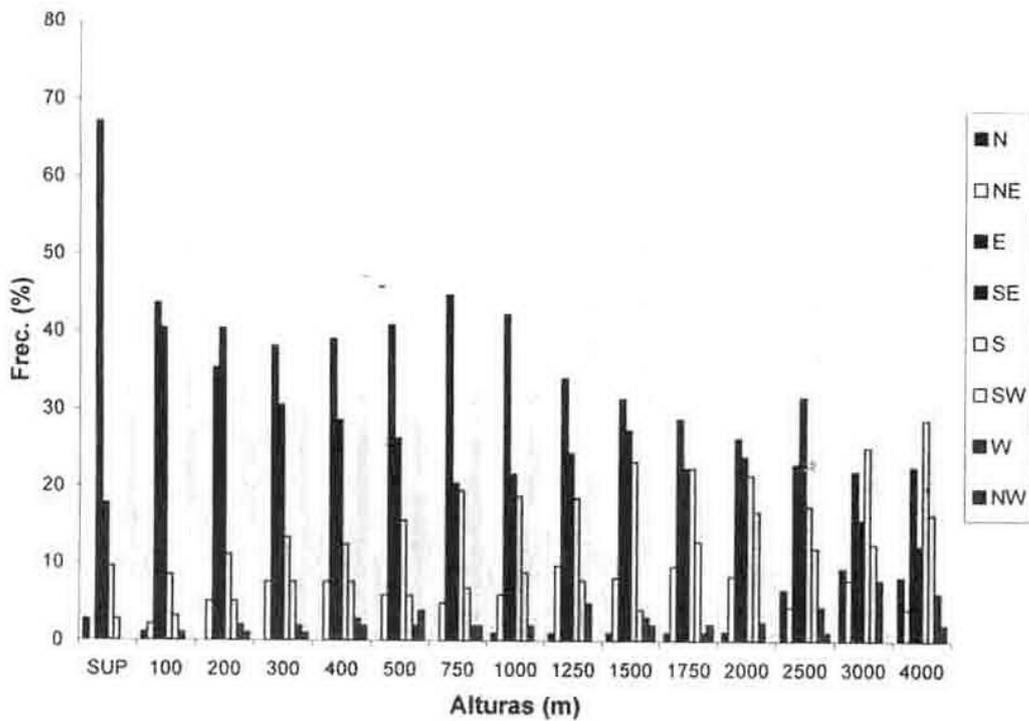


Fig. 1.9. Distribución de frecuencia (%) del rumbo del viento para las diferentes alturas seleccionadas. Junio. Casa Blanca, 12 GMT.

