

# El chorro de los bajos niveles en Casa Blanca.

Autores: ALFREDO ROQUE RODRÍGUEZ

Instituto de Meteorología. Centro de Física de la Atmósfera. E-mail: aroque@met.inf.cu/ greatroque@yahoo.com

## Resumen

*En este trabajo se hace una caracterización del Chorro de los Bajos Niveles (ChBN), el cual constituye un caso particular de máximo de rapidez del viento. Esta caracterización se hizo para la estación de Casa Blanca a las 0700 hora local (12 GMT).*

*El estudio corroboró a la capa entre 200 m y 400 m de altura como la más frecuente de ocurrencia del fenómeno, aunque es posible su ocurrencia en otras alturas por debajo de 1 km. Los valores de rapidez del viento fueron más frecuentes entre 10 y 12 m/s, aunque en ocasiones pueden superar los 20 m/s. La dirección predominante estuvo entre el sudeste y el este.*

*Para los 200 m superior e inferior al máximo de rapidez del viento, se encontraron características similares en cuanto a rapidez y dirección del viento con respecto al máximo, denotando la alta homogeneidad del fenómeno durante su aparición.*

**Palabras claves:** Chorro de los bajos niveles, máximo de rapidez del viento

## Introducción

Dentro de los aspectos más importantes en los estudios de contaminación atmosférica se encuentran los relacionados con las condiciones de estancamiento y los máximos de rapidez del viento.

Con respecto a los máximos de rapidez del viento, estos favorecen el traslado de los contaminantes a distancias alejadas de la fuente emisora mucho mayores que si estos no estuvieran presente y puede resultar negativo o positivo en dependencia de hacia donde se dirige la nube de contaminantes.

En trabajo anterior (Roque, 2004) se estudiaron las principales características del viento en cuanto a dirección y magnitud en la estación Casa Blanca, estación que sirve de punto de referencia para el estudio de este parámetro en zonas aledañas a la misma.

En el resultado citado se analizaron los rumbos predominantes y la correspondiente magnitud del viento a diferentes alturas hasta los 4 kms, encontrándose que el viento predominante era de componente E hasta los 2 kilómetros de altura y los valores de su magnitud oscilaron entre los 5 y 6 m/s para el Período Lluvioso y entre 7 y 8 m/s para el Período Poco Lluvioso.

Fue de interés en ese trabajo los máximos encontrados en la capa de los primeros 500 m, los cuales llegaban a superar con una frecuencia apreciable los 10 m/s, dejando entrever la posibilidad de la ocurrencia del fenómeno conocido como Chorro de los Bajos Niveles (ChBN), un fenómeno típico también de otras latitudes y en particular de nuestro

país (Carnesoltas 1985, Amaro, 1986 y 1994, y Roque, 1991 y 1998), el cual se presenta en la capa del primer kilómetro de altura.

Dando continuación a ese trabajo se decidió analizar la ocurrencia de los máximos de rapidez del viento (MRV) y en particular aquellos que constituían ChBN.

Por tanto el objetivo del siguiente trabajo es:

1- Caracterizar los máximos de rapidez del viento en la estación Casa Blanca en la capa del primer kilómetro de altura y analizar cual de ellos cumple con la condición de ser Chorro de los Bajos Niveles para su posterior caracterización.

## Materiales y Métodos

Para el desarrollo del siguiente trabajo fue empleada la información aerológica correspondiente a los años entre 1993 y 2001 a las 0700 (12 GMT) hora local en la estación de Casa Blanca.

El total de sondeos procesados fue de 1492 con una altura promedio de 3000 mts, correspondiendo 746 al período Noviembre – Abril y 746 al período Mayo - Octubre.

Para un mejor análisis de la información, la misma fue agrupada en los 2 períodos característicos del año, período poco lluvioso (PPLI) Noviembre – Abril y período lluvioso (PLI) Mayo – Octubre.

### ***Determinación del máximo de rapidez del viento.***

Este máximo se determinó por el valor máximo diario del viento en la capa del 1 km de altura.

## Determinación del Chorro de los Bajos Niveles (ChBN)

Para determinar cuando un máximo de rapidez del viento puede ser considerado ChBN se escogió el siguiente criterio utilizado por varios autores (Amaro, et al., 1994 y Roque, 1991).

