

# **ESTUDIO DEL VIENTO EN EL ECOSISTEMA COSTERO SABANA - CAMAGÜEY EN EL PERIODO 1991 - 2001.**

*Luciano Amaro, Laura Aenlle, Rosendo Álvarez.*

Centro de Física de la Atmósfera, Instituto de Meteorología.  
Apartado Postal 17032 CP 11700 Habana 17, Ciudad Habana, Cuba  
E – mail: amaro@met.inf.cu

## **RESUMEN**

Teniendo en cuenta los datos trihorarios de 10 estaciones meteorológicas se analiza el comportamiento del viento en la zona del Ecosistema Costero Sabana - Camagüey, encontrándose que los valores medios mensuales de esta variable están acotados entre el 45% y el 98% especialmente para las estaciones del interior de la Isla, que en las estaciones costeras los rangos son mas estrechos y que la humedad relativa media varía con los meses en un rango mas estrecho estando los valores anuales acotados en  $73\% \leq Hr \leq 86\%$ . De la misma manera se analiza el viento encontrándose que los rumbos mas frecuentes están ubicados en los Cuadrantes I y II, que los valores medios de la rapidez del viento son mayores en las estaciones costeras y menores en las que están cerca del parteaguas. Se realiza un análisis por meses de los valores de la rapidez y el rumbo y se construyen en un Anexo las rosas de los vientos de las 10 estaciones involucradas. Se dan otras conclusiones.

## **INTRODUCCIÓN**

El Ecosistema Sabana - Camagüey ocupa una franja 465 km. a lo largo de la zona norte central de Cuba entre Punta Hicacos y la Bahía de Nuevitas. Está formado por

alrededor de 2,517 cayos lo que representa el 60% de todos los cayos de Cuba. Abarca un área de 75,000 km<sup>2</sup> y comprende la cuenca hidrográfica norte de las provincias Matanzas, Villa Clara, Sancti Spíritus, Ciego de Ávila y Camagüey, el archipiélago (la plataforma marina con su cayería) y la Zona Económica Exclusiva adyacente (Guevara et. al 1997, Mon et al 1999 y 2000).

Las condiciones generales del viento en un territorio dado están determinadas por las configuraciones del campo de presión asociadas al movimiento de los sistemas atmosféricos de gran escala, los cuales alcanzan longitudes características del orden de 100 a 10 000 Km., y por sus efectos definen la macroescala. Estos grandes sistemas, en sus desplazamientos pueden ser modificados por sistemas orográficos complejos y cambios en la rugosidad del terreno, factores estos que introducen modificaciones a escala local (o mesoescala) en el flujo predominante de gran escala, y sus efectos alcanzan longitudes características del orden de 10 a 100 Km. (Soltura, et al. 1995)

Por su posición geográfica Cuba está situada dentro del cinturón de los alisios del nordeste, entre los 19° 49'-23° 18' de latitud norte y los 74° 07'- 84° 58' de longitud oeste y por este motivo recibe la influencia de fenómenos procedentes del trópico y fenómenos de origen extratropical. Esto hace que la circulación atmosférica sobre Cuba tenga un carácter complejo y heterogéneo, determinada por la posición geográfica de nuestro país, su carácter insular (isla larga y estrecha rodeada de numerosos cayos) y su orientación respecto al flujo sinóptico predominante (Soltura, et al. 1995).

El viento es una variable meteorológica dinámica que actúa como un elemento moderador del clima. Por tanto para la protección de la biodiversidad y el establecimiento de un desarrollo sostenible en el ESC es imprescindible conocer el comportamiento del viento en dicha área. Para realizar los estudios climatológicos de dicha región es necesario conocer la dirección y la velocidad del viento, así como su frecuencia y velocidad por rumbos.

La calidad del aire es otro elemento fundamental que es necesario controlar para garantizar la calidad de vida de los ecosistemas que se quieren proteger; y para ello

se necesita estudiar el transporte y difusión de los contaminantes en cualquier sitio en que se produzca un episodio de expulsión a la atmósfera de sustancias que puedan afectar a la misma. Por tanto, es necesario conocer con exactitud la dirección mas frecuente del flujo de viento, así como los valores de la rapidez que presenta en cada uno de los rumbos para poder estimar hacia donde se van a trasladar las partículas contaminantes.