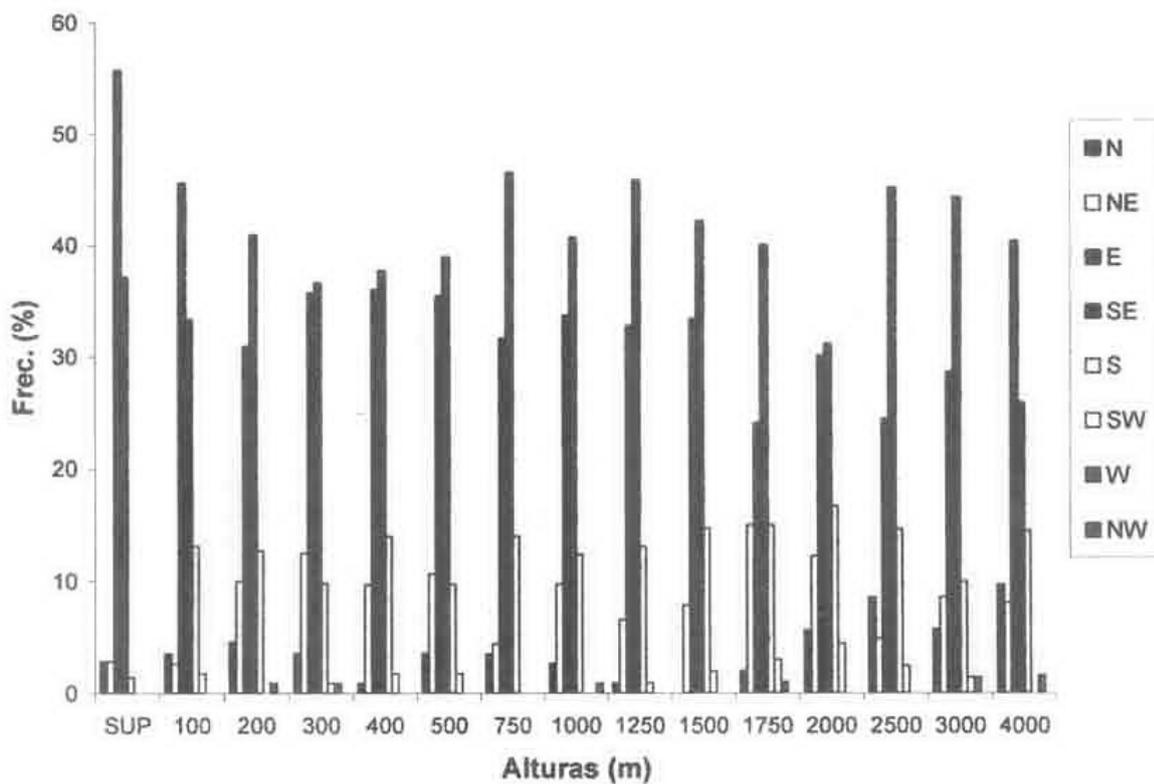


Fig. 1.10. Distribución de frecuencia (%) del rumbo del viento para las diferentes alturas seleccionadas. Julio. Casa Blanca, 12 GMT.

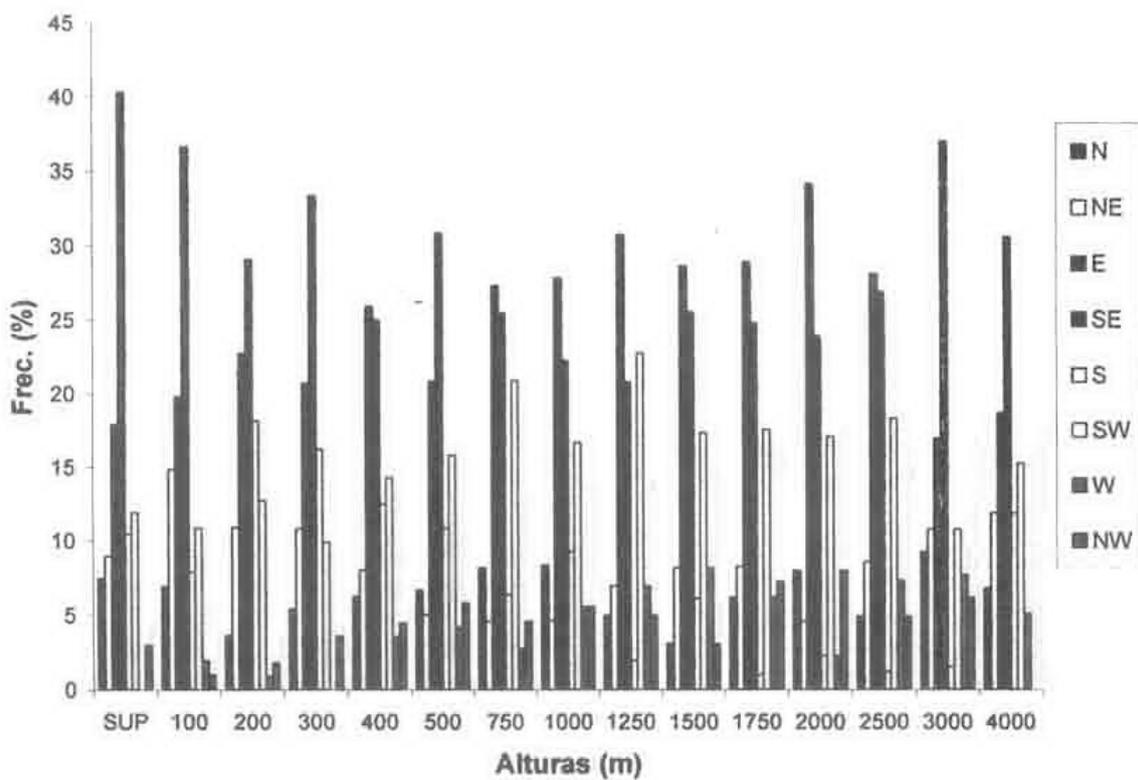


Fig. 1.11. Distribución de frecuencia (%) del rumbo del viento para las diferentes alturas seleccionadas. Agosto. Casa Blanca, 12 GMT.