- 1- La rapidez del viento máximo  $V_{max} \geq 10$  m/s
- 2- La rapidez del viento en los 200 metros superiores ( $V_{200S}$ ) e inferiores ( $v_{200I}$ ) tienen que ser  $\geq 3$  m/s.
- 3- La altura del máximo de rapidez del viento  $H_{vmax}$  debe estar en la capa del 1 primer de altura.

### Cizalladura vertical del viento

Esta se determinó por la fórmula:

$$\Delta V / \Delta Z = \sqrt{u^2 + v^2 - 2uv \cos(\alpha)}$$
 donde  $\alpha$  es el ángulo formado por las componentes  $u$  y  $v$  del viento.

### Relación con las situaciones sinópticas.

La relación con las situaciones sinópticas se hizo de acuerdo a la clasificación establecida por Lapinel (1988), de la cual se expone una síntesis de las mismas.

TSS -I.- Referido a la cercana influencia del anticiclón del Atlántico o de las Azores - Bermudas, el cual constituye el principal centro de acción de nuestra área. Se considera este tipo cuando el anticiclón penetra en forma de cuña sobre toda Cuba, llegando a cubrir el Golfo de México y el SE de los Estados Unidos. El viento predominante asociado a este sistema puede ser del primero o segundo cuadrante, lo que da origen a los subtipos Ia y Ib

TSS - II.- Se corresponde con aquellas configuraciones del campo bórico que tiene lugar cuando la región central del Anticiclón del Atlántico se aleja sensiblemente de nuestras áreas, permitiendo una mayor modificación de sus características iniciales, producto de una mas prolongada interacción océano - atmósfera (flujo extendido). Se consideran dos subtipos: Ia flujo extendido no perturbado y el Ib que corresponde a la influencia del sector de divergencia de ondas u hondonadas

TSS - III.- Esta situación la relacionamos con aquellas configuraciones del campo bórico que expresan una débil influencia anticiclónica o a la

existencia de hondonadas, vaguadas o sistemas de bajas presiones en regiones adyacentes a nuestras áreas cercanas, por lo que las isobaras se muestran de una manera espaciada, predominando un débil gradiente barométrico.

TSS - IV.- Se relaciona con el desplazamiento cercano o sobre nuestro territorio de situaciones ciclónicas, tales como depresiones, perturbaciones o huracanes.

TSS - V.- Incluye todas aquellas perturbaciones o disturbios que en diferentes formas se manifiestan sobre nuestro territorio. Existen dos subtipos: el Va que comprende ondas y hondonadas que se generan y propagan en el flujo del este y el Vb que se considera extensiones meridionales de vaguadas de latitudes medias, líneas de cizalladuras entre dos altas, bajas frías.

TSS - VI.- Se incluyen en este tipo las bajas extratropicales que por regla se originan en zonas troposféricas de intensa baroclinidad (frentes ártico y polar) resultantes de ondas de grandes dimensiones, ocasionalmente se originan en el Golfo de México o en regiones muy cercanas a Cuba. Existen cuatro subtipos según la forma de influencia sobre nuestro territorio.

TSS - VII.- Se relaciona con los frentes fríos. A los efectos de la clasificación y en consideración a la estructura de los frentes, se consideran cuatro subtipos: el frente clásico (VIIa), el frente reverso (VIIb), el frente casi estacionario (VIIc) y el frente disipándose (VIId).

TSS - VIII.- Se asocia al anticiclón continental polar de poco espesor, considerándose su profundidad en el orden 1,5 a 3 Km., aunque en ocasiones puede ser superior. Se consideran tres subtipos: cuando el centro del anticiclón continental se encuentra en la parte central del continente (VIIIa), el centro del anticiclón se encuentra al sur de los Estados Unidos y el Golfo de México (VIIIb) y cuando el anticiclón se encuentra sobre el Océano Atlántico al este de los Estados Unidos (VIIIc).

## Análisis de los resultados

Comportamiento de los máximos de rapidez del viento (MRV)

La tabla 1 muestra la distribución de frecuencia (%) de las alturas a que se producen estos máximos en la estación Casa Blanca a las 0700 hora local.

Tabla 1. Distribución de frecuencia (%) de la altura en que se producen los máximos de rapidez del viento en los semestres Noviembre - Abril y Mayo - Octubre en la estación Casa Blanca a las 0700 hora local.

