

Distribución horaria de la magnitud del viento en Costa Rica

ANA CECILIA MUÑOZ

Escuela de Física, Instituto Tecnológico de Costa Rica,
Cartago, Costa Rica

Walter Fernández, Jorge A. Gutiérrez y Eladio Zárate

Laboratorio de Investigaciones Atmosféricas y Planetarias,
Escuela de Física y Centro de Investigaciones Geofísicas,
Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica

(Recibido 20 de enero 2002, Aceptado 24 de marzo 2002)

ABSTRACT

The diurnal variations of wind speed at 20 stations located in different parts of Costa Rica are analyzed. At the majority of the stations, the wind speed starts increasing at about 5 a.m. and reaches its maximum value near noon. The minimum values occur during the night or early morning. During the night the variation in wind speed is relatively small.

The analysis of the hourly wind speed distributions, as well as the analysis of monthly wind speed distribution, indicate that the stations of the Central Valley and the North-Pacific region, except Puntarenas and Taboga (located near the coast), show a significant decrease in wind speed between April and May, as well as a significant increase in wind speed between November and December. These periods coincide with the transition periods from the dry to the rainy season and from the rainy to the dry season, respectively. The results show that La Tejona station presents the highest wind speed values. The lowest values in wind speed are found in the stations located in the South-Pacific region.

1. Introducción

Variaciones diurnas de la magnitud del viento cerca de la superficie en diferentes lugares (e.g., Crawford y Hudson, 1973; Mahrt, 1981), promediadas sobre períodos relativamente largos, muestran que la magnitud del viento se incrementa marcadamente después de la salida del sol, alcanza su máximo valor temprano en la tarde y decrece significativamente hasta cerca de la puesta del sol, después de la cual se observa un decrecimiento. Durante la noche la magnitud del viento cambia muy poco.

El suelo se ajusta más rápido que el aire sobre él a un cambio en el flujo de energía solar (calentamiento o enfriamiento radiativo). Debido a esto, cuando un enfriamiento en la superficie toma lugar, una capa térmica interna (Townsend, 1976) se propaga lejos del suelo a través de la capa superficial (Antonia et al, 1979). Como lo menciona Antonia et al. (1979), Townsend (1976)

describe una tendencia a la desaceleración del flujo medio con el colapso del movimiento turbulento del flujo medio, cuando el número de Richardson excede un valor crítico. El incremento en la magnitud del viento cerca de la superficie que sigue al rompimiento de la inversión de la mañana se debe a una rápida y eficiente transferencia de momentum (cantidad de movimiento) desde afuera a través de la capa límite planetaria, la cual evoluciona inestablemente (o convectivamente) en el día (e.g., Arya, 1988). Algo similar ocurre durante los eclipses de sol (e.g., Fernández et al., 1994).

En este trabajo se analiza la distribución horaria de la velocidad del viento para estaciones que poseen esta información en Costa Rica. Otros trabajos de los autores tratan sobre la variación estacional del viento en Costa Rica y su relación con los regímenes de lluvia (Muñoz et al., 2002a) y sobre el potencial de energía eólica en Costa Rica (Muñoz et al., 2002b).

La Tabla 1 muestra la longitud de la serie de datos

1 Corresponding author address: Ana Cecilia Muñoz, Escuela de Física, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
E-mail: cmunoz@itcr.ac.cr

TOPICOS METEOROLOGICOS Y OCEANOGRAFICOS

Tabla 1: Período del registro de datos de la velocidad del viento en las estaciones utilizadas en este estudio

| ESTACION | Años de registro de la velocidad horaria | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 7 1 | 7 2 | 7 3 | 7 4 | 7 5 | 7 6 | 7 7 | 7 8 | 7 9 | 8 0 | 8 1 | 8 2 | 8 3 | 8 4 | 8 5 | 8 6 | 8 7 | 8 8 | 8 9 | 9 0 | 9 1 | 9 2 | 9 3 | 9 4 | 9 5 | 9 6 | 9 7 | 9 8 |
| AEROP. JUAN SANTAMARIA | | | | x | x | x | x | x | X | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | X |
| COBAL, GUACIMO | x | x | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DAMAS, QUEPOS | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | | |
| EL CARMEN, SIQUIRRES | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | |
| EST. EXP. FABIO BAUDRIT | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | | |
| FORTUNA, BAGACES | | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | |
| LIBERIA. | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | |
| LIMON | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| LOS CHILES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | | | | | |
| NICOYA | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | |
| PALMAR SUR | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | | |
| PINDECO | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | |
| PUNTARENAS | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | |
| SANTA CLARA | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | | |
| SANTA CRUZ | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | | |
| SABANILLA | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | | |
| SAN JOSE | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TABOGA | | x | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | | | | | | | | | | |
| TIERRA | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | | | | | | |
| UPALA | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | | | | | | | |

de la velocidad del viento, para cada estación. Como no se puede escoger un período común para todas las estaciones, se calculó el valor promedio horario utilizando toda la serie de datos disponible. Los valores promedio horario de la rapidez del viento fueron suministrados especialmente para este trabajo de investigación, por el Instituto Meteorológico Nacional. Para la estación La Tejona se calculó el valor promedio horario a partir de los

datos horarios suministrados por el Instituto Costarricense de Electricidad.

Para cada una de las estaciones se muestran cuatro gráficos, con la distribución horaria de la velocidad del viento para tres meses consecutivos. Se ilustra así el comportamiento horario de la rapidez del viento para todos los meses del año.

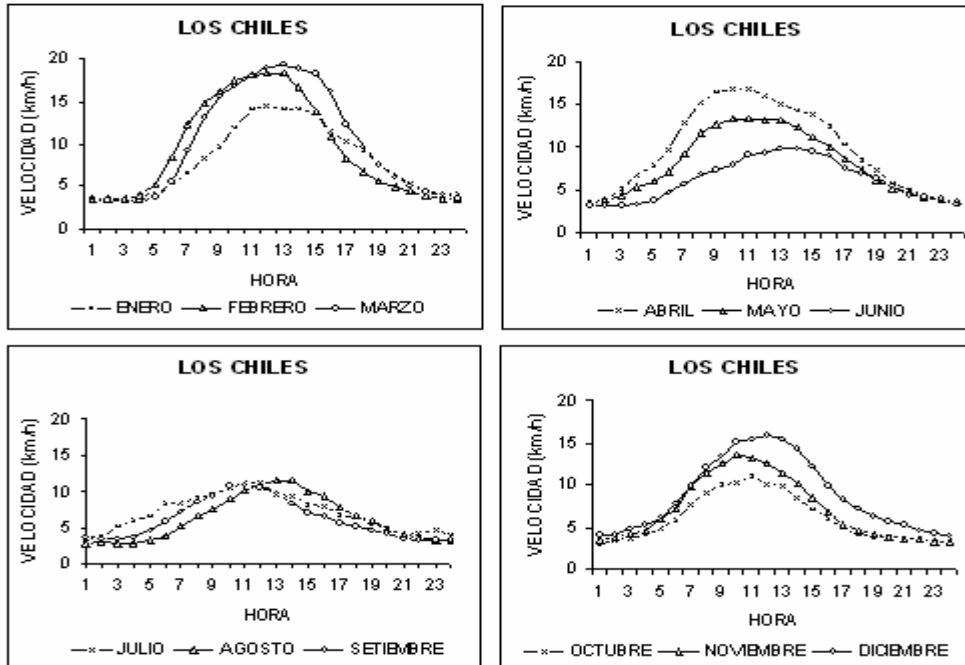


Figura 1: Distribución horaria de la velocidad del viento a una altura de 10 m en la estación Los Chiles (1991-94) y para los meses mostrados.