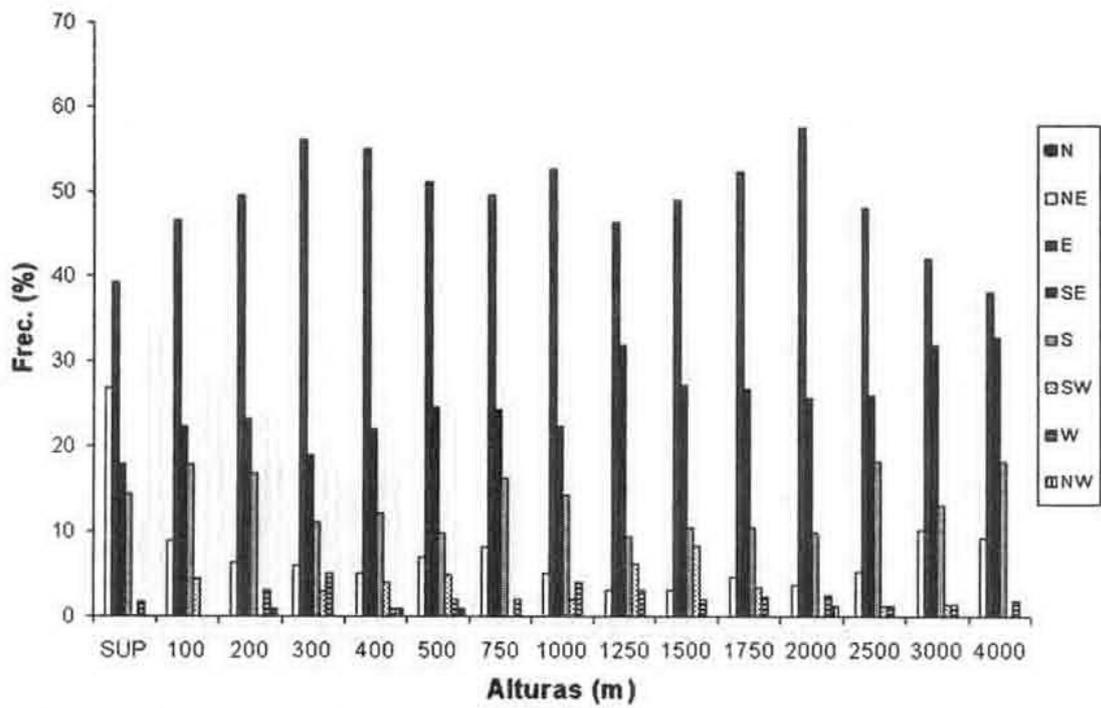


Fig. 1.12. Distribución de frecuencia (%) del rumbo del viento para las diferentes alturas seleccionadas. Septiembre. Casa Blanca, 12 GMT.