Capas (mts)	Noviembre - Abril	Mayo - Octubre
Sup - 200	12.72	10.83
200 - 400	33.33	37.97
400 - 600	22.89	21.25
600 - 800	9.11	9.89
800 - 1000	14.46	14.44
1000- 1200	7.5	5.61

En la misma puede verse que tanto para el período poco lluvioso como para el lluvioso la capa más frecuente se encuentra entre 200 y 400 m de altura con el 33.33 % y el 37.97 % respectivamente. También se observa un máximo de frecuencia secundario en la capa entre 400 y 600 mts para ambos períodos. Es de destacar también la frecuencia superior al 14 % de ocurrencia de estos máximos en la capa 800 – 1000 mts.

Estos máximos se han encontrado para otras regiones del país con diferentes orografía como Camagüey (Amaro et al., 1990), en la zona niquelífera de Moa (Amaro et al., 1992), Cayo Coco (López et al., 1994), Cienfuegos (Amaro et al., 1986) y en la zona del Centro de Protección e Higiene de la Radiación (CPHR) (Amaro et al., 1994).

Esta frecuencia de los MRV superior al 50 % por debajo de los 600 m de altura adquiere una importancia enorme, porque es en esta capa donde ocurren los mayores episodios de contaminación a escala local y en particular en la región de estudio.

La importancia viene dada porque las fuentes emisoras de contaminantes a la atmósfera se ubican en las zonas aledañas a la región de estudio y los vientos máximos si bien ayudan a disminuir la concentración en los alrededores de la fuente también provocan un incremento de la contaminación en regiones alejadas de las mismas, lo cual podría ser un grave peligro por la acción de los contaminantes en esas zonas.

Estos MRV adquieren especial significado cuando igualan o superan los 10 m/s, porque los convierte en potenciales casos de ocurrencia del fenómeno llamado Chorro de los Bajos Niveles (ChBN), como se verá posteriormente.

La magnitud de los máximos diarios presentó un amplio rango de valores como se muestra en la Tabla 2, siendo los más frecuentes los valores de rapidez del viento entre 6 y 12 m/s para el semestre noviembre – abril y entre 4 y 10 m/s para el semestre mayo – octubre, en ambos casos con aproximadamente el 60 % de los casos analizados.

Tabla 2. Distribución de frecuencia (%) de los valores máximos diarios de la rapidez del viento en los semestres Noviembre – Abril y Mayo – Octubre en la estación Casa Blanca a las 0700 hora local.

Rango (m/s)	Noviembre – Abril	Mayo - Octubre
0 – 2	0.13	1.87
2 – 4	4.97	12.58
4 – 6	12.1	22.76
6 – 8	19.35	20.48
8 – 10	20.97	18.07
10 – 12	18.55	13.39
12 – 14	12.36	6.02
14 – 16	5.91	1.87
16 – 18	4.30	1.60
18 – 20	0.67	0.53
> 20	0.68	0.79

La dirección por rumbos de estos máximos (Tabla 3), muestra que el rumbo E es predominante en ambos períodos, pero fundamentalmente en el período

lluvioso donde su frecuencia supera el 40 %, mientras que en el período poco lluvioso la frecuencia apenas rebasa el 29 %.

Tabla 3. Distribución de frecuencia (%) por rumbos de los valores máximos de la rapidez del viento en los semestres Noviembre – Abril y Mayo – Octubre en la estación Casa Blanca a las 0700 hora local.

Rumbos	Noviembre – Abril	Mayo - Octubre
N	11.53	2.01
NE	17.56	9.65
E	29.04	40.48
SE	19.70	25.87
S	9.92	14.48
SW	4.15	4.69
W	3.08	1.34
NW	4.96	1.47

Con respecto a los estudios anteriormente citados para otras regiones del país (Carnesoltas 1985, Amaro et al. 1986, López et al. 1993 y 1994, Amaro et al. 1994, Roque 1991 y 1998), si bien es cierto que se encuentra coincidencia en el rumbo predominante es de destacar que la diferencia en frecuencia no había sido tan marcada como la que se presenta en esta estación.

