

Análisis de las series de observaciones de temperatura y viento aplicado al ciclo del cultivo del tabaco en la estación San Juan y Martínez, provincia Pinar del Río.

**Lourdes Álvarez Escudero, Israel Borrajero Montejo, Rosendo Álvarez Morales,
Laura Aenlle Ferro.**

**Centro de Física de la Atmósfera. Instituto de Meteorología.
Apartado Postal 17032. CP 11700. Habana 17. Ciudad Habana. Cuba.**

FAX: (537) 33 80 10 E-mail: lulu@met.inf.cu

RESUMEN. A partir de las observaciones trihorarias de temperatura registradas en la estación meteorológica de San Juan y Martínez, en la provincia de Pinar del Río, en el periodo 1974 - 2000, se calculó la frecuencia de ocurrencia por rangos de temperatura de referencia y por etapas para el ciclo del cultivo del tabaco. Se analizaron la marcha anual, la marcha diaria, la tendencia y la permanencia de estas series. Se obtuvo que las temperaturas óptimas son las que presentan mayor frecuencia de ocurrencia, que existe una tendencia significativa a la disminución de número de casos de temperaturas óptimas en la etapa de secado con un punto de cambio entre 1982 y 1985 y que respecto a la permanencia todas las series tienen tendencia decreciente para el rango óptimo. Con respecto a las series de observaciones de dirección y rapidez del viento se obtuvo que aunque en la etapa de secado la mayor frecuencia de ocurrencia de vientos son del primer cuadrante entre 1 y 2 m/s, existe una representatividad de hasta el 1% de casos de componente sur con vientos entre 4 y 5 m/s y mayores. Las calmas con representatividad del 32 % de las observaciones tienden a disminuir en el área de estudio y son más frecuentes en horas de la noche, la madrugada y primeras horas de la mañana (antes de las 07 hora local) y en los meses del periodo lluvioso, por lo que se recomienda tener en cuenta esta información a la hora de aplicar los regadíos.

Palabras claves: temperatura, tendencia, cultivo del tabaco.

Introducción.

A pesar del gran desarrollo tecnológico en la agricultura, el rendimiento de los cultivos sigue estando muy asociado a los valores de las variables meteorológicas y su variación, de ahí la importancia de los estudios encaminados a brindar información sobre el comportamiento climático de los principales parámetros meteorológicos relacionados con las plantaciones, para poder planificar la producción agrícola.

La temática de la relación entre agricultura y clima ha sido estudiada en muchos países (Saeki, et al., 1961; Akehurst, 1973; Ross, 1975), pero es este un aspecto que no puede transferirse directamente de un país a otro, pues es algo muy dependiente de las características de la región de aplicación. En Cuba, país eminentemente agrícola, se han realizado estudios dirigidos fundamentalmente a la caña de azúcar, a los cítricos y al tabaco (Sosa et al., 1988; Arveladze et al., 1989; Menéndez et al., 1991; Arveladze et al., 1991; García et al., 1991; Arveladze et al., 1992; Palenzuela et al., 1992;. Solano et al., 2003a; Solano et al., 2003b), con mayor énfasis en las características propias de los cultivos, el análisis radiativo, el comportamiento de algunas variables meteorológicas, el estudio del régimen hídrico y la zonificación agroclimática del territorio cubano para el tabaco.

El objetivo de este trabajo es el análisis de la variable temperatura, su probabilidad de ocurrencia, su permanencia y sus cambios relacionados con el ciclo del cultivo del tabaco, así como algunos aspectos relativos al uso para estos fines de la variable viento, teniendo en cuenta su rumbo y su dirección.

Materiales y métodos.

El estudio está referido al cultivo del tabaco en la zona de San Juan y Martínez, provincia Pinar del Río, zona eminentemente tabacalera, por lo que se utilizaron los datos trihorarios de la estación meteorológica de San Juan y Martínez en el periodo 1974 - 2000 de las variables temperatura seca en superficie, dirección del viento en superficie y velocidad del viento en superficie, extraídos de la Base de Datos GranMet (Álvarez et al., 2003). La serie de temperatura y viento está completa en número de registros aunque existen horarios con información incompleta como las 04 (hora local) del año 1974 al 1986 y en los años 1976, 1981 y 1984 faltan los horarios de la noche y la madrugada (01, 04 y 22 hora local) casi en su totalidad , a partir de 1987 estos horarios se miden de forma regular.

Los datos se analizaron según el ciclo del cultivo del tabaco y según los rangos de temperatura para su desarrollo óptimo. El ciclo del cultivo puede dividirse en 4 etapas (Dirección Nacional del Tabaco del Ministerio de la Agricultura, 1983) tal y como se describe en la Tabla 1.

Tabla 1. Etapas del cultivo del tabaco en Cuba.

Etapa	Periodo (meses)	Proceso	Duración	Observaciones
E1	septiembre - octubre	Semilleros	35 a 40 días	Deben efectuarse de 3 a 4 riegos
E2	1ro. noviembre - 31 de diciembre, (puede extenderse a enero, siembra tardía)	Siembra	75 a 95 días	debe efectuarse un riego ligero antes de transplantar
E3	Febrero - abril	Recolección	---	
E4	después de recolectada (febrero - junio)	Curado	35 a 40 días	Es importante el efecto del viento

Los rangos de temperatura para el desarrollo favorable o desfavorable del cultivo del tabaco a los que llamaremos "clases de temperatura", según Doorenbos et al. (1979), están descritos en la Tabla 2.

Tabla 2. Rangos de temperatura para el desarrollo favorable o desfavorable del cultivo del tabaco en Cuba.

Temperaturas de referencia para el cultivo del tabaco (Clases de temperatura)	Temperatura a mínima (°C)	Temperatura a máxima (°C)
C1 - desfavorables por defecto		<15.0
C2 - satisfactorias por defecto	15.0	19.9
C3 - óptimas	20.0	30.0
C4 - satisfactorias por exceso	30.1	35.0
C5 - desfavorables por exceso	>35.0	

Para el análisis de homogeneidad de las series se realizaron los siguientes pasos: a) se graficó su comportamiento y se analizó si dada la cantidad de datos podía o no someterse a un análisis posterior, b) se calculó el estadígrafo de Wald-Wolfowitz para determinar correlación interna, c) se calculó el estadígrafo de Spearman y el de Mann-Kendall para determinar su tendencia global, d) si era necesario por presentar contradicción entre las dos pruebas anteriores se realizaba la prueba global de Fisher. El cálculo de los estadígrafos se hizo según Sneyers (1990), e) se tomaba una decisión usando la siguiente representación: 0 - serie homogénea, -1 - serie decreciente significativa (10% de significación), -2 - serie decreciente altamente significativa (5% de significación), +1 - serie creciente significativa, +2 - serie creciente altamente significativa y sin valor - los datos no eran suficientes para realizar un análisis, f) allí donde las series no son homogéneas se realiza un análisis de punto de cambio, siempre que las series directa y retrógrada de

Mann solo presenten un corte o cortes muy cercanos y la prueba de Pettitt dé un punto significativo.

Desarrollo.

Temperatura

En la figura 1 se muestra la marcha anual de la frecuencia de ocurrencia por clases de temperatura según se describió en la Tabla 2, para las observaciones del periodo 1974 - 2000 en la estación meteorológica de San Juan y Martínez. Aquí se observa que las frecuencias de ocurrencia mayores se agrupan en la clase 3 (rango óptimo), la clase 1 (desfavorable por defecto), tiene muy baja representación, un poco mayor en invierno que en verano, como es lógico y las clases 2 y 4 son casi de la misma forma, pero en el periodo donde la clase 2 tiene sus menores valores (verano) es donde mayores son los de la clase 4. La clase 5 no tiene representación, pues no existe ninguna observación mayor de 35 °C en la estación de estudio.