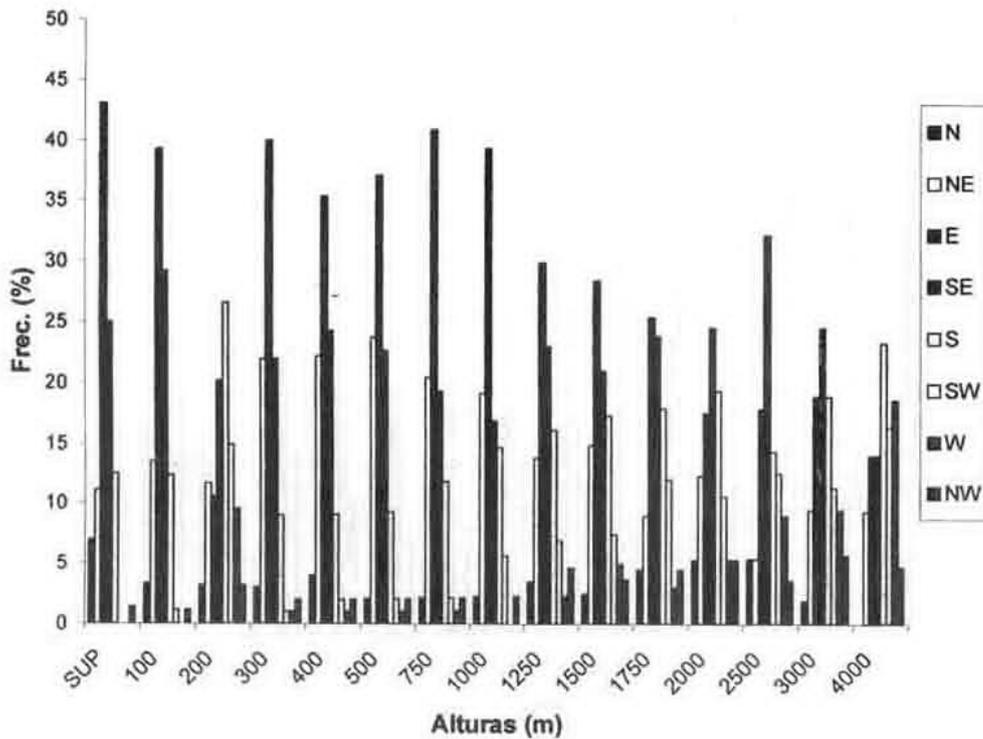


Fig. 1.13. Distribución de frecuencia (%) del rumbo del viento para las diferentes alturas seleccionadas. Octubre. Casa Blanca, 12 GMT.

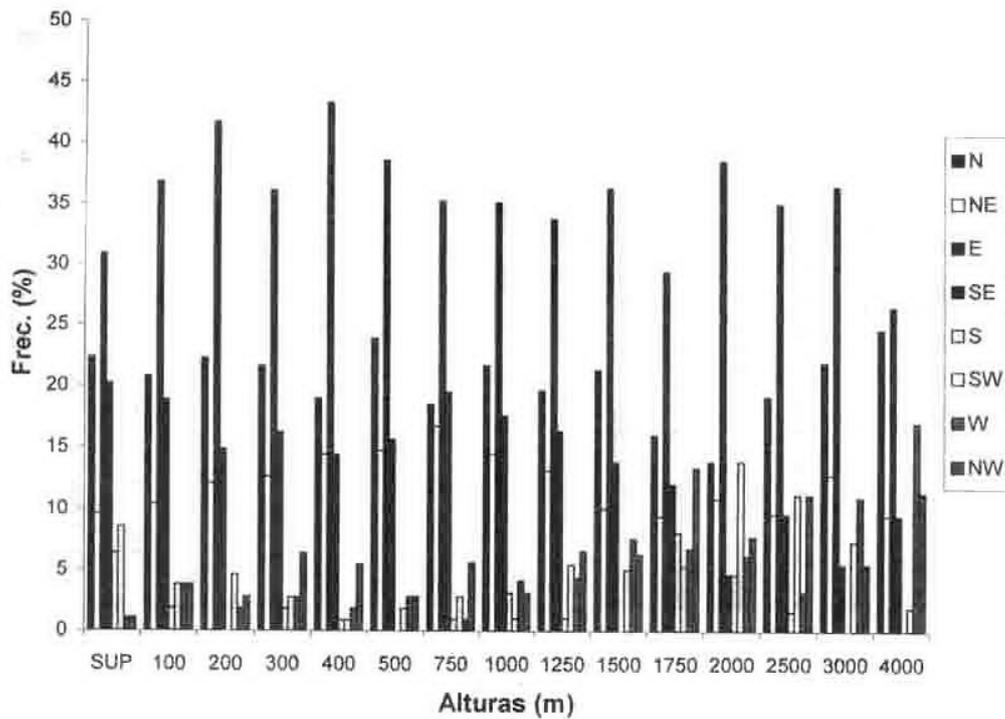


Fig. 1.14. Distribución de frecuencia (%) del rumbo del viento para las diferentes alturas seleccionadas. Noviembre. Casa Blanca, 12 GMT.