Ambos períodos sin embargo presentan valores de máxima frecuencia secundaria de rumbo SE. Un tercer rumbo marca la diferencia entre los sistemas sinópticos que influyen en ambos períodos, el rumbo NE en el semestre noviembre – abril y el rumbo S en el semestre mayo – octubre.

#### Chorro de los Bajos Niveles (ChBN)

Como se había planteado en el epígrafe anterior los máximos de rapidez del viento por debajo del primer kilómetro de altura cuando igualan o superan los 10 m/s pueden ser considerados ChBN.

Al procesar la información obtenida de estos máximos se encontró que de los 501 máximos de rapidez del viento que igualaron o superaron los 10 m/s, 271, es decir el 54.09 % cumplía con los requisitos para ser considerados ChBN (Tabla 4). De ellos el 59.78 % ocurrió en el período poco lluvioso, mientras que el 40.22 % restante ocurrió en el período lluvioso.

También puede observarse en la Tabla 4 que en el período poco lluvioso de los 319 MRV que igualaron o superaron los 10 m/s, 162, es decir el 50.78 % fueron ChBN, mientras que en el período lluvioso de los 182 MRV, 109, es decir el 58.89 % fueron ChBN, con lo cual se concluye que a pesar de que en el período poco lluvioso la frecuencia de MRV  $\geq 10$  m/s fue mayor que en el período poco lluvioso, la ocurrencia de ChBN fue mayor en este último período.

Tabla 4. Cantidad de Chorro de los Bajos Niveles en los semestres Noviembre – Abril y Mayo – Octubre en la estación Casa Blanca a las 0700 hora local con respecto a los máximos de rapidez del viento (MRV) para cada semestre.

	Noviembre – Abril	Mayo - Octubre
Total MRV diarios	747	748
MRV $\geq 10$ m/s	319	182
% con respecto al Total de MRV $\geq 10$ m/s	63.7	36.3
Total ChBN	162	109
% por semestres con respecto al total de ChBN	59.78	40.22
% de ChBN con respecto al total MRV $\geq 10$ m/s por semestres	50.78	58.89

La distribución por altura de la frecuencia de ocurrencia de este fenómeno se muestra en la figura 1. En la misma puede apreciarse que al igual que

sucedió con los máximos de rapidez del viento, las mayores frecuencia del ChBN se ubican en la capa entre 200 – 600 mts de altura con más del 70 % de los casos para ambos períodos.

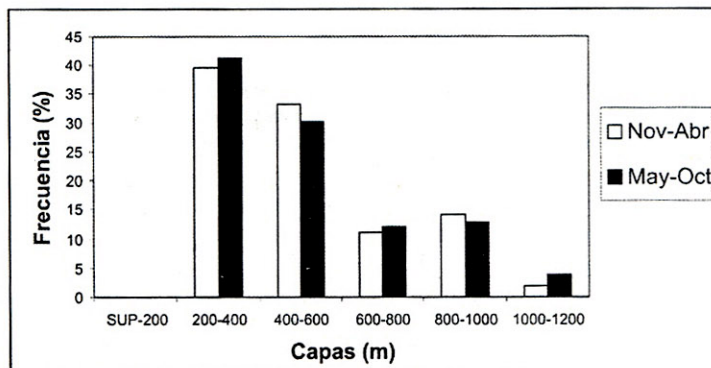


Fig 1. Distribución de frecuencia (%) de la altura en que se produce el ChBN en los semestres Noviembre – Abril y Mayo – Octubre en la estación Casa Blanca a las 0700 hora local

La distribución de los valores de rapidez máxima del viento para el caso en que está presente el ChBN se muestra en la figura 2, en la que puede observarse que tanto para un período como para el

otro los valores más frecuentes se encuentran entre 10–12 m/s y que en el período noviembre–abril valores entre 14–16 m/s superan el 15 % de ocurrencia.