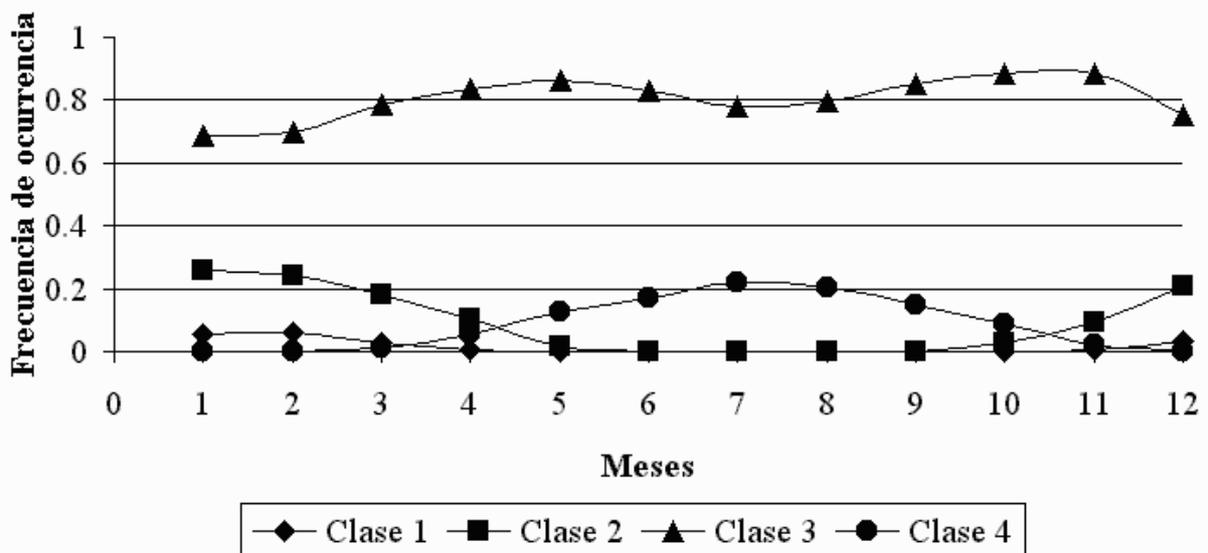


Figura 1. Marcha anual de la frecuencia de ocurrencia por clases de temperatura según se describió en la Tabla 2, para las observaciones del periodo 1974 - 2000 en la estación meteorológica de San Juan y Martínez.

La marcha diaria (figura 2) presenta un comportamiento muy similar a la marcha anual en cuanto a la frecuencia de ocurrencia por clases; la mayor representación la tienen las temperaturas óptimas que presentan un mínimo para su rango a las 13 (hora local), que a su vez es compensado por un alza en la frecuencia de ocurrencia de la clase 4 (satisfactorio por exceso).

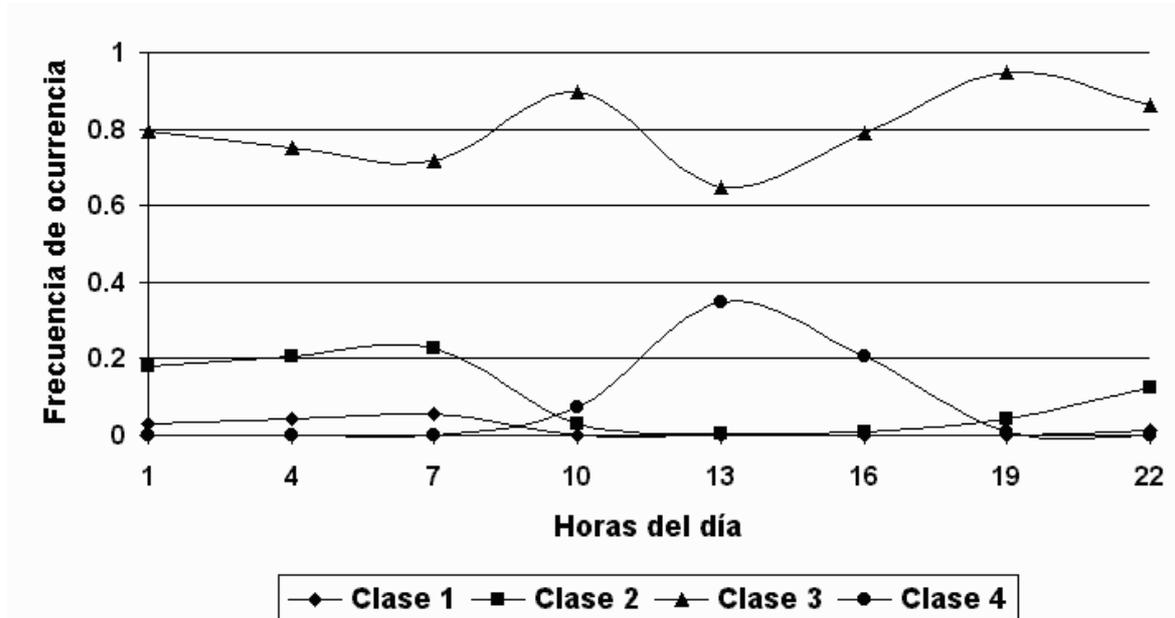


Figura 2. Marcha diaria de la frecuencia de ocurrencia por clases de temperatura según se describió en la Tabla 2, para las observaciones del periodo 1974 - 2000 en la estación meteorológica de San Juan y Martínez.

Si se examinan las distribuciones de frecuencia por años y por clases para cada etapa de cultivo (figuras 3, 4, 5, 6) se observa que en general tienen una forma parecida, las máximas concentraciones de frecuencia se encuentran en la clase 3 (temperaturas óptimas) y van disminuyendo hacia sus clases vecinas hasta frecuencias poco representativas. Se observa además una tendencia a cierta disminución del número de casos después de 1987, aunque en las etapas tanto de recogida como de secado se observan máximos sobre los años 1997 y 1999, por lo que no es evidente una conclusión sobre tendencias significativas de las series.

Para una evaluación más precisa de la homogeneidad o no de las series de frecuencia de ocurrencia por etapas de cultivo y por clases de temperatura (16 series) se aplicó la metodología descrita en el acápite de materiales y métodos obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 3.

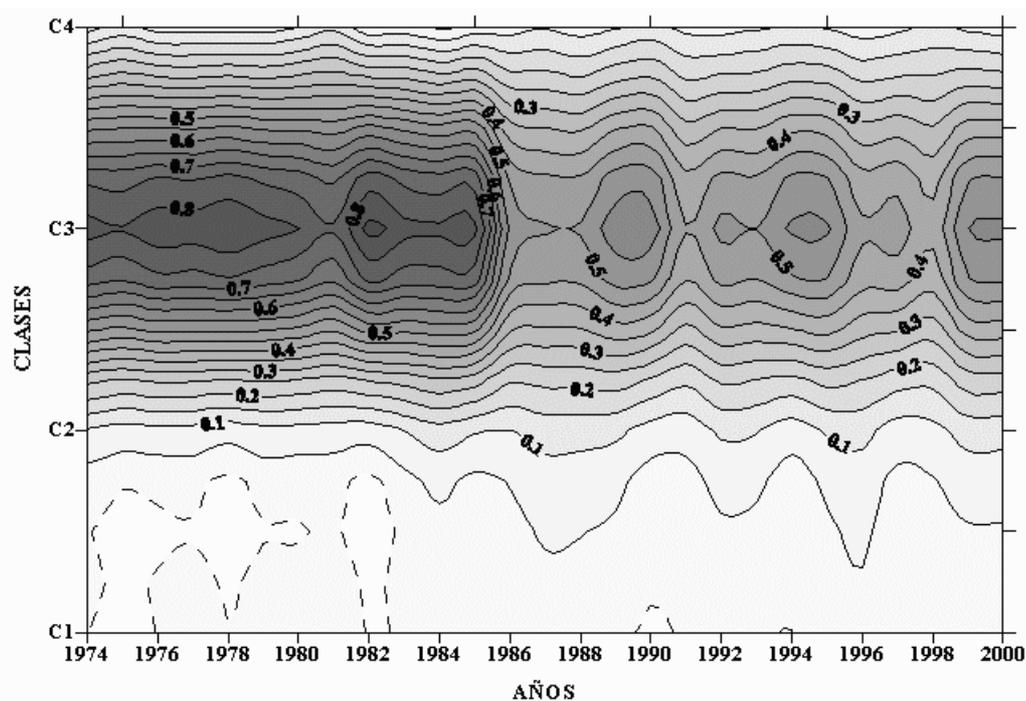


Figura 3. Frecuencia de ocurrencia de temperaturas por clases y por años para el cultivo del tabaco en la estación San Juan y Martínez en la etapa de semillero (septiembre - octubre), teniendo como datos iniciales las observaciones trihorarias del periodo 1974 - 2000.