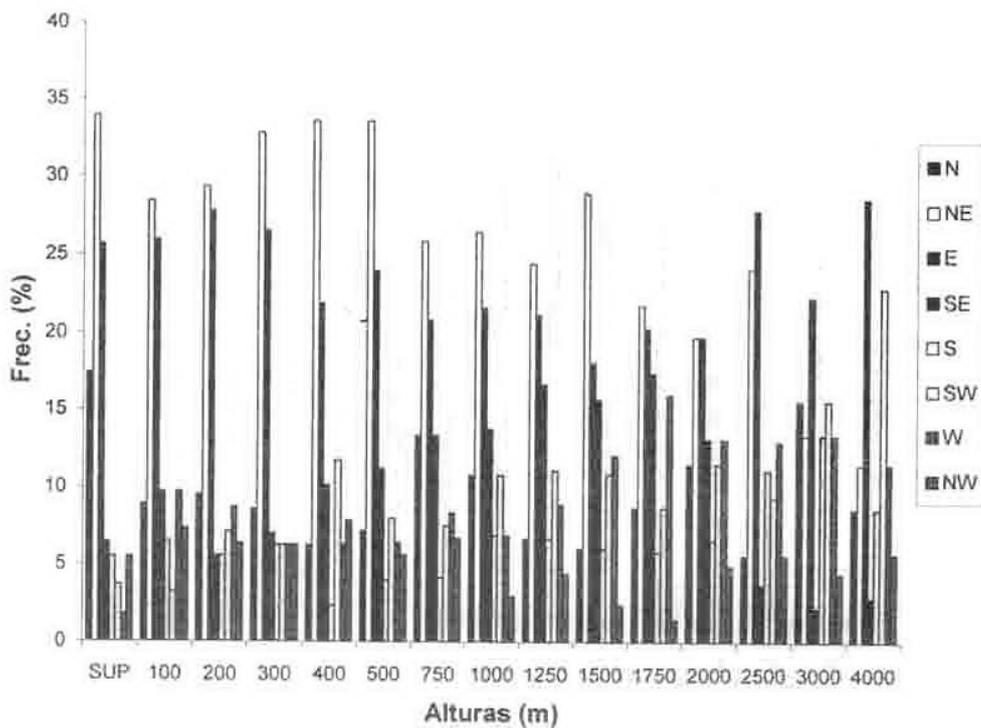


Fig. 1.15. Distribución de frecuencia (%) del rumbo del viento para las diferentes alturas seleccionadas. Diciembre. Casa Blanca, 12 GMT.

Conclusiones

1- Existe un máximo de rapidez del viento por debajo de los 500 m de altura, cuyos valores medios oscilan entre los 5 y 6 m/s para el Período Lluvioso y entre 7 y 8 m/s para el Período Poco Lluvioso. No obstante se encontró que los valores máximos de este parámetro pueden superar ampliamente los 10 m/s en cualquier mes de año a partir de los 200 m de altura, lo cual advierte de la posible presencia del fenómeno llamado Chorro de los Bajos Niveles a las 0700 hora local (12 GMT) en Casa Blanca como se ha manifestado en varias regiones de nuestro país.

2- El rumbo predominante del viento se manifiesta entre los rumbos E y SE, los cuales predominan durante todo el año en la mayoría de las capas analizadas. Solo es de notar el desplazamiento, en el período analizado, del descenso de la base de los Oestes hacia el mes de Febrero, lo cual no había sido frecuente en los estudios anteriores realizados en nuestro país en los que por lo general se había encontrado la altura mínima de descenso de los Oestes en el mes de Marzo.

Recomendaciones

1- Profundizar en el análisis de los máximos de rapidez del viento haciendo énfasis en el estudio del fenómeno denominado Chorro de los Bajos Niveles (ChBN) y su relación con la situación sinóptica imperante durante su manifestación.

2- Hacer un análisis del comportamiento de las capas de calma por su importancia en la determinación de las condiciones de estancamiento de los contaminantes emitidos por las fuentes.

3- Estudio de la Brisa como flujo típico de la región de estudio y que desempeña un papel importante en la dispersión de contaminantes.

Bibliografía

Alvarez, R. et al. (1990): Diagnóstico y pronóstico de la contaminación del aire en la zona minero-metalúrgica de Moa. Informe de Resultado, Instituto de Meteorología, ACC, 200 p.