## **OBJETIVO**

El objetivo de este trabajo es realizar una caracterización del viento para los 12 meses del año en la zona del Ecosistema Costero Sabana - Camagüey y su comportamiento en los últimos 10 años.

## **MATERIALES Y MÉTODOS.**

Para acometer el siguiente trabajo se contó con las series de datos trihorarios de las Estaciones Jovellanos, Santo Domingo, Sagua la Grande, Caibarién, Yabú, Camilo Cienfuegos, Esmeralda, Camagüey Nuevitas y Cayo Coco, desde 1990 hasta el 2001 de las variables rapidez media ( $V_{med}$ ) y rumbo del viento (en 16 direcciones) y la frecuencia del viento (F).

Se procesaron los datos de acuerdo con las metodologías establecidas y se construyeron las rosas de los vientos

Posteriormente la información fue asentada en los mapas con ayuda de un Sistema de Información Geográfico (SIG).

Se realizaron los gráficos de frecuencias de calmas en la zona y el análisis de las mismas.

## **Discusión de los resultados.**

Análisis de los mapas por meses:

### **Enero:**

Los vientos que ocurren en la zona con mayor frecuencia se encuentran entre los rumbos N y ESE en la mayoría de las estaciones, siendo el Este el rumbo mas frecuente, con un porciento de ocurrencia mayor en las estaciones que están más

cercanas a la costa y en el cayo. En las estaciones de Jovellanos y Camilo Cienfuegos, aunque el rumbo mas frecuente es el NE se observa un porcentaje alto de frecuencia del Este. La rapidez media del viento varía en dependencia de la ubicación de la estación. Los valores mas altos coinciden con los rumbos mas frecuentes en la mayoría de los casos. La velocidad media del viento toma valores entre 0,8 y 5.5 m/s y se incrementa en las estaciones más cercanas a la costa y hacia la región Oriental. También se presentan valores de rapidez altos (con respecto a los valores medios) de los rumbos NW y NNW en las estaciones costeras y en el Cayo.

### **Febrero:**

Los vientos más frecuentes se encuentran entre los rumbos Norte y Este en la mayoría de las estaciones y el rumbo Este es el más frecuente, con un porcentaje alto de incidencia en las estaciones costeras y en el cayo. Al igual que en el mes anterior, se observa que el segundo rumbo de mayor incidencia es el ENE. En la estación de Jovellanos el rumbo más frecuente es el NE pero presenta un porcentaje de ocurrencia alto del rumbo Este. La velocidad media del viento varía en dependencia de la ubicación de la estación y sus valores oscilan entre 1.0 y 5.8 m/s. La rapidez del viento es alta (con respecto a los valores medios) en los rumbos desde el Nornoroeste hasta el Este en las estaciones más cercanas a la costa.

### **Marzo:**

Los rumbos más frecuentes están comprendidos entre el N y el SE, predominando el rumbo E en la mayoría de las estaciones, que al igual que en los casos anteriores presenta un mayor porcentaje de incidencia en las estaciones cercanas a la costa. En la estación de Jovellanos las frecuencias más altas se encuentran en el rumbo NE. La distribución de la rapidez media del viento varía, de forma muy notoria en este mes, en dependencia de la ubicación de la estación, y presenta valores entre 1,3 y 5.3 m/s. Los valores mas altos de rapidez corresponden a los rumbos desde el NNE al ESE en la mayoría de las estaciones. En Jovellanos, Yabú y Nuevitas se aprecian valores de rapidez altos (en relación con los valores de los otros rumbos) de los rumbos S al WSW. La Velocidad media del viento, al igual que en los meses anteriores, se incrementa en las estaciones situadas en la parte más oriental de la región de estudio.

**Abril:**

Los rumbos más frecuentes se presentan entre el N y el SE en la mayoría de las estaciones, predominando el Este, seguido del NE, con un porcentaje mayor de incidencia en las estaciones más cercanas a la costa, como en los meses anteriores. La velocidad media del viento también varía en dependencia de la ubicación de la estación y toma valores entre 0.6 y 5.4 m/s. Los valores más altos de la rapidez se presentan en los rumbos del NNW hasta el E, que además son los más frecuentes. Las velocidades más altas se alcanzan en las estaciones que están situadas en la parte oriental de la región de estudio.