2. Zona Norte

La Figura 1 muestra la distribución de la velocidad horaria promedio del viento para todos los meses del año en la estación Los Chiles. La distribución es diferente para los diversos meses del año y los valores máximos se presentan entre las 10 y las 14 horas, variando

entre 9.9 km/h en junio y 19.4 km/h en marzo. Los valores mínimos se aprecian en las horas de la noche y de la madrugada, variando entre 2.7 km/h en agosto y 3.9 km/h en diciembre. En algunos meses del año se observa que la velocidad varía poco con respecto al tiempo entre las 19 y las 4 horas. La dirección predominante del viento para todas las horas del día y durante el año es del este, con

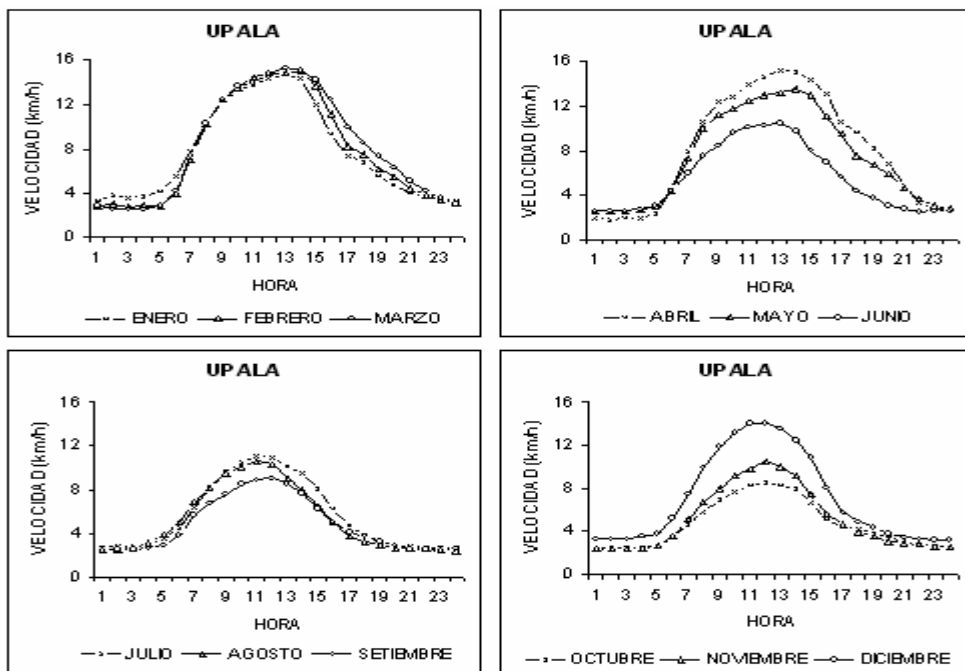


Figura 2: Distribución horaria de la velocidad del viento a una altura de 10 m en la estación Upala (1983-87) y para los meses mostrados.

TOPICOS METEOROLOGICOS Y OCEANOGRAFICOS

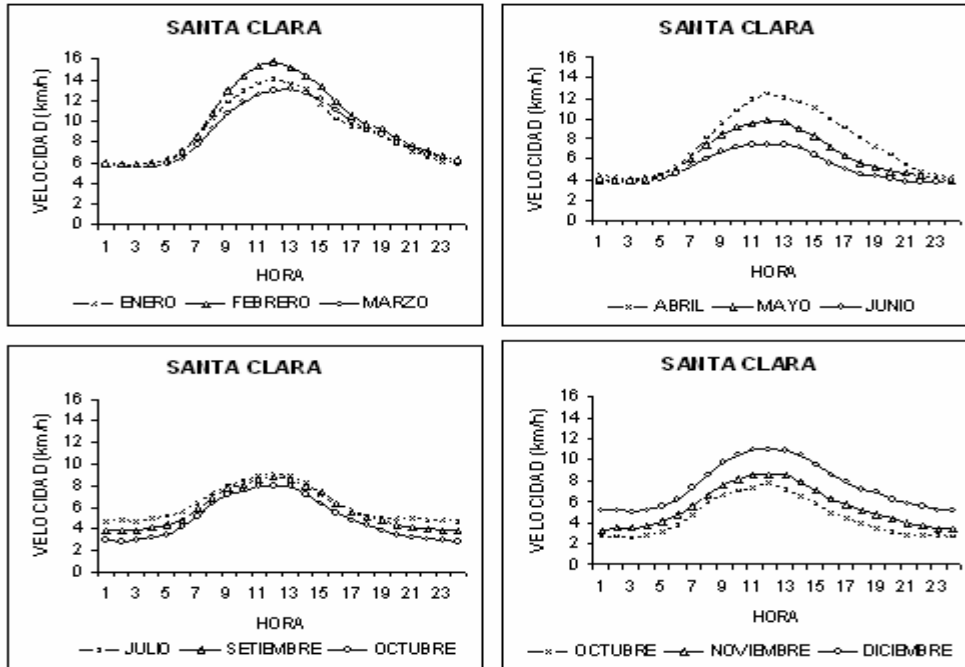


Figura 3: Distribución horaria de la velocidad del viento a una altura de 10 m en la estación Santa Clara (1983-97) y para los meses mostrados.

presencia de algunos nortes y norestes en las noches y madrugadas.

La distribución de la velocidad horaria promedio del viento para todos los meses del año en la estación Upala, se muestra en la Figura 2. La distribución es bastante regular para los diferentes meses del año. Los valores máximos se presentan entre las 11 y las 14 horas, variando entre 8.6 km/h en octubre y 15.3 km/h en marzo.

Los valores mínimos se presentan en las horas de la noche y de la madrugada, variando entre 1.8 km/h en abril y 2.3 km/h en octubre. En la mayoría de los meses del año se observa que la rapidez varía poco con respecto al tiempo entre las 19 y las 5 horas.

Se aprecia una disminución apreciable de la rapidez del viento entre los meses de mayo y junio y un aumento entre los meses de noviembre y diciembre,

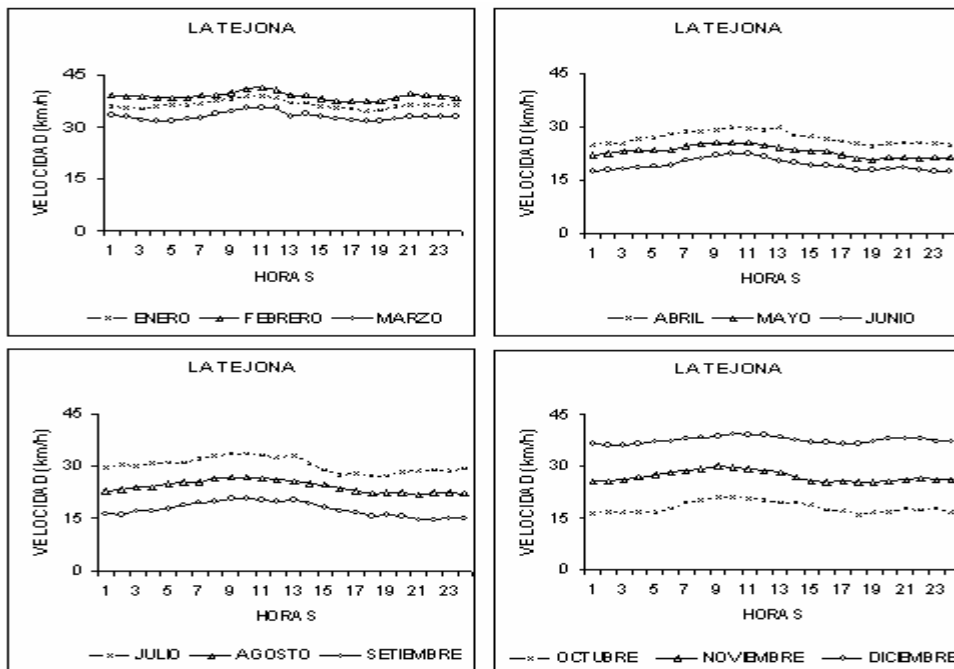


Figura 4: Distribución horaria de la velocidad del viento a una altura de 10 m en la estación La Tejona (1991-97) y para los meses mostrados.

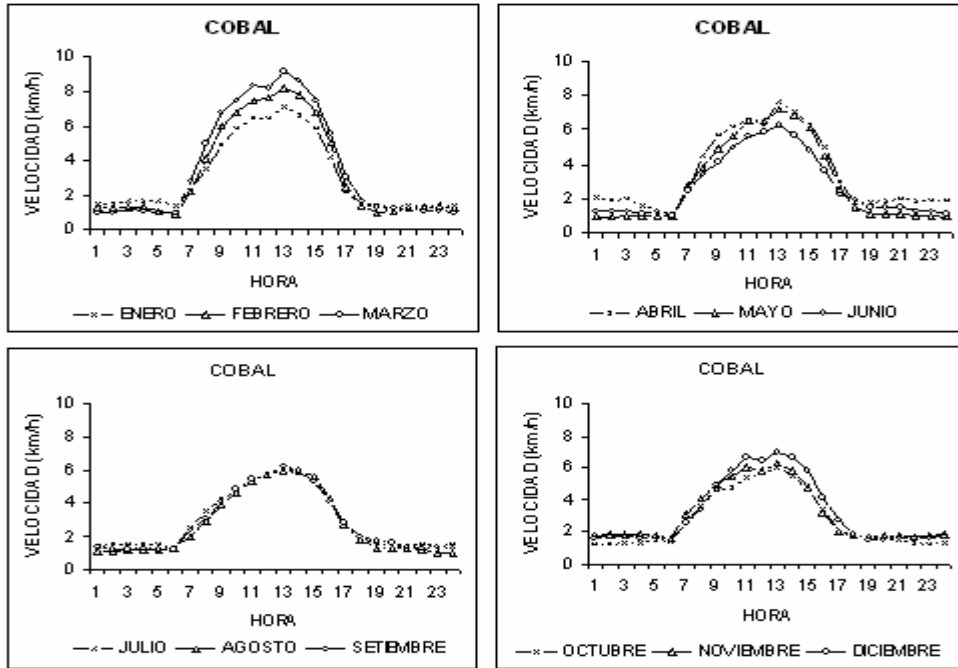


Figura 5: Distribución horaria de la velocidad del viento a una altura de 10 m en la estación Cobal (1971-76) y para los meses mostrados.

coincidiendo con la época de transición de la estación seca a la estación lluviosa y de la estación lluviosa a la estación seca, respectivamente. La dirección predominante del viento para casi todas las horas del día y durante todo el año es del E y SE (viento alisio), sin embargo en los meses de setiembre, octubre y noviembre, se presentan algunos casos del S, O y SO, en las horas de la noche y la madrugada.