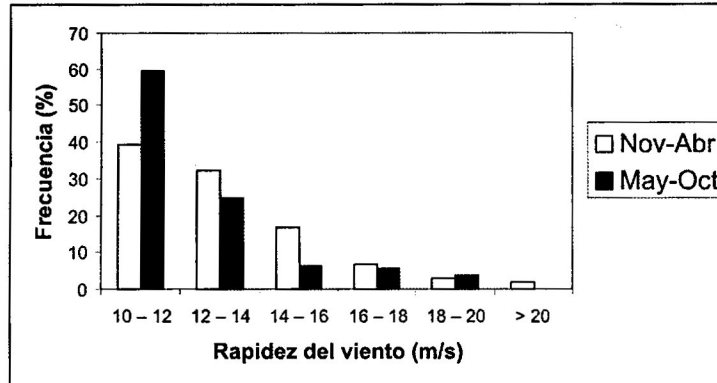


Fig 2. Distribución de frecuencia (%) de los valores de la rapidez máxima del viento durante la ocurrencia del ChBN en los semestres Noviembre – Abril y Mayo – Octubre en la estación Casa Blanca a las 0700 hora local.

Si bien en la ocurrencia de los MRV que no son ChBN, la diferencia en el rumbo E entre los períodos noviembre – abril y mayo – octubre era notable

(Tabla 3), no lo es así durante la presencia del ChBN (Figura 3), aunque este rumbo sigue siendo el predominante.

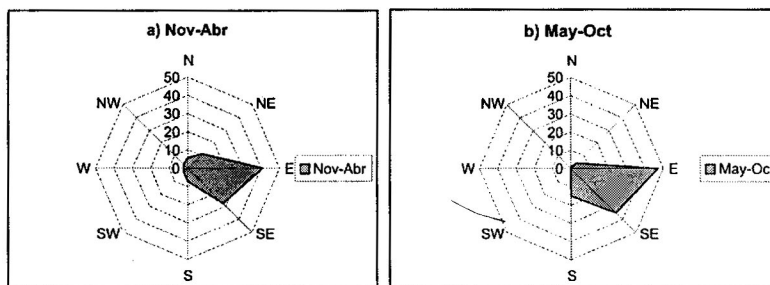


Fig 3. Distribución de frecuencia (%) por rumbos del máximo de rapidez del viento durante la ocurrencia del ChBN en los semestres a) Noviembre – Abril y b) Mayo – Octubre en la estación Casa Blanca a las 0700 hora local.

Para los 200 m superior e inferior al máximo de rapidez del viento, los valores de la rapidez del viento estuvieron agrupados con mayor frecuencia entre 9 – 11 m/s (Figuras 4 y 5), para ambos períodos.

Esta manifestación del ChBN en sus extremos pone de manifiesto la homogeneidad del mismo al originarse una capa con espesor de 400 m con valores superiores a los 10 m/s con una elevada frecuencia.

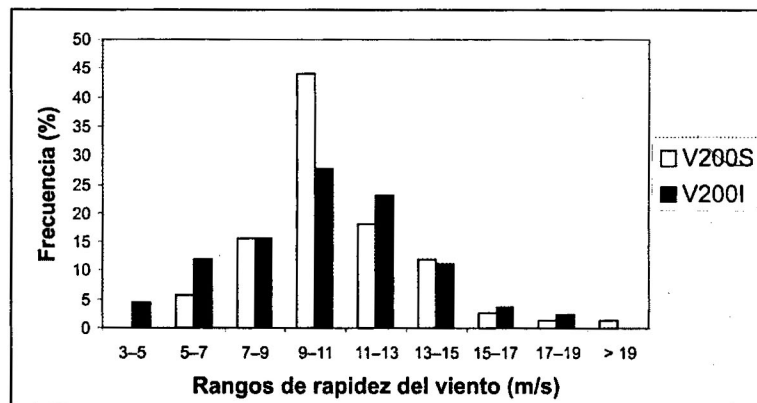


Fig 4. Distribución de frecuencia (%) de los valores de la rapidez del viento en los en los 200 m superior en inferior al MRV durante la ocurrencia del ChBN en el semestre Noviembre – Abril en la estación Casa Blanca a las 0700 hora local.