**Mayo:**

El comportamiento del viento es similar al del mes anterior. Los rumbos más frecuentes se encuentran entre el N y el SE, predominando el Este, con un porcentaje de incidencia mayor en las estaciones más cercanas a la costa.

La velocidad media del viento es baja (en relación con los meses anteriores), los valores oscilan entre 0.5 y 5.1 m/s y varían en dependencia de la ubicación de la estación. Al igual que en el mes anterior la velocidad se incrementa en la medida que la estación está más cercana a la costa y al extremo más oriental. La rapidez alcanza los mayores valores en los rumbos del N al E.

**Junio:**

Los rumbos más frecuentes se encuentran entre el NE y SE, predominando los vientos de rumbo Este en todas las estaciones, con un porcentaje mayor de incidencia en las estaciones más cercanas a la costa (Anexo 1, Fig.6).

La velocidad media del viento toma valores entre 0.5 y 4 m/s y es mayor en las estaciones que están situadas en la parte más oriental de la región de estudio. En la mayoría de las estaciones los mayores valores de la rapidez del viento se alcanzan en los rumbos del NNE al ESE.

**Julio:**

Los vientos más frecuentes se encuentran entre el NE y el SE. El rumbo dominante en la gran mayoría de las estaciones es el Este con un mayor número de casos en

las estaciones costeras, destacándose Nuevitas y Cayo Coco con un porcentaje muy alto.

Los valores de la velocidad media del viento varían entre 0.5 y 4.7 m/s. Las estaciones que están situadas en la parte más oriental, al igual que en los casos anteriores, presentan valores de las velocidades medias del viento más altos que las que se encuentran en la parte occidental, En la mayoría de las estaciones se aprecia, que para este mes, los valores de rapidez más altos se presentan en los rumbos más frecuentes, o sea se encuentran comprendidas entre el NE y el E.

### **Agosto:**

Los rumbos más frecuentes se encuentran entre el NNE y SE y predomina el rumbo Este con una alta incidencia en las estaciones que están más cercanas a la costa.

El valor medio de las velocidades medias es bajo y oscila entre 0.7 y 4.3 m/s. La misma varía según la ubicación de la estación y se incrementa en la parte más Oriental de la región. Las Rosas de los vientos muestran que los valores de la rapidez por rumbo se incrementan entre el NNE y el E. Es de destacar que, a diferencia de los meses anteriores, en Jovellanos y Yabú se presentan los valores de rapidez más altos en los rumbos W y SW respectivamente.

### **Septiembre:**

Los rumbos más frecuentes se encuentran en el sector NE - ESE con predominio del rumbo Este, que al igual que en los meses anteriores presenta una alta incidencia en las estaciones que están más cercanas a la costa.

En este mes se presentan los menores valores mínimos de la rapidez media del viento de todo el año y varían entre 0.5 y 4.7 m/s de acuerdo a la ubicación de la estación. Los mayores valores de rapidez por rumbo se encuentran en los rumbos desde el NNW al E con excepción de Nuevitas y Camagüey donde los mayores valores de la rapidez media se manifiestan en el rumbo SW, y se incrementan en las estaciones que pertenecen al extremo más oriental y en las más cercanas a la costa.

**Octubre:**

Los rumbos más frecuentes se encuentran en su mayoría ubicados en el sector N - SE, predominando el rumbo Este, que presenta un mayor porcentaje de casos en las estaciones que se encuentran más cercanas a la costa. En el caso de las estaciones Jovellanos, Camilo Cienfuegos y Esmeralda tienen su mayor frecuencia en el NE.

Las velocidades medias de los vientos reportadas por las estaciones son superiores a las del mes anterior y varían entre 0.5 y 5.3 m/s. Los mayores valores de rapidez por rumbo se encuentran en los rumbos desde el NNE al ENE, y se incrementan en las estaciones que pertenecen al extremo más oriental y en las más cercanas a la costa.

**Noviembre:**

Los rumbos más frecuentes se encuentran entre el N y el ESE, siendo el rumbo predominante el Este en la mayoría de las estaciones y en otras como Camagüey y Jovellanos es el Noreste.