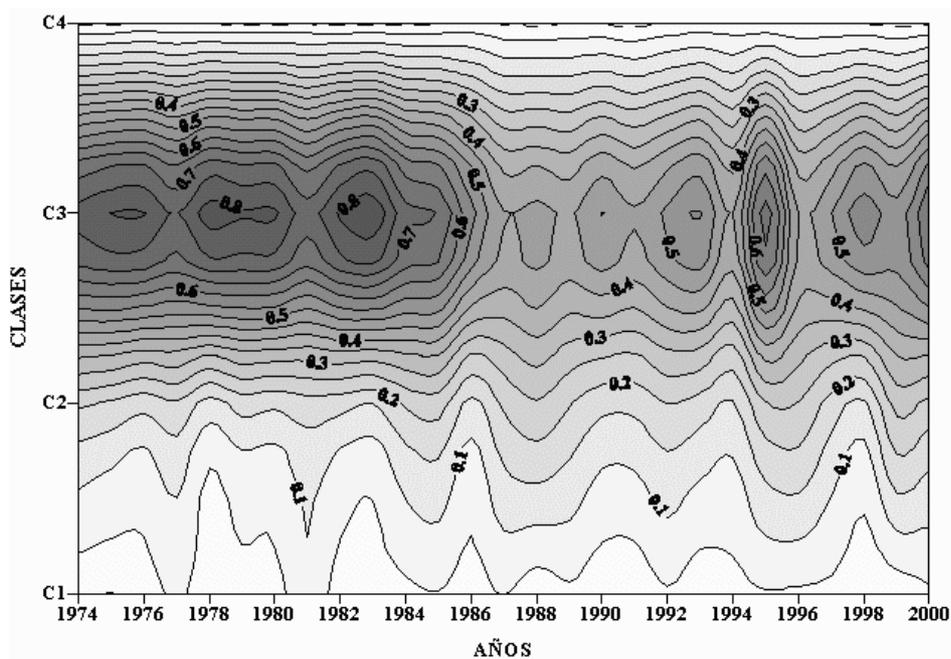


Figura 4. Frecuencia de ocurrencia de temperaturas por clases y por años para el cultivo del tabaco en la estación San Juan y Martínez en la etapa de siembra (noviembre - enero), teniendo como datos iniciales las observaciones trihorarias del periodo 1974 - 2000.

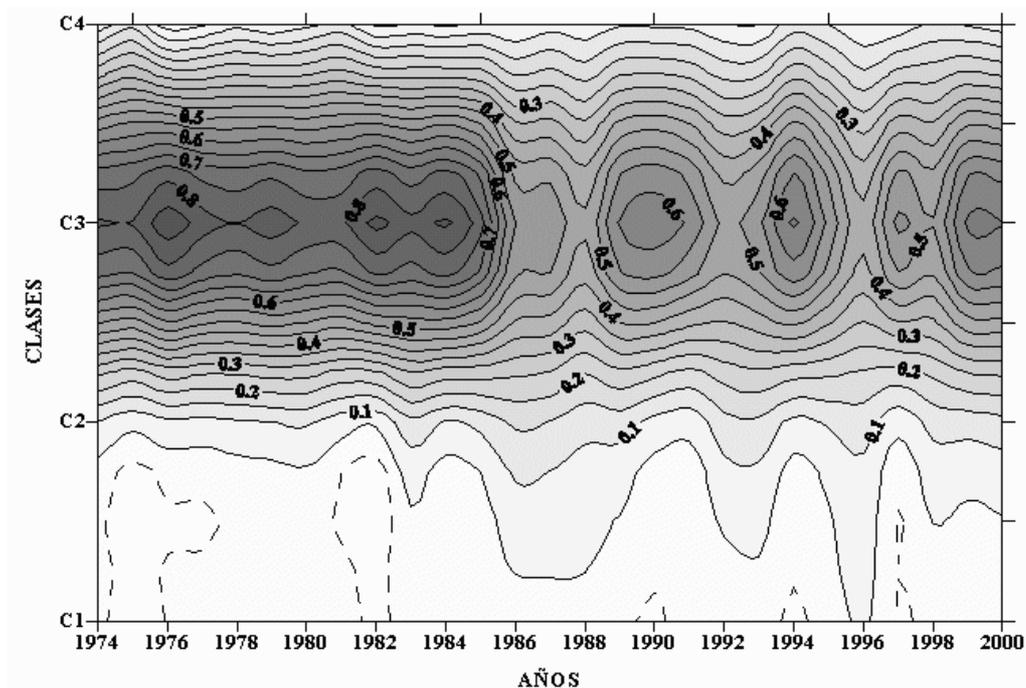


Figura 5. Frecuencia de ocurrencia de temperaturas por clases y por años para el cultivo del tabaco en la estación San Juan y Martínez en la etapa de recolección (febrero - abril), teniendo como datos iniciales las observaciones trihorarias del periodo 1974 - 2000.

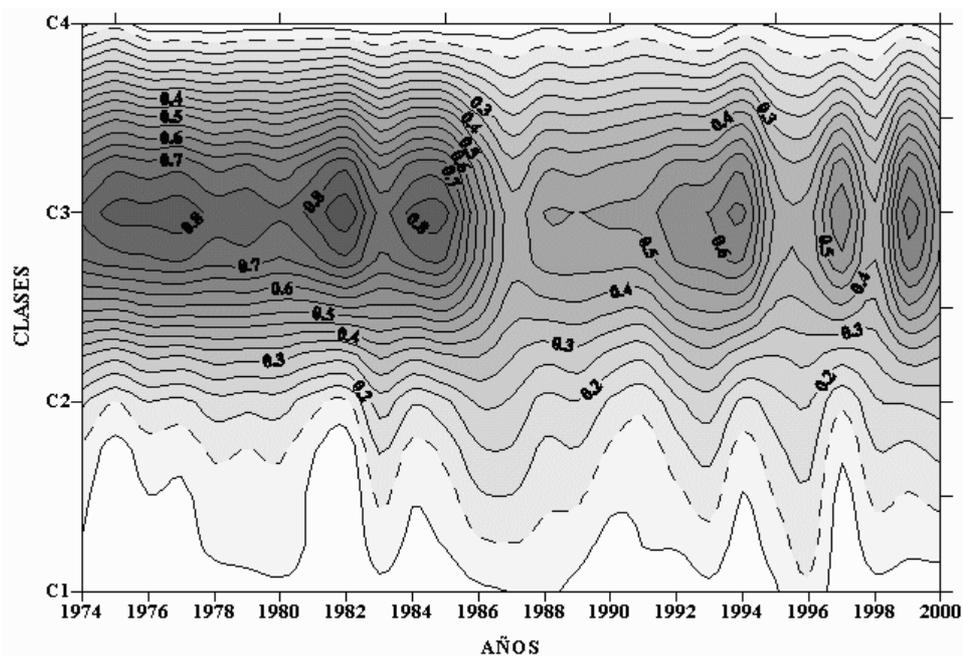


Figura 6. Frecuencia de ocurrencia de temperaturas por clases y por años para el cultivo del tabaco en la estación San Juan y Martínez en la etapa de secado (febrero - junio), teniendo como datos iniciales las observaciones trihorarias del periodo 1974 - 2000.