En la Figura 3 se muestra la distribución de la

rapidez horaria promedio del viento para todos los meses del año en la estación Santa Clara.

La distribución de la velocidad es bastante similar para los diferentes meses del año. Los valores máximos se presentan entre las 11 y las 13 horas, variando entre 7.5 km/h en junio y 15.7 km/h en febrero. Los valores mínimos se aprecian en las horas de la noche y de la madrugada, variando entre 2.6 km/h en octubre y 5.8 km/h

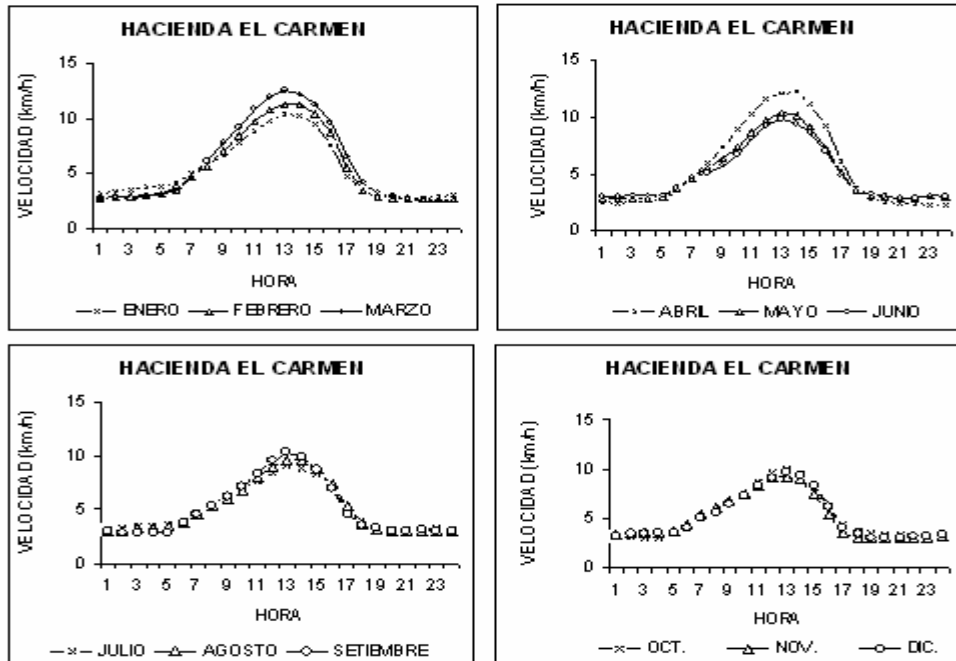


Figura 6: Distribución horaria de la velocidad del viento a una altura de 10 m en la estación Hacienda El Carmen (1982-98) y para los meses mostrados.

TOPICOS METEOROLOGICOS Y OCEANOGRAFICOS

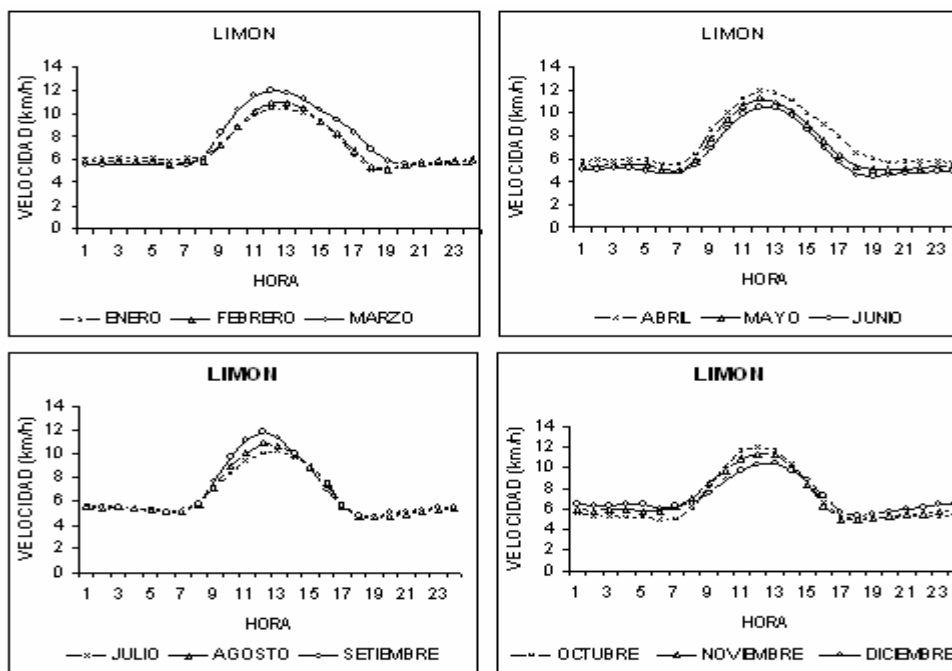


Figura 7: Distribución horaria de la velocidad del viento a una altura de 10 m en la estación Limón (1970-96) y para los meses mostrados.

en febrero.

En la mayoría de los meses del año se observa que la rapidez es relativamente constante entre las 18 y 5 horas. Durante los meses comprendidos entre diciembre y abril la velocidad del viento es mayor que entre los meses de mayo a octubre.

La dirección predominante durante todo el año y para todas las horas del día es del norte, en los meses de abril, mayo, junio y octubre hay presencia de algunos

casos con vientos de O y SO en la noche y madrugada.

La figura 4 muestra la distribución de la rapidez horaria del viento en la estación La Tejona. Los valores máximos se presentan alrededor de las 9 horas, variando entre 20.9 km/h en setiembre y 41.2 km/h en febrero. Los valores mínimos ocurren en las horas de la tarde y la noche, con valores entre 14.8 km/h en setiembre y 36.1 km/h en diciembre.

El período escogido para procesar esta información

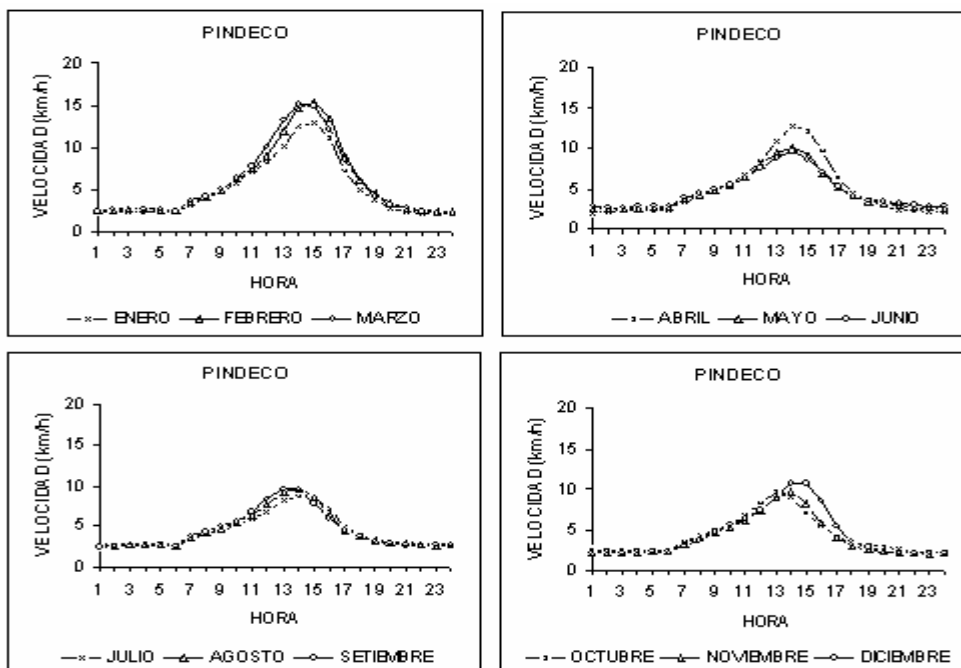


Figura 8: Distribución horaria de la velocidad del viento a una altura de 10 m en la estación Pindeco (1985-96) y para los meses mostrados.