En este mes las velocidades medias del viento varían entre 0.7 y 6 m/s. La distribución de la rapidez varía según la estación. En las estaciones que están situadas más al centro de la región de estudio, incluyendo la estación de Cayo Coco, se observa que los mayores valores de rapidez se alcanzan en los rumbos NE y ENE. También se puede apreciar que al igual que en los meses anteriores, las velocidades del viento se incrementan en la región oriental.

**Diciembre:**

Durante este mes, el comportamiento de la velocidad y la frecuencia del viento son similares a los del mes anterior. Los vientos más frecuentes están ubicados entre el N y el ESE. El rumbo que presenta el mayor porcentaje de incidencia es el Este en la mayoría de las estaciones seguido por el rumbo NE, que es el más frecuente en las estaciones de Jovellanos, Camilo Cienfuegos y Esmeralda.

Las velocidades medias del viento varían entre 0.8 y 6.1 m/s. Al igual que en los casos anteriores el valor de ( $V_{media}$ ) se incrementa en las estaciones que están situadas en el extremo más oriental y en las que están más cercanas a la costa. La rapidez alcanza sus mayores valores en los rumbos entre el N y el ESE incluyendo las estaciones costeras y el cayo.

Los mapas realizados para todos los meses se encuentran en el Informe Científico Técnico (Amaro 2003), en las Figuras 1 y 2 se muestran los mapas correspondientes a los meses de Enero y Julio por ser característicos el primero del Período Seco y el segundo del Periodo Poco Lluvioso.

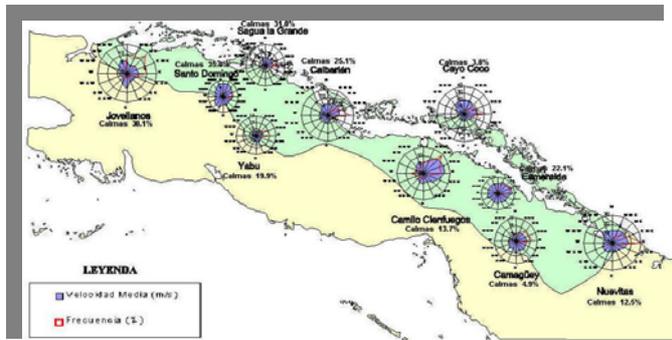


Fig. 1. Mapas de Rosa de los Vientos para el ESC Sabana – Camagüey. Período 1990-2001. Enero.

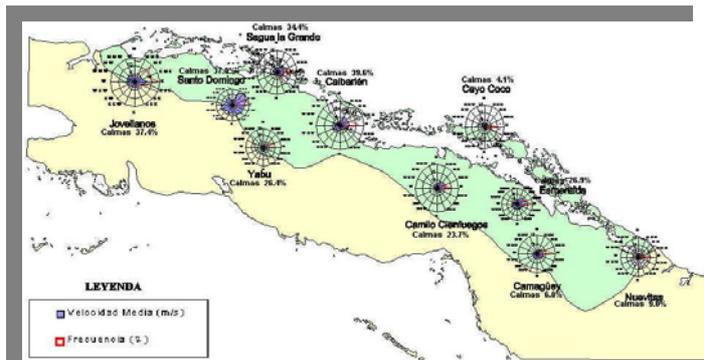


Fig. 2. Mapas de Rosa de los Vientos para el ESC Sabana – Camagüey. Período 1990 – 2001. Julio.

**Anual:**

Los rumbos NE y E son los más frecuentes, siendo el Este el dominante con una mayor incidencia en las estaciones costeras, seguido del rumbo NE que también presenta un porcentaje alto de ocurrencia y que es el que predomina en las estaciones de Jovellanos y Camagüey (Figura 3).

Las velocidades medias del viento oscilan entre 0.5 y 6 m/s y varían de acuerdo a la ubicación de la estación; son mayores en la parte oriental de la región de estudio y en las estaciones que están más cercanas a la costa, en estas últimas podemos apreciar que los valores mas altos de rapidez se encuentran en los rumbos del E coincidiendo con los rumbos mas frecuentes. En las estaciones que están más cercanas al parteaguas se observan valores de rapidez altos con rumbo Sur.