Tabla 3. Resumen del análisis de tendencia para las series de frecuencia de ocurrencia por etapas de cultivo y clases de temperatura en la estación San Juan y Martínez para el periodo 1974 - 2000. El valor 0 significa serie homogénea

	Semilleros E1	Siembra E2	Recolección E3	Curado E4
Desfavorables por defecto C1	poca representatividad en los datos	0	0	0
Satisfactorios por defecto C2	0	0	0	0
Óptimos C3	0	0	hay correlación serial significativa y tendencia global decreciente altamente significativa	no hay correlación serial pero si tendencia global decreciente altamente significativa
Satisfactorios por exceso C4	0	0	0	0

La mayoría de las series son homogéneas excepto la de temperaturas óptimas para la etapa de recolección donde hay correlación serial significativa y tendencia global decreciente por lo que podría concluirse que la serie es decreciente significativa, es decir el número de casos de temperaturas óptimas en la etapa de recolección está tendiendo a disminuir. El análisis de un posible punto de cambio arroja que hay significación para un punto entre los años 1982 y 1985, ya que las pruebas tanto de Mann como de Pettitt dan puntos significativos en ese intervalo. La serie de temperaturas óptimas para la etapa de secado, aunque presenta tendencia global decreciente altamente significativa no tiene correlación interna y la prueba de Fisher no contraría los resultados anteriores, por lo que no debe concluirse nada al respecto.

Otro aspecto importante a analizar sería no solo como varía la frecuencia de ocurrencia de la temperatura, sino como varía su permanencia, es decir la cantidad de horas consecutivas que la variable en estudio se mantiene dentro de una misma clase (Álvarez et al., 1992), considerando como clases de permanencia los cuatro rangos de temperatura de referencia para el cultivo del tabaco (desfavorable por defecto C1, satisfactoria por defecto C2, óptimas C3 y satisfactorias por exceso C4). Aquí las observaciones son trihorarias por lo que una hora de permanencia se refiere a la observación y significan 3 horas en el horario normal del día.

Para los cálculos de la permanencia no se dividió el estudio en etapas, pues el propio concepto de permanencia hace que disminuya el número de casos, por lo que se referirá a la frecuencia de ocurrencia anual, teniendo en cuenta que el cultivo del tabaco en todas sus etapas abarca prácticamente un año.

El comportamiento de la tendencia de las series de horas de permanencia contra clases de temperatura se resume en la Tabla 4, siguiendo el convenio descrito en el acápite de materiales y métodos.

Tabla 4. Resumen de la tendencia de las series de frecuencia de ocurrencia por horas de permanencia y clases de temperatura para la estación San Juan y Martínez en el periodo 1974 - 2000 (27 años).

Clases				
Horas de permanencia	C1	C2	C3	C4
1H	-2	-2	-2	-2
2H	0	0	-2	0
3H	+2	+2	-2	+2
4H	1	+2	-2	+2
5H		1	0	
6H		0	+2	
7H			0	

Las cuadrículas sombreadas son series con muy pocos datos que no permiten un análisis de tendencia.

En general se observa que hay un decrecimiento de la clase de temperaturas óptimas para todas las horas de permanencia y en general un decrecimiento de los casos de una hora de permanencia para todas las clases y en compensación un aumento de 3 y 4 horas de permanencia para las clases C1, C2 y C4. El análisis de puntos de cambio arrojó para las series entre 1 y 4 horas de permanencia, donde estas son más estables, un punto de cambio único situado entre los años 1983 y 1988, según la serie en análisis.

El comportamiento en general de las horas de permanencia para todas las clases de temperatura es muy parecido al del resto de las variables analizadas en otros estudios y en otras estaciones (Álvarez et al., 1992) y es de un máximo para 1 hora de permanencia y una disminución gradual de la frecuencia de ocurrencia muy cercana a cero a partir de las 15 horas, tal y como se muestra en la figura 7. La curva que mejor ajusta a esa distribución es:

frecuencia de ocurrencia = $0.09 \cdot (\text{horas de permanencia})^{-0.94}$

con coeficiente de correlación de 0.91 y error estándar de 0.01.

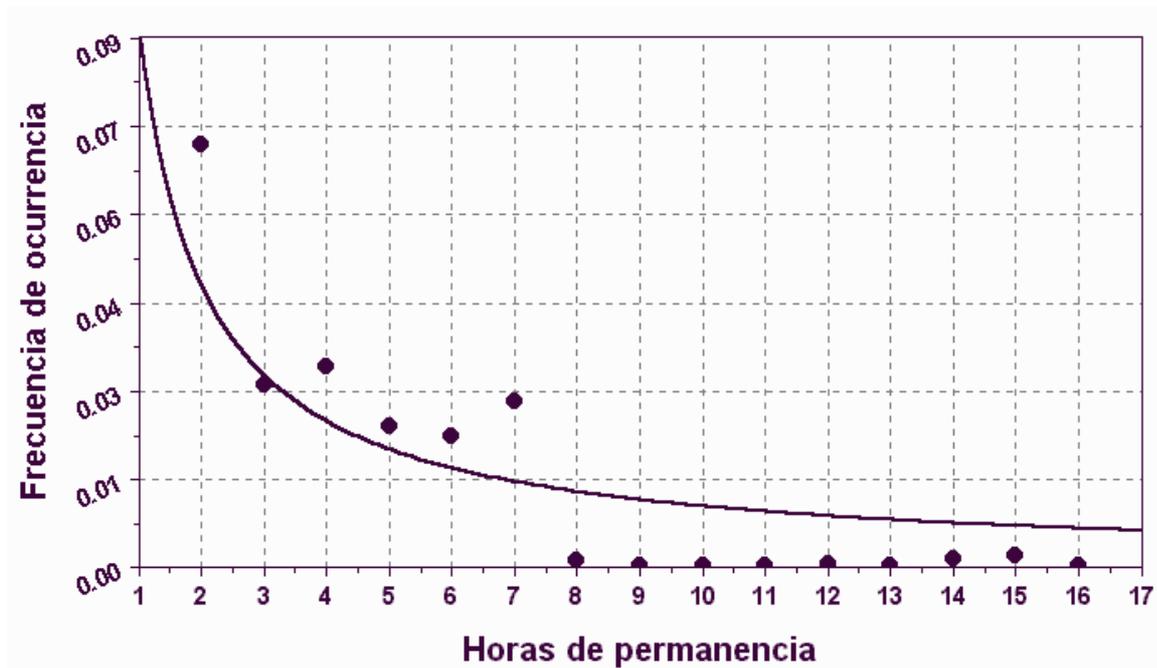


Figura 7. Distribución de frecuencia de ocurrencia por horas de permanencia para todas las clases de temperatura y curva de mejor ajuste en la estación San Juan y Martínez para el periodo 1974 - 2000.

Otro aspecto tratado en otros estudios para el viento (Álvarez, 1984; Álvarez et al., 1996) y que puede resultar de interés, es el cambio de la temperatura de una clase a otra. La distribución en general de frecuencia de ocurrencia por clases de cambio se representa en la figura 8. Aquí se resalta cómo la mayor probabilidad es de que dada una temperatura tienda a mantenerse en el mismo intervalo en la observación anterior y la probabilidad disminuye abrupta y casi simétricamente a que de una observación a otra se cambie una o dos clases tanto en aumento como en disminución de la temperatura, como es lógico esta diferencia nunca puede ser mayor que 4, debido a que solo existen 4 clases o intervalos de temperatura para el cultivo del tabaco en la estación en estudio. La curva que mejor ajusta a esta distribución es:

$$\text{frecuenciadeocurrencia} = \frac{1}{1.25 - 0.12 \cdot \text{clases de cambio} + 9.93 (\text{clases de cambio})^2}$$

con un coeficiente de correlación de 0.99 y un error estándar de 0.01.