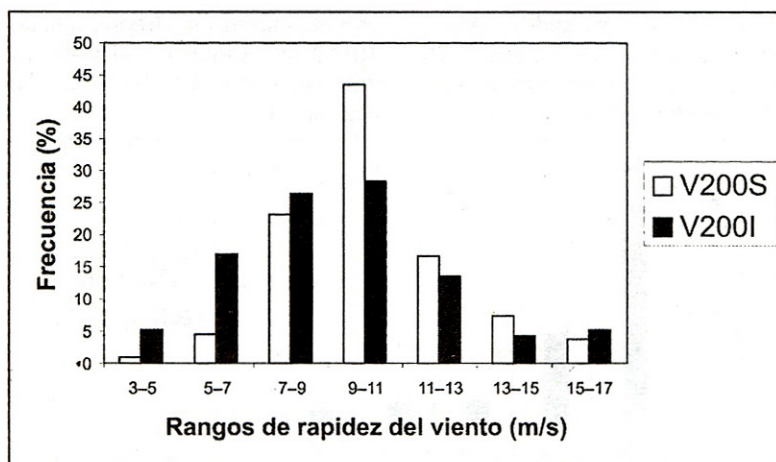


Fig. 5. Distribución de frecuencia (%) de los valores de la rapidez del viento en los 200 m superior en inferior al MRV durante la ocurrencia del ChBN en el semestre Mayo - Octubre en la estación Casa Blanca a las 0700 hora local.

Este criterio de homogeneización del ChBN en todo su espesor durante su aparición se fundamenta más aún cuando se analiza la distribución por rumbos

de la rapidez del viento para los extremos del ChBN (Figuras 6 y 7).

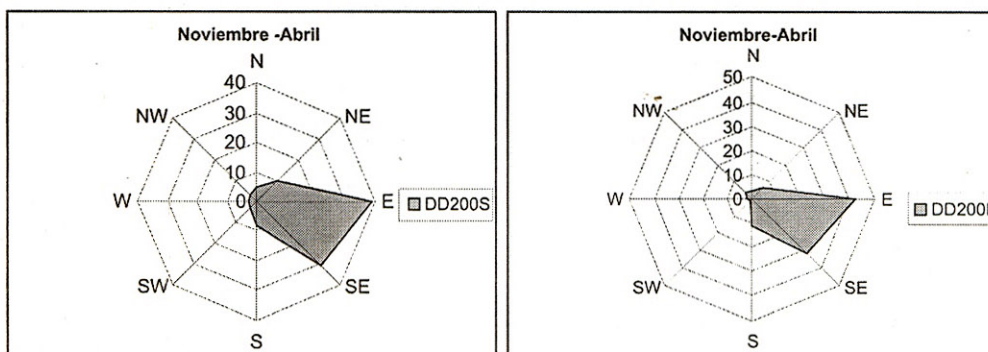


Fig. 6. Distribución de frecuencia (%) por rumbos de la rapidez del viento en los 200 m superior en inferior al MRV durante la ocurrencia del ChBN en el semestre Noviembre - Abril en la estación Casa Blanca a las 0700 hora local.

En las figuras 6 y 7 puede apreciarse que el rumbo E en los extremos del ChBN sigue siendo el predominante, especialmente en la capa de 200 m

inferior al ChBN, la cual se halla próxima a la superficie y en la cual por los estudios referenciados en el artículo predominan los E durante todo el año.

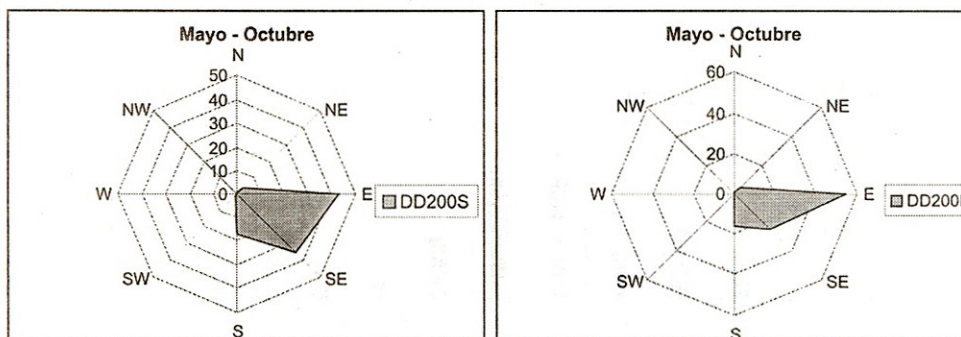


Fig. 7. Distribución de frecuencia (%) por rumbos de la rapidez del viento en los 200 m superior en inferior al MRV durante la ocurrencia del ChBN en el semestre Mayo - Octubre en la estación Casa Blanca a las 0700 hora local.