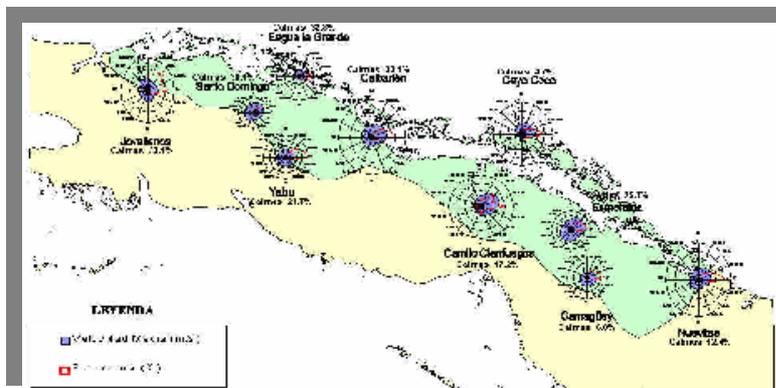


Fig. 1 Mapa anual de las rosas de los vientos para el Ecosistema Sabana Camagüey. Período 1990 - 2001.

## Caracterización de las calmas en el Ecosistema Sabana - Camagüey.

Al realizar un análisis de las calmas en el Ecosistema Sabana - Camagüey encontramos que en las estaciones de Jovellanos, Sagua la Grande, Yabú, Santo Domingo y Caibarién, que son las estaciones que se encuentran en la parte más occidental de esa región, se presentan los mayores porcentos de frecuencias de calmas con el máximo entre los meses Agosto y Octubre, con predominio en el mes de Septiembre.

En las estaciones ubicadas en la región oriental del Ecosistema se observa una disminución de la frecuencia de calmas. Los valores mínimos corresponden a las Estaciones de Camilo Cienfuegos, Cayo Coco y Camagüey. Esmeralda y Nuevitas tienen valores más bajos que las estaciones analizadas en la región occidental del Ecosistema, pero son mayores que en la mayoría de las estaciones que se encuentran ubicadas en la región oriental de la zona estudiada Fig. 2.

En la región oriental del Ecosistema se observa el máximo de frecuencias de calmas en el mes de Septiembre.

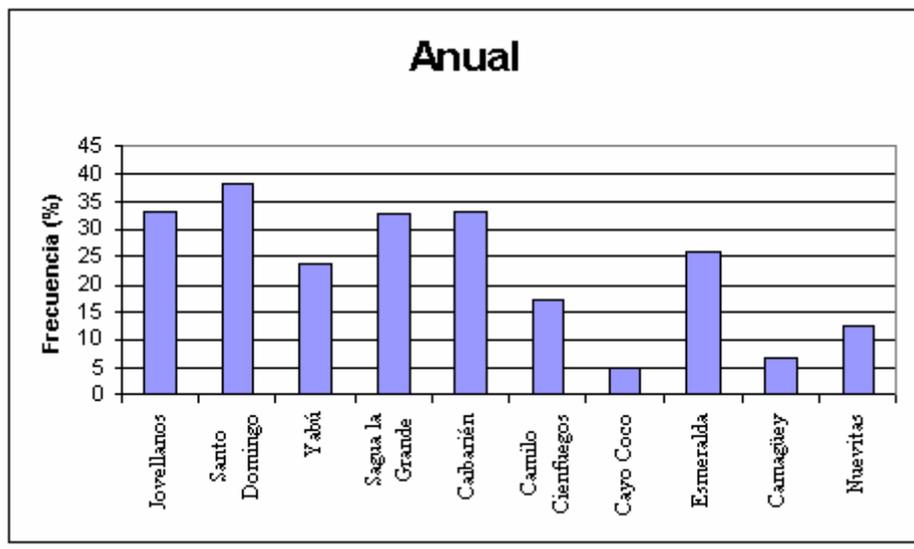


Fig.2 Distribución de frecuencias de la ocurrencia de calmas anual para cada estación del Ecosistema Sabana - Camagüey.