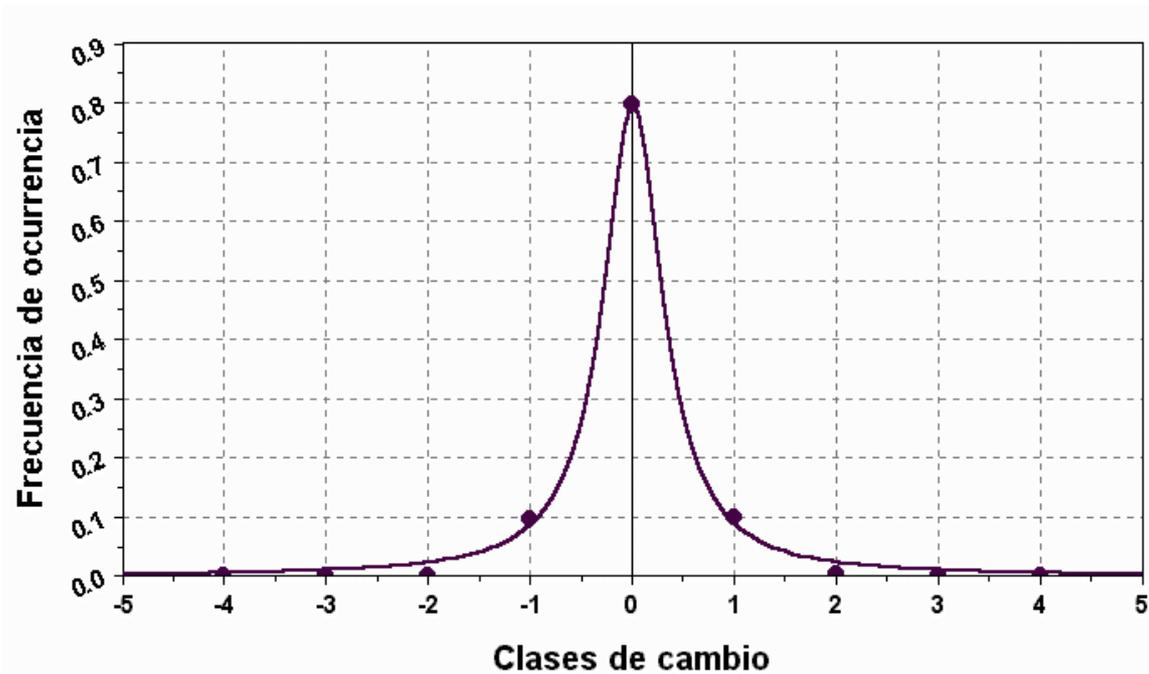


Figura 8. Distribución de frecuencia de ocurrencia de casos de temperatura por clases de cambio y curva de mejor ajuste para la estación de San Juan y Martínez en el periodo 1974 - 2000.

Un análisis de tendencia por clases de cambio arrojó un crecimiento altamente significativo de la clase cero cambio y un decrecimiento significativo de la clase de cambio +1, es decir que aumenta el número de casos en que la temperatura tiende a permanecer con el valor de la observación anterior y disminuyen los casos en los que la temperatura aumenta de una clase a otra de una observación a la siguiente. Las series con tendencia presentan un punto de cambio significativo sobre 1986.

Viento

Tal y como se reflejó en la Tabla 1 la influencia del viento es importante durante la etapa de secado tanto en su dirección como en su rapidez, pues vientos muy fuertes suelen dañar la calidad de la hoja, que quedará más o menos protegida según la posición de la casa de secado, que ofrezca más o menos resistencia a la entrada del viento. Por esto conocer las direcciones y velocidades del viento más frecuentes en el lugar de estudio para la etapa de secado, constituye un factor informativo importante.

En las figuras 9, 10 y 11 se muestran las matrices de frecuencia de ocurrencia por rumbos y clases de rapidez del viento para la estación San Juan y Martínez teniendo como

referencia el periodo 1974 - 2000, para el mes de febrero, de marzo y el periodo de secado (febrero - junio).

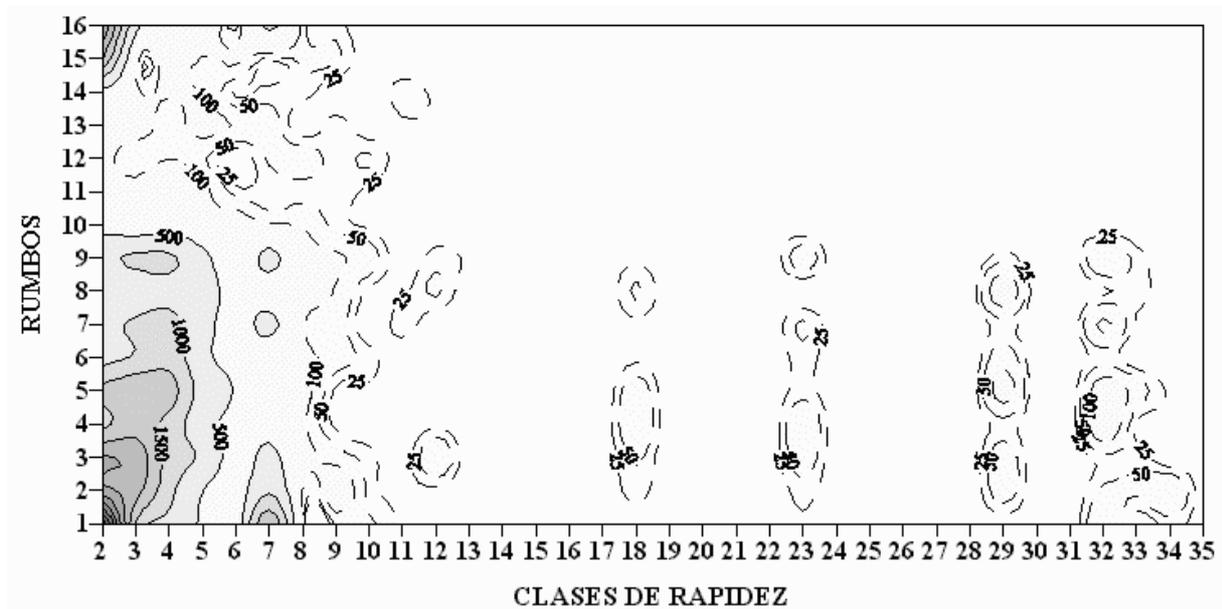


Figura 9. Matriz de frecuencia de ocurrencia de rumbos contra rapidez (por clases), para el mes de febrero en la estación meteorológica de San Juan y Martínez en el periodo 1974 - 2000. La frecuencia está multiplicada por 10^5 .