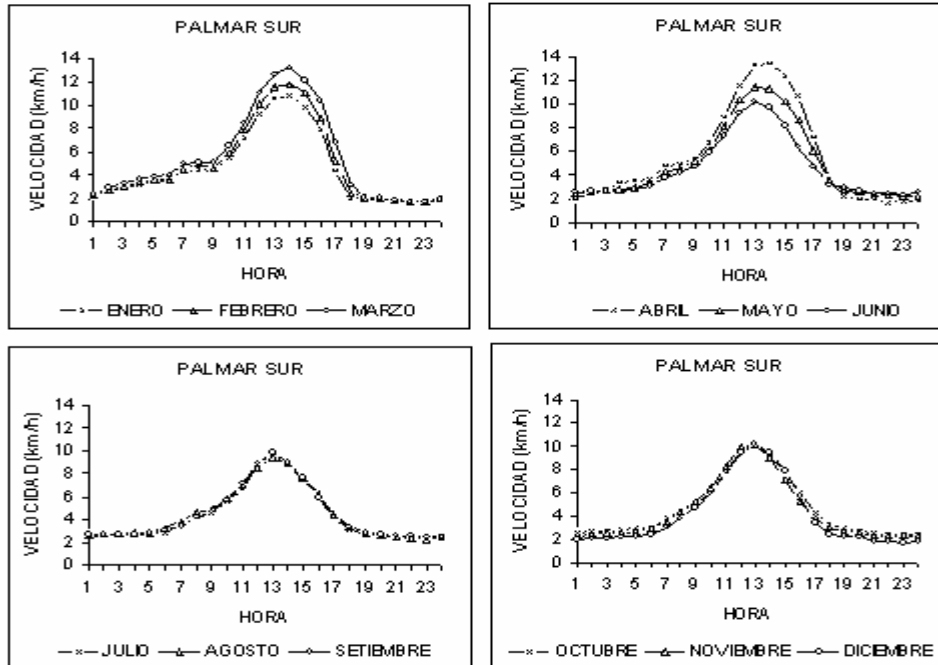


Figura 9: Distribución horaria de la velocidad del viento a una altura de 10 m en la estación Palmar Sur (1973-93) y para los meses mostrados.

(1991-1996) es posterior a la construcción del Embalse de Arenal. De acuerdo con los resultados obtenidos por Fernández et al, 1986, después de la construcción del embalse se observó durante el año, un incremento en la magnitud de la velocidad del viento y una reducción en la amplitud de su variación diurna. La superficie del embalse ofrece menos fricción al viento alisio, además,

durante el día, éste se refuerza debido a la presencia de la brisa de lago y el flujo pendiente arriba, producto de la inclinación del terreno sobre el cual se encuentra instalada la estación.

Durante la noche existe la brisa de tierra y un flujo pendiente abajo, debido a un gradiente de temperatura menor al que se presenta durante el día. Estos vientos

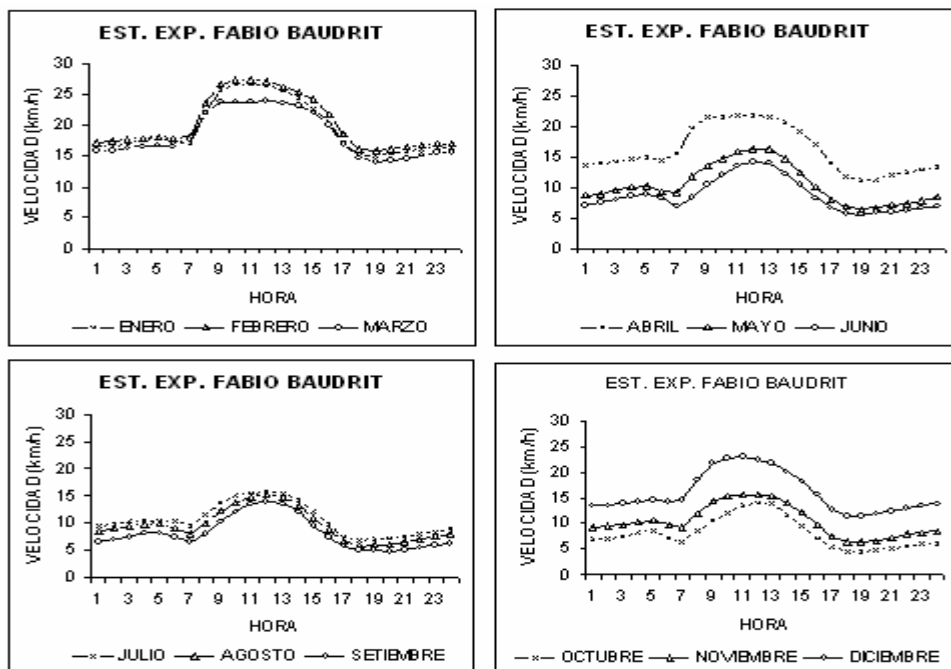


Figura 10: Distribución horaria de la velocidad del viento a una altura de 10 m en la estación experimental Fabio Baudrit (1973-94) y para los meses mostrados.

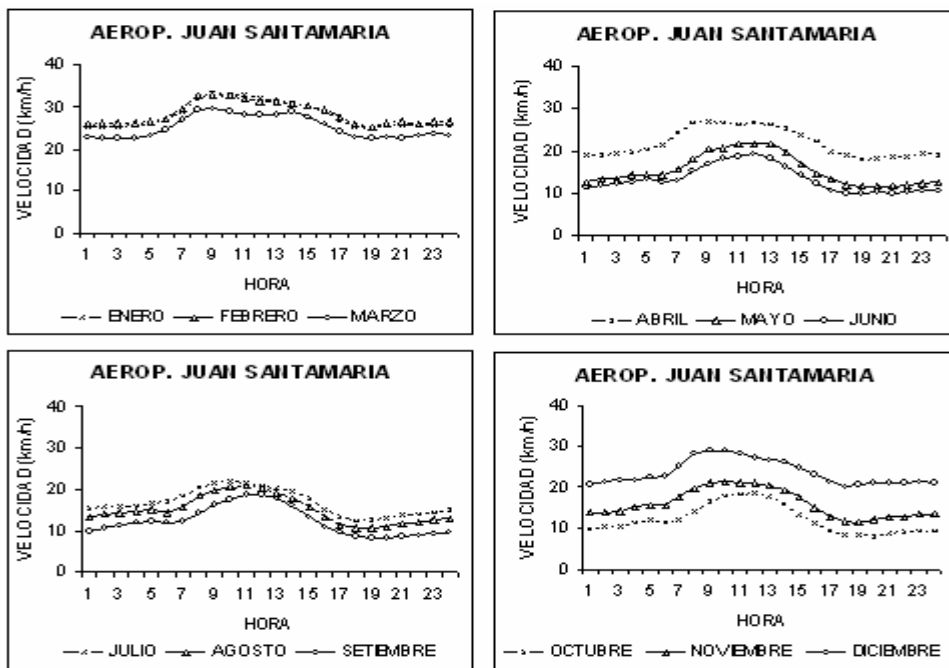


Figura 11: Distribución horaria de la velocidad del viento a una altura de 10 m en la estación Aeropuerto Juan Santamaría (1972-98) y para los meses mostrados.

producen una pequeña reducción en la velocidad del flujo que prevalece y permiten que la variación de la magnitud del viento a través del día no sea tan marcada.

3. Región Caribe

La distribución de la rapidez horaria del viento para todo el año de la estación Cobal se muestra en la Figura 5. Los valores mínimos de la velocidad del viento ocurren en las

horas de la noche y de la madrugada, variando entre 0.9 km/h en febrero y mayo y 1.6 km/h en noviembre. Los valores máximos se presentan a las 13 horas, alcanzando valores entre 6 km/h en agosto y octubre y 9.2 km/h, en marzo. Se observa además que entre las 19 y las 6 horas la rapidez no varían mucho con respecto al tiempo y los valores de la velocidad son muy similares en los diferentes meses del año.