El comportamiento del viento durante el ChBN tanto en rapidez como en dirección en los extremos confirman el por qué de los valores bajos de la cizalladura vertical del viento entre los extremos y el

máximo del ChBN (SHmax-200s y SHmax-200l, shear del viento entre el máximo y los 200 m superiores e inferiores a él) (Figuras 8 y 9), tanto para un período como en otro.

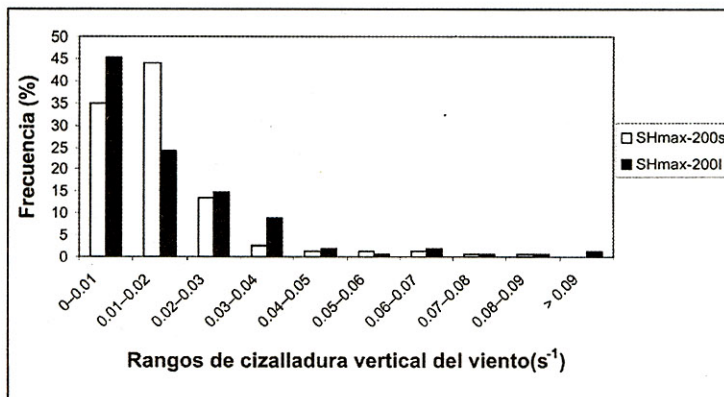


Fig. 8. Distribución de frecuencia (%) de los valores de la cizalladura vertical del viento en los 200 m superior en inferior al MRV durante la ocurrencia del ChBN en el semestre Noviembre – Abril en la estación Casa Blanca a las 0700 hora local.

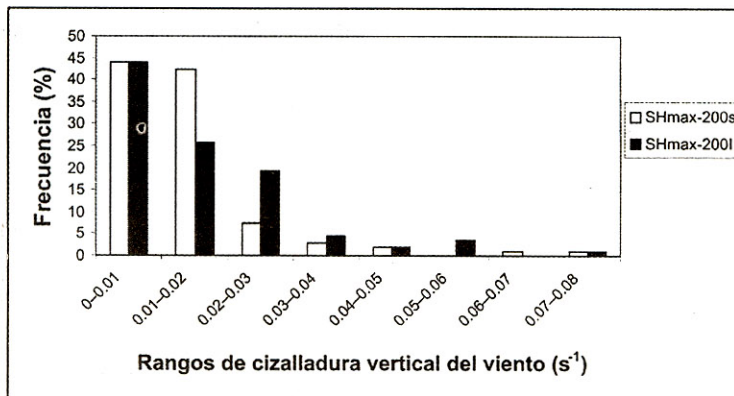


Fig. 9. Distribución de frecuencia (%) de los valores de la cizalladura vertical del viento en los 200 m superior en inferior al MRV durante la ocurrencia del ChBN en el semestre Mayo – Octubre en la estación Casa Blanca a las 0700 hora local.

### Relación del ChBN con las situaciones sinópticas

De acuerdo a las situaciones sinópticas que estaban presente durante la ocurrencia del ChBN, el tipo VIII fue donde más se presentó este fenómeno

para el semestre noviembre – abril, mientras que en el periodo mayo – octubre la situación donde más se presentó este fenómeno fue en el tipo I (Tabla 5).

Tabla 5. Distribución de frecuencia (%) de la ocurrencia del ChBN de acuerdo a la situación sinóptica en la estación Casablanca a las 0700 hora local.

Tipo	Noviembre – Abril	Mayo - Octubre
I	4.54	26.77
II	3.53	15.75
III	8.08	20.47
IV	1.01	11.81
V	1.51	4.72
VI	8.08	1.57
VII	6.56	-
VIII	66.67	18.9

Este resultado muestra la influencia anticlónica en la ocurrencia del ChBN como se había demostrado en anteriores trabajos (Roque, 1991 y 1998) y (Amaro, et al., 1994), pero a diferencia de estos estudios la presencia del anticiclón migratorio en el período poco lluvioso (noviembre – abril) no había sido tan preponderante como en esta estación. Para el período mayo – octubre la influencia del Anticiclón Subtropical del Atlántico Norte tuvo una frecuencia similar a la de los estudios anteriormente citados.