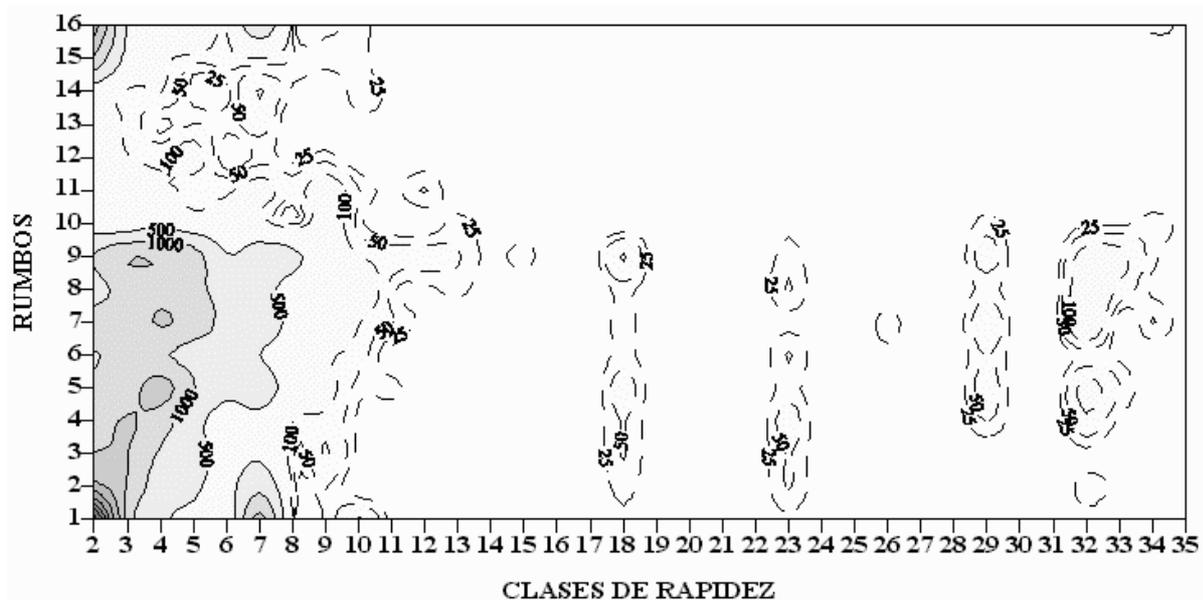


Figura 10. Matriz de frecuencia de ocurrencia de rumbos contra rapidez (por clases), para el mes de marzo en la estación meteorológica de San Juan y Martínez en el periodo 1974 - 2000. La frecuencia está multiplicada por 10^5 .

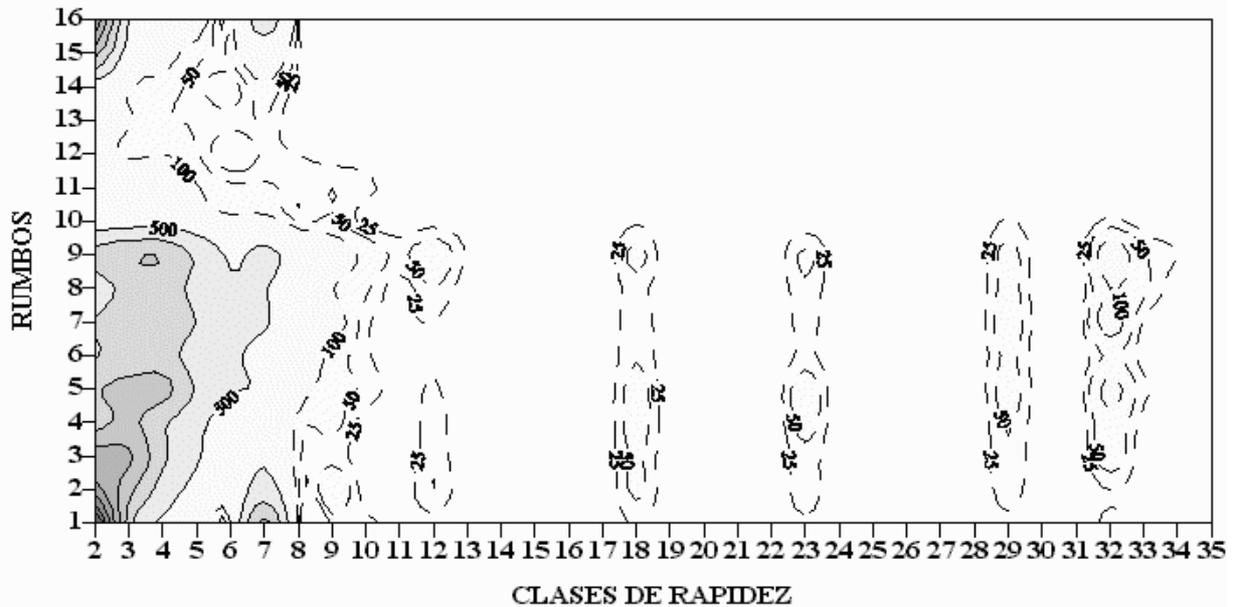


Figura 11. Matriz de frecuencia de ocurrencia de rumbos contra rapidez (por clases), para el periodo de curado (febrero - junio) en la estación meteorológica de San Juan y Martínez en el periodo 1974 - 2000. La frecuencia está multiplicada por 10^5 .

Los rumbos están referidos recorriendo la rosa de los vientos de 16 rumbos a favor de las manecillas del reloj, es decir, del Norte al NNW. Las clases de rapidez están definidas como: clase1 calmas (que no están tratadas en esta matriz), clases de la 2 a la 31 vientos entre 1m/s y 30 m/s contabilizados de uno en uno m/s y 4 clases (32, 33, 34 y 35) para vientos fuertes que son de 41 a 45 m/s, de 46 a 60 m/s, de 61 a 75 m/s y más de 75 m/s. Las figuras 9 y 10 que representan la frecuencia de ocurrencia de rumbos contra clases de rapidez en los meses de febrero y marzo, se escogieron por ser estos los meses de mayor afectación de vientos del norte y sures que suelen ser fuertes. En dichas figuras se observa como a pesar de que la mayoría de los casos se concentran en vientos del primer cuadrante, en su mayoría de entre 1 y 2 m/s, hay una representatividad de hasta más de 1% de vientos de componente sur (más marcados en marzo que en febrero) con velocidades entre 4 y 5 m/s. Existen áreas de representatividad más baja (aproximadamente 0.001%) pero no despreciable, de vientos fuertes (mayores o iguales que 41 m/s) en el primer y segundo cuadrantes. En la etapa de curado en general (figura 11) el comportamiento es muy parecido al del mes de marzo.

Otro aspecto de interés lo constituye el estudio de las calmas. Es sabido que los sistemas de regadío son muy sensibles al efecto del viento de manera que puede arrastrar las partículas de agua, siempre hacia un mismo lugar, dejando otros sin regar, por eso es

preferible en cualquier caso, regar en horas de calma donde las partículas de líquido irán al lugar donde se pretende con dichos sistemas.

Ya en estudios previos se ha obtenido que para el periodo de análisis las calmas representan el 32 % del total de observaciones para la estación de San Juan y Martínez (Álvarez et al., 2000). La serie de frecuencia anual de ocurrencia de calmas es decreciente altamente significativa con un posible punto de cambio en 1990.

La marcha anual de las calmas para la estación San Juan y Martínez usando como referencia el periodo 1974 - 2002 está representado en la figura 12. En general las calmas son menos frecuentes en los meses del periodo poco lluvioso y son más frecuentes en los meses del periodo lluvioso (mayo a octubre) para la estación. El mes con mayor número de calmas es septiembre y el de menor marzo.