La dirección predominante durante el año y para

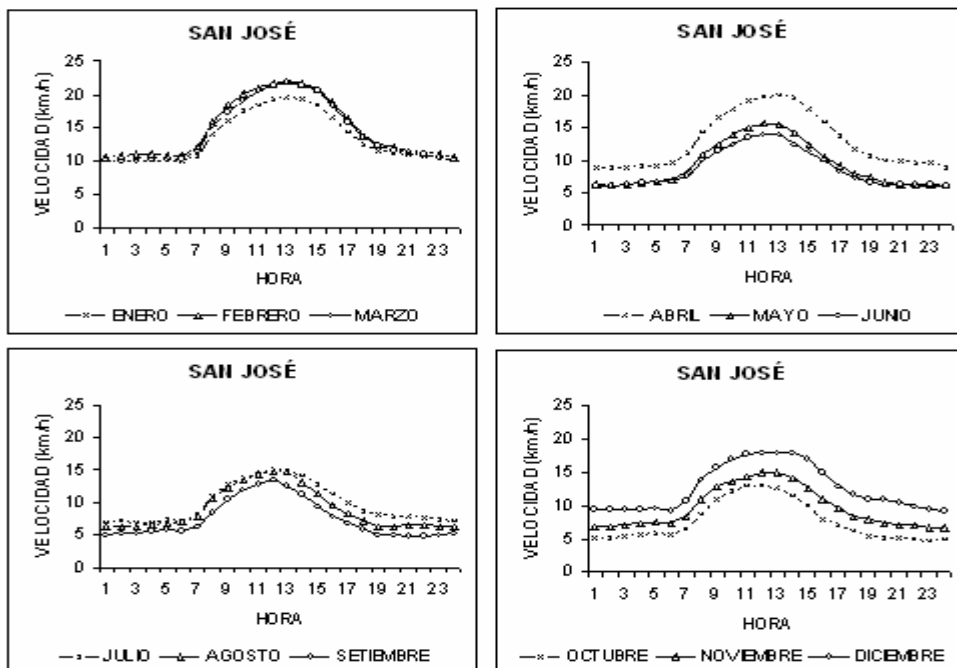


Figura 12: Distribución horaria de la velocidad del viento a una altura de 10 m en la estación San José (1970-80) y para los meses mostrados.

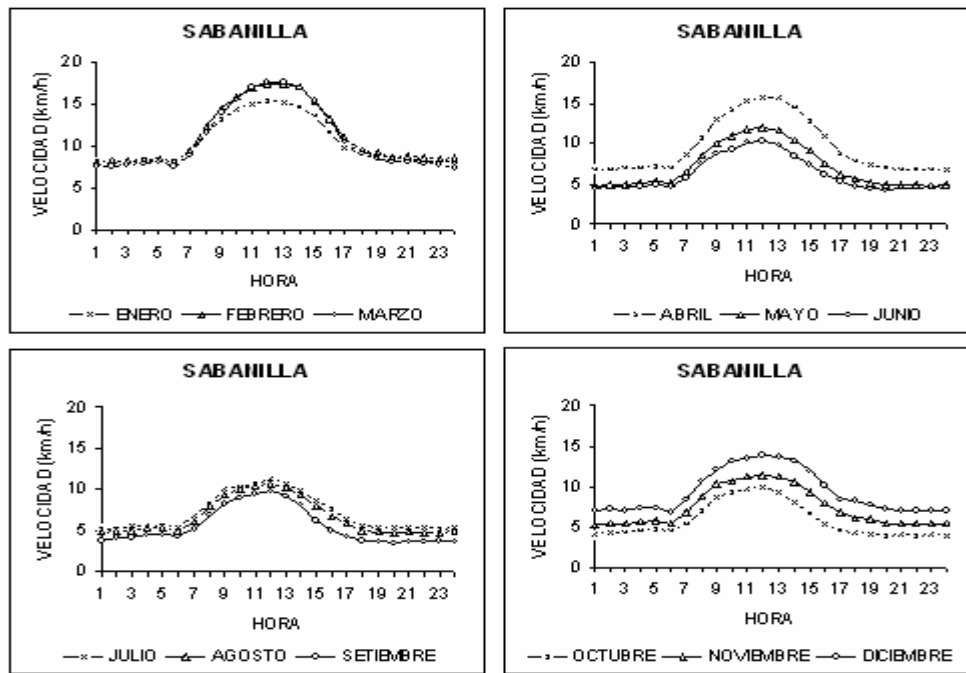


Figura 13: Distribución horaria de la velocidad del viento a una altura de 10 m en la estación Sabaniilla (1982-95) y para los meses mostrados.

todas las horas del día es del E y NE. Se aprecian algunos casos con dirección S, O y NE en la noche y madrugada, antes de las 7 de la mañana.

La distribución de la rapidez horaria del viento para todos los meses del año en la estación Hacienda Carmen está dada en la Figura 6. Los valores mínimos de la rapidez del viento se presentan en las horas de la noche y de la madrugada, variando entre 2.3 km/h en abril y 3.1 km/h

en octubre. Los valores máximos ocurren entre las 13 y 14 horas, alcanzando valores entre 9.2 km/h, en julio y 12.5 km/h, en marzo.

Se observa además que entre las 19 y 6 horas la velocidad no varía mucho con respecto al tiempo y la distribución horaria del viento en los últimos seis meses del año es muy similar. Entre las 9 y 17 horas la dirección predominante durante el año es NE y E y entre las 17 y las

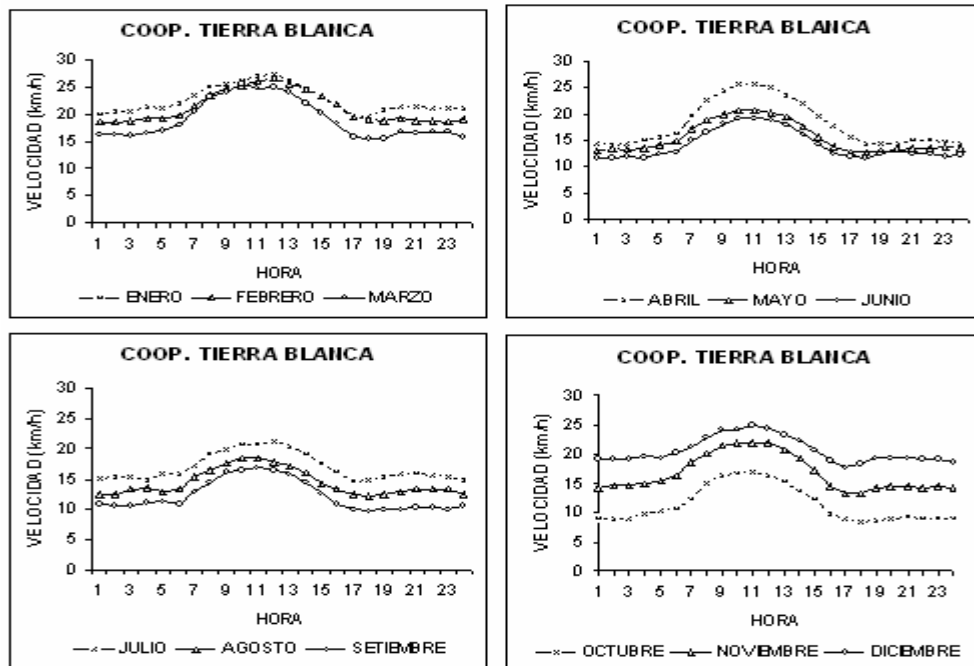


Figura 14: Distribución horaria de la velocidad del viento a una altura de 10 m en la estación Coop. Tierra Blanca (1986-90) y para los meses mostrados.

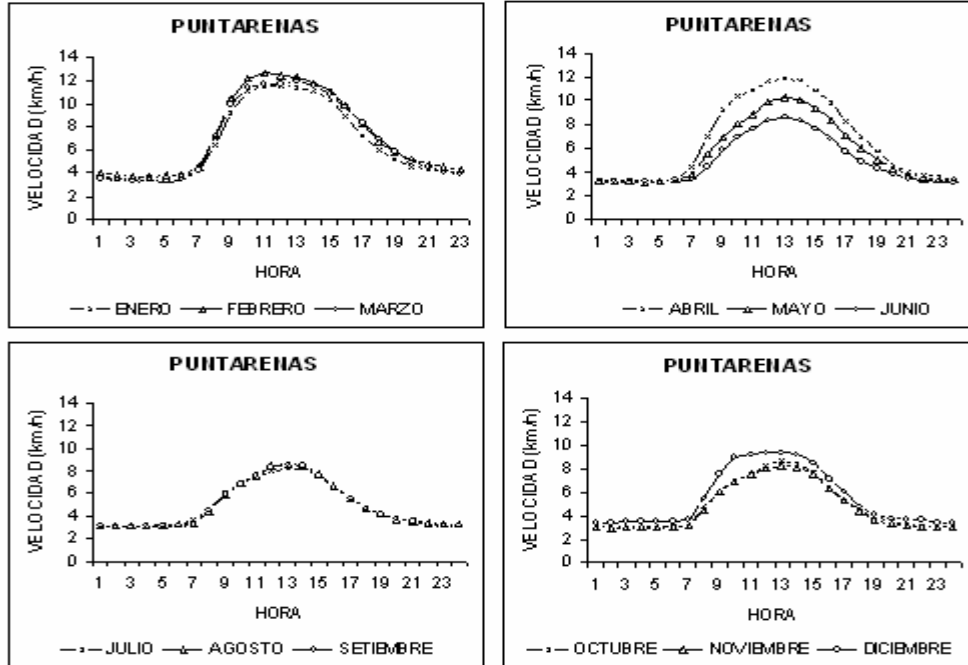


Figura 15: Distribución horaria de la velocidad del viento a una altura de 10 m en la estación Puntarenas (1971-94) y para los meses mostrados.