## Conclusiones

En la estación de Casablanca se presenta un máximo de rapidez del viento cuya mayor frecuencia de ocurrencia se encuentra entre los 200 y 400 m de altura y cuya magnitud es más frecuente entre los 8 y 10 m/s en el período noviembre – abril y entre los 4 y 6 m/s en el período Mayo – Octubre, aunque la diferencia con otros rangos de velocidad no es muy apreciable.

La dirección preferente de este máximo es del E, aunque es más notable en el período mayo – octubre (40.5 %) que en el período noviembre – abril (29 %).

El Chorro de los Bajos Niveles se encuentra en más del 70 % de los casos entre la capa 200-600 m. y su frecuencia es mayor en el período mayo – octubre, lo que lo diferencia de los estudios realizados hasta la fecha.

Para ambos períodos la magnitud del chorro de los bajos niveles es más frecuente para valores entre 10 – 12 m/s, aunque valores superiores son fácilmente alcanzables.

Al igual que se produjo para el máximo de rapidez del viento, cuando este es un Chorro de los Bajos Niveles el rumbo predominante es del E, pero no se manifiesta una marcada diferencia entre los dos períodos.

Los valores de rapidez del viento 200 m por encima y por debajo del máximo, el rumbo predominante en esas alturas (E) y los valores de la cizalladura vertical del viento entre esos niveles y el máximo, confirman la homogeneidad del Chorro de los Bajos Niveles durante su presencia en un espesor de 400 mts.

La situación sinóptica imperante durante la ocurrencia del Chorro de los Bajos Niveles es la de tipo anticlónico como se había manifestado de igual manera en estudios anteriores.

## Bibliografía

**Amaro, L. et al., (1986):** El chorro de los Bajos Niveles en Cienfuegos. Insmet. ACC (inédito), 10p.

**Amaro, L. et al., (1990):** Caracterización de la humedad, la temperatura y el viento en la Capa Fronteriza de Camagüey. Informe de resultado de investigación 421.06, Dpto Aerología, Insmet, ACC, Nov 1990, 51 p.

**Amaro, L. et al., (1992):** Distribución vertical del viento en la atmósfera de Moa. Rev. Cub. Met., vol. 5, No. 2, pp 74-81.

**Amaro, L. et al. (1994):** Caracterización aerológica de las capas bajas de la troposfera en la región de La Quebrada. Informe científico – técnico. Insmet. 100 p.

**Alvarez, O. et al. (1994):** Estudio químico – climatológico de la región de Varadero asociado al desarrollo petrolero. Informe Científico – Técnico, Insmet, 92 p.

**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.

**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, 30 p.

**López, C. et al. (1994):** Estudio del medio ambiente atmosférico en Cayo Coco para su aplicación a la actividad turística. Informe científico – técnico del Instituto de Meteorología. ACC, 100 p.

**Roque, A. (1991):** Estudio Físico – Estadístico de los máximos significativos de la rapidez del viento en la Capa Fronteriza Planetaria. Trabajo de Diploma. Universidad de La Habana, 57 p.

**Roque, A. (1998):** Estudio de los máximos significativos de la rapidez del viento en la región de La Quebrada. Rev. Bras. Meteorología, vol. 12, No. 2, p 51-63.

**Roque, A. (2004):** Principales características del viento en la capa fronteriza planetaria sobre Casablanca. Rev. Cub. Meteorología, vol. 11, No. 2.

## Agradecimientos

El autor desea expresar su agradecimiento a los técnicos Reinaldo Báez, Eloida Hechavarría y Leticia Muñiz por sus colaboraciones en la realización de este trabajo.

### Abstract

*In this paper a characterization of the Low Level Jet (LLJ) is made, which constitutes a particular case of wind maximum. This characterization was made for the Casa Blanca station at 0700 local time (12 GMT).*

*The study corroborated the height between 200 m and 400 m as layer most frequent where the phenomenon occur, although it is possible its occurrence in other height below 1 km. The values of wind rapidity were more frequent between 10 and 12 m/s, although it can surpass the 20 m/s. The wind direction between southeast and east were the predominant.*

*For 200 m superior and inferior from maximum of wind rapidity, were found similar characteristics respect to rapidity and direction of wind, denoting the high homogeneity of phenomenon during its appearance.*

**Key words:** Low Level Jet, wind maximum