## CONCLUSIONES

Del análisis de los mapas de las Rosas de los vientos se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- Los rumbos más frecuentes de las velocidades del viento están ubicados en los Cuadrantes I y II de la Rosa de los vientos y el Rumbo dominante es el Este, que presenta un mayor porcentaje de incidencia en las estaciones que se encuentran más cercanas a la costa, seguido por el rumbo NE. Esto se debe a que el régimen de vientos sobre toda Cuba está afectado por los Alisios del Nordeste y por el Anticiclón semipermanente del Atlántico o de las Azores Bermudas, que es el principal regulador del tiempo en nuestro país.
- Los valores de las velocidades medias del viento varían en dependencia de la ubicación de la estación. Las velocidades medias del viento son mayores en las estaciones costeras y en Cayo Coco, y menores en las que están más cercanas al parteaguas. Las estaciones que presentan los mayores valores de la velocidad media del viento son Cayo Coco y Esmeralda, mientras que los menores se reportan en Jovellanos y Camilo Cienfuegos. Este comportamiento se debe principalmente a la forma de Cuba de Isla larga y estrecha situada en el cinturón de los Alisios del Nordeste (Soltura, 1995) con un régimen de vientos locales (brisas) en ambas costas que refuerza el viento en las mismas, y trae como consecuencia que en las estaciones más cercanas al litoral la velocidad media del viento se incremente y en las estaciones más internas disminuya.
- En los meses desde noviembre hasta febrero se observan valores altos de la rapidez del viento en los rumbos desde el N hasta el ESE y los rumbos más frecuentes se presentan en el Primer Cuadrante. Durante estos meses el centro del Anticiclón Azores - Bermudas se encuentra alejado del territorio y se produce la llegada de los frentes fríos. Las Altas típicas polares continentales de Norteamérica, asociadas a una masa de aire anticiclónica subsidente del aire polar, que tienden por lo general a desplazarse hacia el sudeste y luego al Este, hacia el Atlántico. Cuando estos sistemas afectan a Cuba, se presentan temperaturas bajas y vientos del primer cuadrante de cierta magnitud. Es necesario señalar que en estos meses hay que estar alertas ante cualquier episodio de expulsión de contaminantes a la atmósfera, porque estas condiciones

son muy favorables para el traslado y difusión y concentración de la contaminación hacia nuestro territorio.

- La distribución de las velocidades por rumbos en la parte oriental difiere de la parte occidental. Esto se debe a que las situaciones sinópticas que afectan a nuestro país influyen de manera diferente en ambas regiones, y esta diferencia se hace más marcada en los meses de invierno como lo demostró Lapinel, (1988) en su estudio de la circulación atmosférica sobre Cuba. Otra característica a destacar es que en la parte oriental del área que ocupa el Ecosistema Sabana - Camagüey las velocidades medias del viento son mayores que en la occidental y se observan valores altos de velocidades (con relación a los valores medios) con rumbo Sur y Sureste durante todo el año.
- Las frecuencias de calmas son mayores en las estaciones que se encuentran en la región occidental del Ecosistema que en las ubicadas en la región oriental del mismo y en ambos casos tienen su máximo en los meses de Agosto a Octubre con predominio en el mes de Septiembre.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Amaro L.; R. Álvarez; L. Aenlle; A. Rivero; A. Wallo (2003). Estudio y caracterización de la humedad relativa y el viento en el ESC durante el período 1991 - 2001. Comportamiento de la línea base.
- Carnesoltas, M. (1987): La circulación local de brisa en Cuba, Tesis presentada en opción al grado científico de candidato a Doctor en Ciencias Físico - Matemáticas. Instituto de Meteorología.
- Guevara, V. y otros 1997. "El Clima y la protección de la biodiversidad en el ecosistema costero Sabana - Camagüey". Contribución a la Educación y la Protección Ambiental, La Habana 1998, Editorial Academia ISBN, pp. 48-51[4]
- Mon S., Rivero A., Lapinel B., Cutié V., Wallo A., Amaro L., Cuesta O., Báez R., Aenlle L., Ayala L. (1999). Estudio Climático aplicado a la protección de la biodiversidad en el Ecosistema Sabana - Camagüey. Contribución a la educación y la protección ambiental. ISBN 959 - 02 - 0253 -5
- Lapinel, B. (1988): La circulación atmosférica y las características espacio - temporales de las lluvias en Cuba. Tesis presentada en opción de Candidato a Doctor en Ciencias Geográficas. Instituto de Meteorología.

Soltura, et al (1995): Atlas Eólico de Cuba. Estadística y climatología. Potenciales climáticos de generación eólo - eléctrica y bombeo eólico. Informe de resultado. Instituto de Meteorología.