9 horas la dirección predominante es O, S, y SO (viento alisio y oestes ecuatoriales).

La Figura 7 muestra la distribución de la velocidad horaria promedio en la estación de Limón, la cual es bastante regular para todos los meses del año.

Los valores mínimos ocurren en las horas de la noche y la madrugada, variando entre 4.5 km/h en junio y 5.7 km/h, en abril y los máximos entre las 12 y las 13 horas, variando entre 10.3 km/h, en julio y 11.9 km/h en abril. Se observa que la rapidez no varía mucho con respecto al tiempo entre las 18 y 7 horas. La dirección predominante durante el año es N y NE entre las 9 y 17 horas y SO y O entre las 17 y 9 horas, con presencia de algunos NO (Viento alisio y brisa de tierra con oestes ecuatoriales).

4. Pacífico Sur

La Figura 8 muestra la distribución de la velocidad horaria promedio del viento para todos los meses del año en la estación Pindeco.

La distribución es similar para todos los meses del año. Los valores máximos se presentan entre las 13 y las 15 horas, variando entre 8.7 km/h en julio y 15.3 km/h en febrero. Los valores mínimos se aprecian en las horas de la noche y de la madrugada, variando entre 1.9 km/h en noviembre y 2.6 km/h en junio. En la mayoría de los meses del año se observa que la velocidad varía poco con respecto al tiempo entre las 19 y las 6 horas. En cuanto a la dirección del viento, entre las 8 y 12 horas se presentan

muchos casos de viento variable, en las horas de la tarde viento del SO, asociado con la brisa de mar y en las horas de la noche y hasta las siete de la mañana, viento con dirección O (Oestes ecuatoriales).

En la Figura 9 se muestra la distribución de la velocidad horaria promedio del viento para todos los meses del año en la estación Palmar Sur. La distribución es similar para todos los meses del año. Los valores máximos se presentan entre las 12 y las 13 horas, variando entre 9.4 km/h en agosto y 13.4 km/h en marzo. Los valores mínimos ocurren en las horas de la noche y de la madrugada, variando entre 1.7 km/h de enero a abril y 2.5 km/h en setiembre y octubre. En todos los meses del año se observa que la rapidez varía poco con respecto al tiempo entre las 18 y las 6 horas.

Durante todo el año se nota la presencia de brisa del mar, dirección del viento del O, entre las 10 y 18 horas. En enero y febrero se observan inclusive hasta las 21 horas (Oestes ecuatoriales). En las horas de la noche y la madrugada se mantiene el viento del E, NE y SE (viento alisio)

5. Valle Central

La estación Fabio Baudrit (Figura 10) muestra una distribución de la velocidad horaria del viento diferente para cada uno de los meses del año. Los valores mínimos de la rapidez del viento ocurren en las horas de la noche y de la madrugada, variando entre 4.5 km/h en octubre y 15.9 km/h en febrero. Los valores máximos se presentan entre las 10 y las 12 horas, alcanzando valores entre 14.1

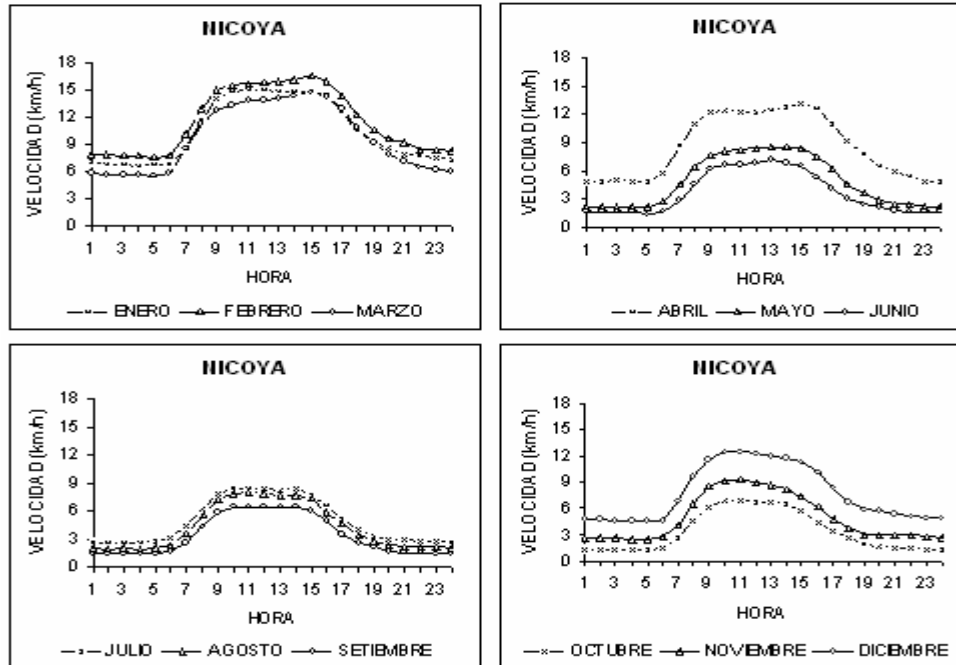


Figura 16: Distribución horaria de la velocidad del viento a una altura de 10 m en la estación Nicoya (1971-83) y para los meses mostrados.

km/h, en setiembre y octubre y 27.3 km/h, en febrero. La dirección predominante del viento durante los meses de diciembre y abril es del E, durante el día, y NE, en la noche y madrugada. Entre mayo y noviembre se observa la presencia de brisa de mar del Pacífico, viento del SO, entre las nueve y las siete de la noche en algunos casos. (Oestes ecuatoriales). El período con vientos del SO es menor en mayo y en noviembre, en julio se hace más pequeño coincidiendo con la ocurrencia del veranillo.

La distribución de la velocidad horaria del viento para todos los meses del año en la estación Aeropuerto Juan Santamaría se muestra en la Figura 11. Se observa que la distribución de la rapidez es similar de diciembre a abril. El resto de los meses se puede agrupar con otra forma similar. Los valores máximos se presentan entre las 9 y las 12 horas, variando entre 18.6 km/h en octubre y 33.4 km/h en enero. Los valores más bajos se aprecian en las horas de la noche y de la madrugada, con mínimos en la noche entre 8 km/h en octubre y 25.3 km/h en febrero.

La dirección predominante entre diciembre y abril y también en julio, para todas las horas del día es del E. (viento alisio). En los meses de mayo, junio, agosto y setiembre se observa entre las 11 y 16 horas viento con dirección SO (brisa de mar) y viento alisio para el resto del día. Para los meses de setiembre y octubre el comportamiento es similar, aunque la brisa de mar se presenta entre las 9 y 17 horas.

La Figura 12 muestra la distribución de la velocidad horaria del viento para todos los meses del año en la estación San José.

Se observa que la distribución de la rapidez es

similar para todos los meses del año. Los valores máximos se presentan entre las 11 y las 13 horas, variando entre 13 km/h en octubre y 22 km/h en febrero. Los valores mínimos se observan en las horas de la noche y de la madrugada, variando entre 4.7 km/h en octubre y 10.6 km/h en febrero. Para cada uno de los meses se observa que la rapidez varía poco con respecto al tiempo entre las 16 y las 6 horas. Además se aprecia una disminución apreciable de la velocidad del viento entre los meses de abril y mayo, época de transición de la estación seca a la estación lluviosa y un aumento apreciable de la velocidad del viento entre los meses de noviembre a diciembre, época de transición de la estación lluviosa a la estación seca. La dirección NO es la predominante para todas las horas durante el año.

La distribución de la velocidad horaria promedio del viento para todos los meses del año en la estación Sabanilla se muestra en la Figura 13. Se observa una distribución similar para todos los meses.