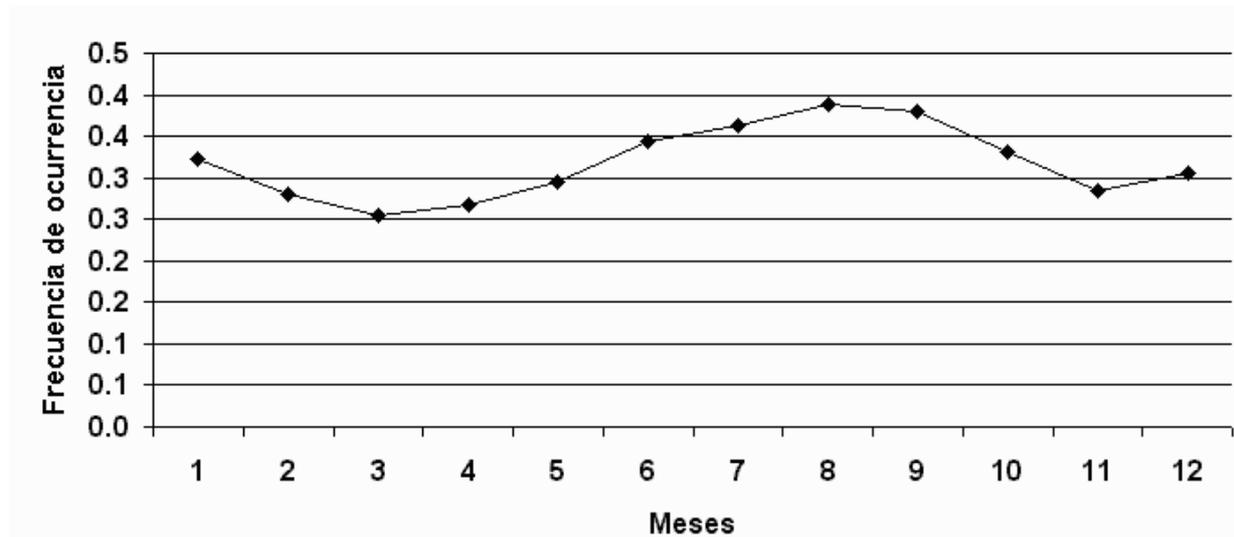


Figura 12. Marcha anual de la frecuencia de ocurrencia de las calmas para la estación San Juan y Martínez usando el periodo 1974 - 2000 como referencia.

El análisis de la marcha diaria muestra lo reflejado en la figura 13. Aquí observamos como los máximos de ocurrencia de calma están en las horas extremas del día (noche, madrugada y mañana) y los mínimos en horas de la tarde donde las frecuencias de ocurrencia pueden ser muy bajas. Esto lleva a recomendar que las horas de noche, madrugada y primeras horas de la mañana son ideales para regar automáticamente los cultivos.

Para la estación en estudio la hora preferencial de salida de la calma son las 07 (hora local), con rumbo de salida del noreste, velocidad de salida de 1 m/s y horas de permanencia en la clase de salida 1 hora.

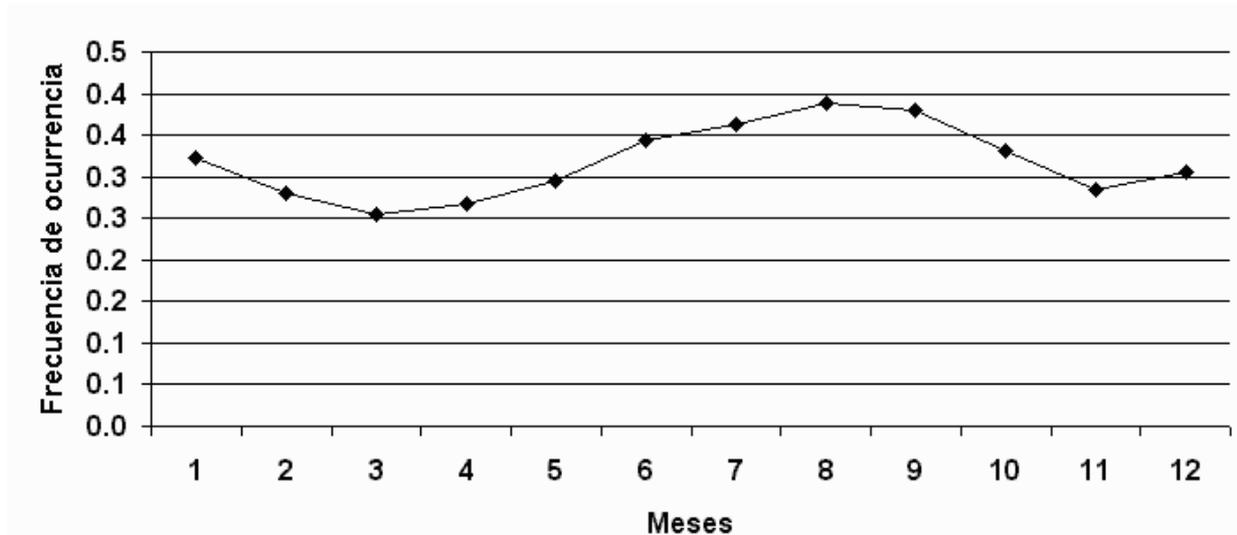


Figura 13. Marcha diaria de la frecuencia de ocurrencia de las calmas para la estación San Juan y Martínez usando el periodo 1974 - 2000 como referencia.

Si hacemos un análisis más general que implique frecuencia de ocurrencia de dos variables a la vez por rangos podemos trazar cartas características que nos darían una descripción más amplia del fenómeno de estudio. Utilizaremos para este propósito la carta característica de horas de permanencia en calma contra hora de salida de la calma como se muestra en la figura 14.

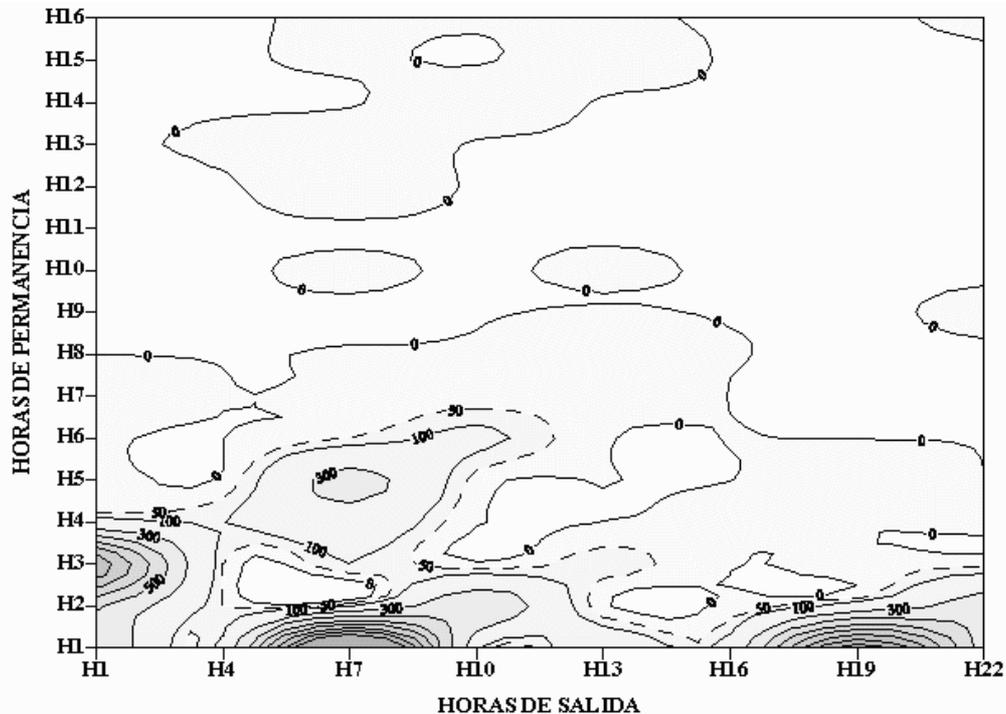


Figura 14. Carta característica de horas de permanencia en calma contra hora de salida de la calma para la estación San Juan y Martínez utilizando como periodo de referencia 1974 - 2000.

Aquí los máximos se encuentran entre 1 y 3 horas de permanencia en calma (de 3 a 12 horas) y como hora de salida preferencial las 07 con un máximo relativo con valores de frecuencia mucho menores a las 22, con lo que se recalca la idea que las noches, las madrugadas y las primeras horas de la mañana (antes de las 07) son horas de gran frecuencia de ocurrencia de calmas y con salida de las calmas con valores bajos de rapidez del viento por lo que son horarios ideales para que el regadío pueda realizarse de forma uniforme.

Conclusiones y recomendaciones.

Las temperaturas óptimas para el cultivo del tabaco son las que presentan mayor frecuencia de ocurrencia en la estación San Juan y Martínez, le siguen en representatividad las temperaturas satisfactorias por exceso y defecto, teniendo muy poca representatividad las desfavorables por defecto y ninguna las desfavorables por exceso.