Amaro, L. et al. (1985): El chorro de los bajos niveles en Cienfuegos. Instituto de Meteorología, ACC (inédito), 10 p.

Amaro, L. et al. (1988): Particularidades del régimen térmico de la Capa Límite Planetaria en Cienfuegos. Rev. Cub. Met., ACC, vol. 1, No. 1, pp 10-14.

Amaro, L. et al. (1989): Caracterización de la temperatura, humedad y el viento en la Capa Fronteriza sobre Camagüey. Informe Científico Técnico del Resultado 421.06, Instituto de Meteorología, ACC, (inédito), 76 p.

Amaro, L. et al. (1994): Particularidades de la Capa Fronteriza Planetaria en la región de La Quebrada. Informe Científico Técnico, Dpto Aerología, Insmet, 150 p.

Blackadar, A. K (1957): Boundary layer wind maxima and their significance for growth of nocturnal inversions. Bull. Royal. Meteorology. Soc., 38, pp 283-290.

Bonner W.D (1988): Climatology of the low level jet. Mon. Wea. Rev., vol. 96, No. 12, pp 833-880.

Carnesoltas, M. et al. (1985): Características del chorro de los bajos niveles sobre Cuba. II modelo analítico de la circulación local de brisa. Instituto de meteorología. ACC, (inédito). 18 p.

Cuesta, O. y Ananias, G. (1992): Mediciones de NO₂ troposférico en Casablanca. Revista Cubana de Meteorología, Vol. 5. No. 2 pp 88 - 94, La Habana.

Cuesta, O., et al., (2001): Caracterización del medio ambiente atmosférico en la zona de la refinería Níco López. Informe Científico Técnico, pp. 130, Instituto de Meteorología, La Habana.

Lecha, L. (1989): Características estacionales de la circulación atmosférica sobre Cuba. Rev. Cub. Met. Vol. 1, No. 1, pp 46-56.

López C., Alvarez R., Amaro L., Cuesta O., Sánchez P. y otros (1988): Diagnóstico y pronóstico de la contaminación atmosférica en la zona de desarrollo petrolero de Varadero – Cárdenas. (Clasificado).

López, C. et. al (1993): Evaluación del estado y características del medio ambiente atmosférico en Playas del Este para su aplicación a la actividad turística. Edit. Academia, La Habana, pp 30.

Pérez D. y Hechevarría E. (1987): Estudio aeroclimático del comportamiento del viento con la altura en La Habana. Reporte de investigación. Instituto de Meteorología, ACC, F0321, 16 p.

Roque, A. (1991): Característica físico – estadística de los máximos de rapidez del viento en la Capa Fronteriza Planetaria sobre Camagüey. Tesis de Diploma en opción al título de Licenciado en Física. Instituto de Meteorología, ACC, 57 p.

Roque, A. y Amaro, L. (1998): Particularidades de los máximos de rapidez del viento en la Capa Fronteriza Atmosférica en la región de La Quebrada. Rev. Bras. Meteor., vol. 12, No. 2, pp 51-63.

Sánchez, P. O. Cuesta (1992): Smog en la ciudad de La Habana. Situación meteorológica asociada. Rev. Cub. de Met. Vol. 5, No. 1, pp 3 - 8.

Sánchez P. y Wallo A. (2001): Contaminación atmosférica y salud en Ciudad de La Habana, Contribución a la Educación y Protección Ambiental, Vol. 2, ISBN 959 – 7136 – 09 – 0 (CD).

Abstract

In this paper a study of the main particularities of the wind on Casa Blanca station is made, based on aerological information between the years 1993 - 2000 at 1200 GMT, with the objective to know the influence of wind in the dispersion of the pollutants coming from the industrial sources framed in the region. Here the vertical profiles of the wind are shown for every month and for the two characteristic periods of the year in our country, that is to say dry season that extends of November until April and rainy season that extends the months of May to October.

Among the main results found a maximum of wind speed is observed between 200 and 500 m of height that frequently overcomes the 10 m/s in any time of the year, noticing the possible existence of the low level jet. The main direction of the wind is located among the E and SE during the whole year in almost all the layers analyzed until the 4 kms of height.

Key words: wind vertical profile, dispersion of pollutants, low level jet