Los valores máximos se aprecian entre las 12 y las 13 horas, variando entre 9.7 km/h en setiembre y 17.4 km/h en febrero. Los valores mínimos se presentan en las horas de la noche y de la madrugada, variando entre 3.5 km/h en setiembre y 8.0 km/h en enero. Para cada uno de los meses se observa que la rapidez varía poco con respecto al tiempo entre las 19 y las 6 horas. Se nota una disminución apreciable de la velocidad del viento entre los meses de abril y mayo y un aumento significativo de la velocidad del viento entre los meses de noviembre a diciembre, coincidiendo con la época de transición de la estación seca a la estación lluviosa y de la estación

TOPICOS METEOROLOGICOS Y OCEANOGRAFICOS

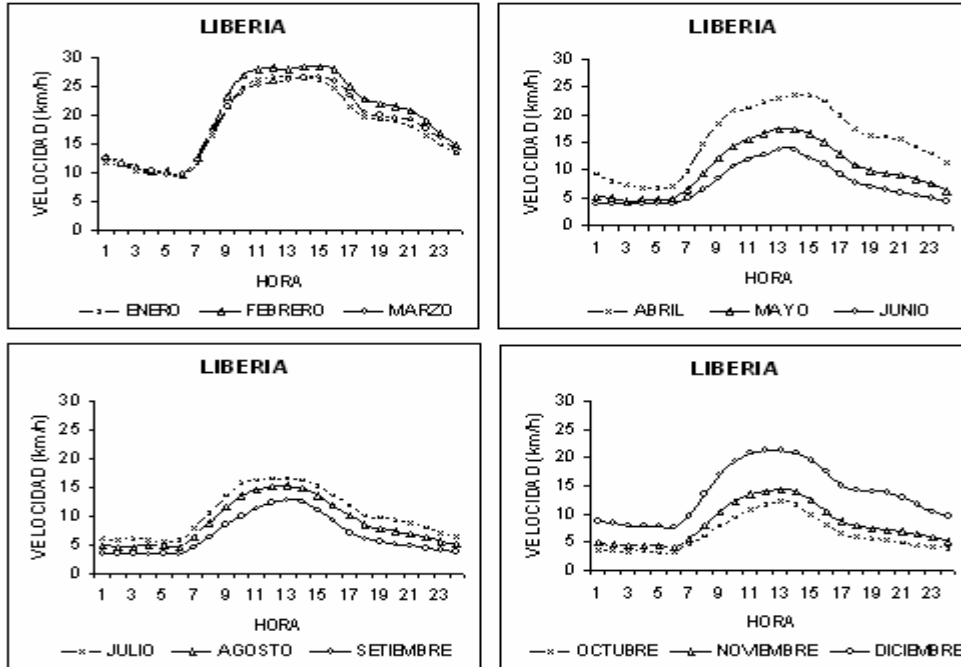


Figura 17: Distribución horaria de la velocidad del viento a una altura de 10 m en la estación Liberia (1974-99) y para los meses mostrados.

lluviosa a la estación seca, respectivamente.

La dirección predominante para todas las horas del día es del NE y en menor grado del E, la cual se manifiesta en la noche y madrugada, antes de las seis horas (viento alisio).

La Figura 14 muestra la distribución de la velocidad

horaria promedio del viento para todos los meses del año en la estación Coop. Tierra Blanca. Se observa una distribución similar para todos los meses. Los valores máximos se presentan entre las 10 y las 12 horas, variando entre 16.9 km/h en setiembre y 27.2 km/h en enero. Los valores mínimos se aprecian en las horas de la noche y de

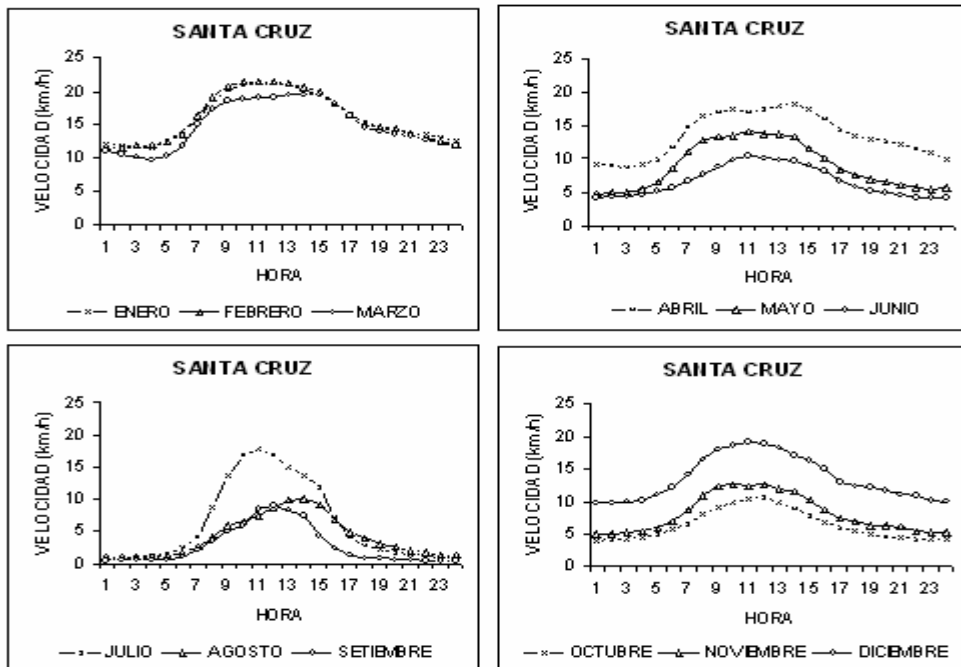


Figura 18: Distribución horaria de la velocidad del viento a una altura de 10 m en la estación Santa Cruz (1984-96) y para los meses mostrados.

la madrugada, variando entre 8.4 km/h en octubre y 19.3 km/h en enero. Para cada uno de los meses se nota que la rapidez varía poco con respecto al tiempo entre las 17 y las 6 horas. Se advierte una disminución apreciable de la velocidad del viento entre los meses de abril y mayo y un aumento apreciable entre los meses de noviembre a diciembre, coincidiendo con la época de transición de la estación seca a la estación lluviosa y de la estación lluviosa a la estación seca, respectivamente. El viento alisio, con dirección E, está presente en esta estación durante todas las horas del día y para todo el año.

6. Pacífico Norte

La estación Puntarenas (Figura 15) muestra una distribución de la velocidad horaria promedio del viento variable a través del año, aunque en el tercer trimestre los valores de rapidez son semejantes. Los valores máximos se presentan entre las 10 y las 13 horas, variando entre 8.3 km/h en noviembre y 12.6 km/h en febrero. Los valores mínimos ocurren en las horas de la noche y de la madrugada, variando entre 2.9 km/h en mayo y noviembre y 3.7 km/h en marzo. En todos los meses del año se observa que la rapidez varía poco con respecto al tiempo entre las 19 y las 7 horas. La presencia de los vientos alisios, con dirección E y NE, se ve interrumpida por la brisa de mar del Pacífico, con dirección S y SO, durante todo el año, entre las 8 y 18 horas.

En la Figura 16 muestra la distribución de la velocidad horaria promedio del viento para todos los

meses del año en la estación Nicoya.

La distribución de la rapidez varía a través del año. Los valores máximos se presentan entre las 10 y las 15 horas, variando entre 6.4 km/h en setiembre y 16.6 km/h en febrero. Los valores mínimos se aprecian en las horas de la noche y de la madrugada, variando entre 1.2 km/h en octubre y 7.6 km/h en febrero.

En la mayoría de los meses del año se observa que la velocidad varía poco con respecto al tiempo entre las 19 y las 6 horas. En el segundo trimestre, se aprecia una disminución apreciable de la rapidez del viento de abril a mayo y en el cuarto trimestre un aumento de noviembre a diciembre, coincidiendo con la época de transición de la estación seca a la estación lluviosa y de la estación lluviosa a la estación seca, respectivamente. La dirección predominante entre los meses de noviembre a abril, durante todo el día es la del viento alisio con dirección NE. Se observan vientos del SO entre las 14 y 19 horas en mayo y setiembre y entre las 18 y 20 horas en junio y octubre, correspondiendo a brisas del mar y oestes ecuatoriales.