Existe una tendencia significativa a la disminución de número de casos de temperaturas óptimas en la etapa de secado con un punto de cambio entre 1982 y 1985. Esta disminución implica un crecimiento en el número de casos de las otras clases de temperatura, pero éste no se manifiesta de forma significativa.

El análisis de tendencia por horas consecutivas dentro de una misma clase de temperatura (permanencia) en primer lugar refuerza la conclusión de disminución de casos de temperaturas óptimas, pues todas las series de horas de permanencia disminuyen para esta clase. Por otra parte para las restantes clases, hay una disminución de casos de una hora de permanencia compensados con un aumento de los casos de 3 y 4 horas de permanencia, lo que da la idea de un régimen de temperatura con variaciones menos bruscas.

El número de casos de observaciones que no cambian de clase de una observación a la siguiente tiende a aumentar significativamente. Esto es consistente con la tendencia creciente del número de casos en las series de 3 y 4 horas de permanencia de las clases satisfactoria por defecto y exceso y desfavorable por defecto.

Aunque en la etapa de secado la mayor frecuencia de ocurrencia de vientos son del primer cuadrante entre 1 y 2 m/s, existe una representatividad de hasta el 1% de casos de componente sur con vientos entre 4 y 5 m/s y una representatividad de 0.001 de vientos mayores de 10 m/s. Este dato debe tenerse en cuenta a la hora de la orientación de las casas de secado.

Aunque los casos de calmas tienden a disminuir en el área de estudio su representatividad es del 32 % de los casos y suelen ser más frecuentes en las horas de la

noche, la madrugada y primeras horas de la mañana (antes de las 07 hora local) y en los meses del periodo lluvioso, por lo que se recomienda tener en cuenta esta información a la hora de aplicar los regadíos.

Como los cambios detectados en las series de horas consecutivas de permanencia de temperaturas dentro de la misma clase no se manifiesta dentro de la información climatológica tradicional, se recomienda realizar estudios de cómo estos cambios pudieran afectar la calidad del cultivo y procesamiento del tabaco.

Se recomienda extender el estudio a otros cultivos y otras zonas del país donde haya información suficiente.

Agradecimientos.

Los autores del presente artículo desean agradecer la ayuda brindada por la Ingeniera Rosaura Hoyos González del Departamento de Agrometeorología, del Centro del Clima del Instituto de Meteorología, en la entrega de información, intercambio de experiencias y revisión del manuscrito base de este trabajo.

Referencias.

Akehurst B. C. (1973): El Tabaco. Instituto Cubano del Libro, La Habana, 682 pp.

Álvarez, R. (1984): Nueva metodología para el estudio de los cambios en la dirección del viento. Ciencias de la Tierra y el Espacio, 8: 81-92.

Álvarez, L., R. Alvarez (1992): La permanencia como propiedad general de las variables meteorológicas I. Resultados preliminares. Revista Cubana de Física, 12(2): 115-120.

Álvarez L.; R. Alvarez (1996): Aplicación del método de oscilaciones por observaciones contiguas al estudio del viento. En Memorias VII Congreso Argentino Latinoamericano e Ibérico de Meteorología. Buenos Aires, Argentina, septiembre 1996, pp. 395 - 396.

Álvarez L., R. Alvarez, A. Roque (2000): Caracterización del efecto de acumulación para el cálculo de la dispersión de contaminantes y sus aplicaciones a lo largo de la Isla de Cuba. Revista Cubana de Meteorología. Volumen 7, No. 1, pp. 8 - 13.

Álvarez L., R. Álvarez, L. Aenlle, I. Borrajero, R. Báez (2003): Base de datos GranMet. Memorias del X Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología, II Simposium Internacional de Ciclones Tropicales "Benito Viñes in Memoriam" y II Congreso Cubano de Meteorología. Ciudad de la Habana, del 3 al 7 de marzo del 2003, publicación

electrónica, ISBN 959-270-014-1,
(E:\Paginas\Articulos\Cubanos(PDF)\Lourdes_Alvarez2.pdf)

Arveladze G., E. Palenzuela, R. Hoyos; C. Menéndez (1989): Características fitométricas de las plantas de tabaco en las condiciones climáticas de Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*, 2(1): 42 -49.

Arveladze G., C. Menéndez, E. Palenzuela, A. Planas (1991): Dependencia del rendimiento agrícola de la caña de azúcar con respecto a las precipitaciones en Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*, 4(1): 42 -46.

Arveladze G., E. Palenzuela, R. Hoyos; C. Menéndez (1992): Régimen hídrico del tabaco en las condiciones climáticas de Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*, 5(2): 20 -27.

Dirección Nacional del Tabaco del Ministerio de la Agricultura (1983): Instructivo técnico para el cultivo del tabaco. Centro de Información y Divulgación Agropecuaria (CIDA). La Habana, Tomos I y II.

Doorenbos J., A. H. Kassam (1979): Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO: Riego y Drenaje, 33, 210 pp.

García R., M. Osorio (1991): Balance hídrico climatológico y disponibilidad de agua para los cultivos. *Revista Cubana de Meteorología*, 4(1): 52 -57.

Menéndez C., E. Palenzuela, O. Barreras (1991): Radiación solar absorbida por un sembrado de caña de azúcar durante la vegetación. *Revista Cubana de Meteorología*, 4(1): 38 -41.

Palenzuela E., C. Menéndez, R. Hoyos, M. Osorio, M. González (1992): Zonificación agroclimática del territorio de Cuba aplicado a los rendimientos agrícolas de los cultivos de tabaco negro de sol y tabaco tapado. Memorias del encuentro METEO'92. I Congreso Iberoamericano y V Congreso Interamericano de Meteorología, Universidad de Salamanca y Cáceres, España, Tomo II, pp. 71 - 82.

Ross Iu. K. (1975): Transferencia radiativa y aspectos cuantitativos de la arquitectónica de la vegetación [en ruso]. Editorial Guidrometeoizdat, 352 pp.

Saeki I. (1961): Leaf growth as influenced by dry matter production. *Bot. Mag. Tokio*, 74, No. 872: 70-78.

Sneyers, R. (1990): On the statistical analysis of series of observations. Technical Note No. 143, WMO-No. 415, 192 pp.

Solano O., R. Vázquez, J. Menéndez, C. Menéndez (2003a): Estudio de la evotranspiración de referencia en Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*, 10(1): 33-38.

Solano O., C. Menéndez, R. Vázquez, J. Menéndez (2003b): Zonificación de las fechas de inicio de las siembras de cultivos agrícolas en Cuba para un año seco. *Revista Cubana de Meteorología*, 10(1): 67-76.

Sosa J. A., E. Pérez, E. Otero, O. Pita (1988): Algunas características microclimáticas en un campo de tabaco tapado. *Ciencia y Técnica en la Agricultura*, 11(1): 55- 72.

ABSTRACT. Starting from trihourly observations of temperature at San Juan y Martínez station on the province of Pinar del Río in the period from 1974 to 2000, the frequency of occurrence for reference ranges of temperature and for stages of the tobacco crop cycle was calculated. The yearly and daily marches, the trend and permanence of these series were analyzed. It was found that temperatures within the optimal range have the highest frequency, that there is a significant trend of decrement for the number of cases of temperature within the optimal range in the stage of leaf drying with a change point between 1982 and 1985 and that with regard to permanence, all series have a growing trend for the optimal range. With regard to the series of observations of wind speed and direction it was found that though in the drying stage the highest frequency of occurrence for the wind is from the first quadrant and between 1 and 2 m/s, there is up to 1% of cases of south winds with speeds between 4 and 5 m/s and even higher. Calms account for 32% of all observations and have a decreasing trend in the studied area, they are more frequent at night and early hours of the day (before 07 local time) and in the months of the rainy period, for what it is recommended to take this information into account when applying water management.

Key words: temperature, trend, tobacco crop