La distribución de la velocidad horaria promedio del viento para todos los meses del año en la estación Liberia se muestra en la Figura 17. La distribución de la rapidez varía a través del año y entre diciembre y abril es similar. Los valores máximos se presentan entre las 12 y las 15 horas, variando entre 12.2 km/h en octubre y 28.6 km/h en febrero. Los valores mínimos se manifiestan en las horas de la noche y de la madrugada, variando entre 3.1 km/h en octubre y 9.7 km/h en marzo. En la mayoría

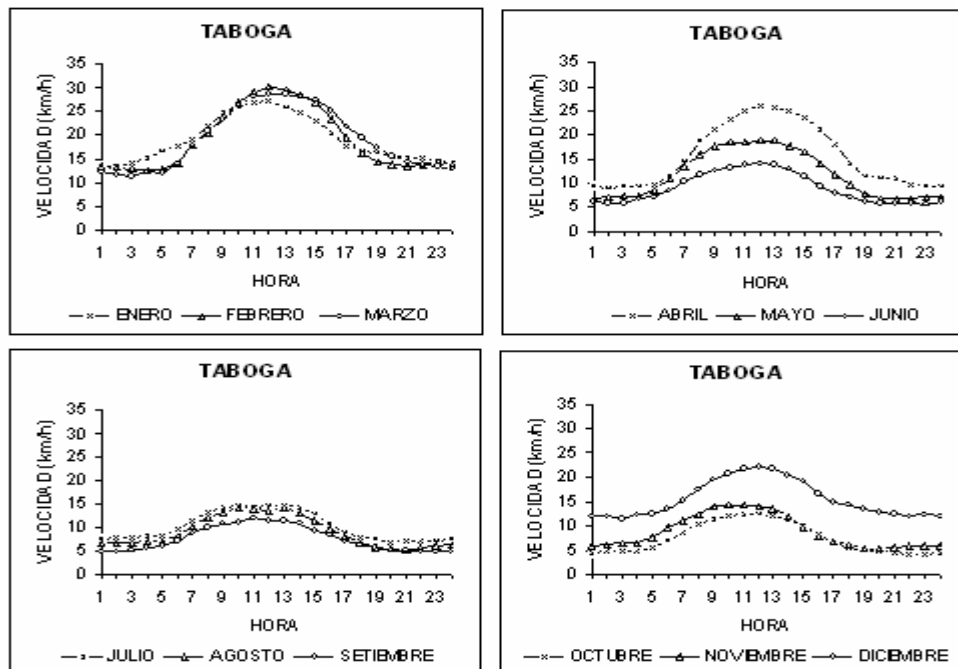


Figura 19: Distribución horaria de la velocidad del viento a una altura de 10 m en la estación Taboga (1971-72/ 1983-86) y para los meses mostrados.

de los meses del año se observa que la rapidez varía poco con respecto al tiempo entre las 19 y las 6 horas. Se observa una disminución apreciable de la velocidad del viento de abril a mayo y un aumento de noviembre a diciembre, coincidiendo con la época de transición de la estación seca a la estación lluviosa y de la estación lluviosa a la estación seca, respectivamente.

El viento alisio, con dirección E y NE, se ve interrumpido en los meses de mayo y junio, setiembre y octubre, con vientos del O correspondientes a la brisa de mar del Pacífico, entre las 12 y 16 horas.

La Figura 18 muestra la distribución de la velocidad horaria promedio del viento para todos los meses del año en la estación Santa Cruz. La distribución de la rapidez varía a través del año, presentando de diciembre a abril una distribución similar, al igual que para el resto de los meses del año.

Los valores máximos se presentan entre las 12 y las 15 horas, variando entre 12.0 km/h en octubre y 28.2 km/h en febrero. Los valores mínimos se perciben en las horas de la noche y de la madrugada, variando entre 3.1 km/h en octubre y 9.6 km/h en marzo. En la mayoría de los meses del año se observa que la rapidez varía poco con respecto al tiempo entre las 19 y las 6 horas. Se aprecia una disminución apreciable de la rapidez del viento de abril a mayo y un aumento de noviembre a diciembre, coincidiendo con la época de transición de la estación seca a la estación lluviosa y de la estación lluviosa a la estación seca, respectivamente. La dirección predominante durante todo el día y para todos los meses del año es del E y algunos NE, correspondiente al viento alisio. Solamente en el mes de setiembre se observa viento del O, entre las 13 y 16 horas, asociado a la brisa de mar.

La estación Taboga (Figura 19) muestra una distribución de la velocidad horaria promedio del viento variable a través del año. Los valores máximos, entre las 10 y las 13 horas varían entre 11.3 km/h en setiembre y 28.2 km/h en febrero. Los valores mínimos ocurren en la noche y la madrugada, variando entre 3.9 km/h en octubre y 12.5 km/h en enero y se observa que la rapidez varía poco con respecto al tiempo entre las 18 y las 5 horas. Se aprecia una disminución apreciable de la rapidez del viento de abril a mayo y un aumento significativo de noviembre a diciembre, coincidiendo con la época de transición de la estación seca a la lluviosa y de la estación lluviosa a la seca, respectivamente.

7. Conclusiones

Se analiza así la variación diurna de la velocidad a través de todo el año y en varias estaciones meteorológicas.

La distribución horaria de la velocidad del viento responde a la variación diurna de la radiación solar. Conforme la superficie de la tierra absorbe la radiación solar, se establecen mayores gradientes de temperatura,

generando así gradientes de presión y el movimiento turbulento del aire.

En la mayoría de las estaciones, la magnitud de la velocidad del viento aumenta a partir de las cinco de la mañana, alcanzando el valor máximo alrededor del medio día. A partir de las cinco de la tarde, y en las primeras horas de la madrugada, la rapidez del viento varía menos con respecto al tiempo. Los valores mínimos se presentan en la noche ó en la madrugada.

Los análisis de la distribución mensual y de la distribución horaria del viento indican que las estaciones del Valle Central y del Pacífico Norte, excepto Puntarenas y Taboga (ubicadas cerca de la costa), muestran en el tercer trimestre del año, una disminución apreciable de la magnitud de la velocidad del viento, entre los meses de abril y mayo, así como un aumento apreciable en el cuarto trimestre, entre los meses de noviembre y diciembre. Estos períodos coinciden con la época de transición de la época lluviosa y seca respectivamente. Los resultados muestran que La Tejona presenta los valores más altos de la velocidad y las estaciones de la región Pacífico Sur, los valores más bajos.

Es importante hacer notar que, para una región determinada, el rango de variación de la velocidad promedio horario, es mayor que el del promedio mensual. Cuando se analiza el comportamiento horario del viento, se incluyen los valores extremos de la variación diurna de la velocidad. Así, entre más pequeño sea el período en el cual se mide la velocidad del viento, más acertado resulta el cálculo del potencial de la energía del viento.

Agradecimientos

Los autores están agradecidos con Rafael Enrique Chacón por sus valiosos comentarios y sugerencias. También, expresan su agradecimiento al Instituto Meteorológico Nacional y al Instituto Costarricense de Electricidad por haber proporcionado los datos utilizados en este trabajo.

RESUMEN

Se analiza la variación diurna de la velocidad del viento a través de todo el año en 20 estaciones localizadas en diferentes partes de Costa Rica. En la mayoría de las estaciones, la magnitud de la velocidad del viento aumenta a partir de las cinco de la mañana, alcanzando el valor máximo alrededor del mediodía. Los valores mínimos se presentan en la noche ó en la madrugada. Durante la noche la variación de la rapidez del viento es relativamente pequeña.

Los análisis de la distribución horaria del viento, así como los de su distribución mensual, indican que las estaciones del Valle Central y del Pacífico Norte, excepto Puntarenas y Taboga (ubicadas cerca de la costa), muestran una disminución apreciable de la magnitud de la velocidad del viento entre los meses de abril y mayo, así como un aumento apreciable entre los meses de noviembre y diciembre. Estos períodos coinciden con la época de transición de la época lluviosa y seca respectivamente. Los resultados muestran que La Tejona presenta los valores más altos de la magnitud de la velocidad del viento y que los valores más bajos ocurren en las estaciones de la región Pacífico Sur.

Referencias

- Antonia, R. A., Chambers, A. J., Phong-Anant, D., Rajagopalan, S., and Screenivasan, K. R., 1979: "Response of atmospheric surface layer turbulence to a partial solar eclipse", *J. Geophys. Res.* 84, 1689-1692.
- Arya, S. P., 1988: *Introduction to micrometeorology*. San Diego. Academic Press. 307 pp.
- Crawford, K. C. y Hudson, H.R., 1973: "The diurnal wind variation in the lowest 1500 feet in Central Oklahoma: june 1966-may 1967", *J.Appl. Meteorol.* 12, 127-132.
- Fernández, W., Chacón, R. E., Melgarejo, J., 1986: "Modifications of air flow due to the formation of a reservoir", *Journal of Climate and Applied Meteorology*, Vol.25.
- Mahrt, L., 1981: "The early evening boundary layer transition", *Q. J. Roy. Meteorol. Soc.* 107, 329-343.
- Muñoz, A.C., W. Fernández, J.A. Gutiérrez y E. Zárate, 2002a: Variación estacional del viento en Costa Rica y su relación con los regímenes de lluvia. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*,
- Muñoz, A.C., W. Fernández, J.A. Gutiérrez y E. Zárate, 2002b: Potencial de energía eólica en Costa Rica. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*,