

Las condiciones de calor sofocante en la región central de Cuba*

**Luis LECHA ESTELA

RESUMEN. *Se comparan los resultados obtenidos al aplicar dos métodos para estudiar la sensación de calor sofocante en la región central de Cuba, utilizando los datos de muchos años (1955-1970) de la estación meteorológica de Santa Clara (Universidad). Se confeccionaron los diagramas representativos de las oscilaciones diarias y mensuales de la sensación de calor sofocante, mostrándose el cambio estacional notable de este índice bioclimático. Se efectúa una modificación del método de cálculo propuesto por Goguishvili para estimar la sensación de calor sofocante, lo que permite el uso del complejo temperatura-humedad relativa del aire para el estudio de dicho elemento. Se incluyen recomendaciones de uso práctico para el cálculo del índice "I", así como tablas y diagramas que ilustran el texto.*

INTRODUCCIÓN

En el estudio de los climas húmedos y cálidos, el análisis de las condiciones de calor sofocante adquiere gran importancia para la actividad humana, y el conocimiento de su distribución espacio-temporal es, propiamente, uno de los principales objetivos de la bioclimatología en las condiciones de Cuba.

La sensación de calor sofocante no es función sólo de la temperatura del aire, sino de la combinación del efecto simultáneo entre ésta y la humedad ambiental. En relación con esta cuestión, BUDYKO y ZHIZHENKO (1960), BUDYKO (1962), GOGUSHVILI (1969), y otros autores, se han dedicado al estudio global de la sensación de calor sofocante, apoyándose en las magnitudes de la tensión de vapor de agua (TVA) como índice meteorológico más adecuado para estimar la intensidad de la sensación de calor en el hombre.

Desde este punto de vista, la sensación de calor sofocante empieza cuando el contenido de humedad absoluta del aire excede los 14,1 g/m³ de aire (14,1 mm ó 18,8 Mb) y siempre en función de la temperatura del aire, pero, en general, superior a 16,5°C. Lo anterior se explica porque, a partir de ese valor crítico, la capacidad evaporante de la atmósfera disminuye, impidiendo la evaporación del sudor desde la superficie de la piel, dando comienzo a la sensación de sofocación en el hombre y los animales. Luego, este indicador bioclimático es una medida de la incapacidad de enfriamiento natural del ser humano y los animales, en función del estado del medio aéreo circundante.

*Manuscrito aprobado en junio de 1986.

**Instituto de Meteorología, Academia de Ciencias de Cuba.

Numerosos métodos se han propuesto para el cálculo de dichas condiciones críticas, encontrándose desde sencillas fórmulas empíricas hasta complejos métodos de trabajo basados en pruebas de laboratorio. En este caso, atendiendo a la base material existente, se seleccionaron dos métodos para el estudio de la sensación de calor sofocante,

siguiendo el principio de facilitar su procesamiento en las estaciones meteorológicas y demás lugares donde sea necesario estimar sus magnitudes. Además, con este trabajo se pretende continuar profundizando en el estudio de las peculiaridades del clima de la parte central de Cuba, con vistas a la aplicación de los resultados.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el trabajo se empleó la información diaria recopilada cada 2 hr de la estación meteorológica de Santa Clara (Universidad Central) durante el período de 1955 a 1970, y que abarcó los datos de temperatura y humedad relativa del aire, tensión del vapor de agua (TVA) y humedad absoluta. Con dicha información se consideró la propuesta de Vitvitzki (comun. pers.) para identificar grupos de días seleccionados por categorías o combinaciones de la temperatura y la humedad relativa del aire, utilizando los límites frontera de 30°C para la temperatura y 80% para la humedad relativa. Sin embargo, la manifestación simultánea de tales condiciones resultó muy pequeña en el período, por lo que se empleó el límite de 25°C para la temperatura y 80% para la humedad relativa. El número de casos encontrado en la muestra, desglosados por meses y años, se da en la Tabla 1.

Al mismo tiempo, se compararon los diagramas de isopletras de la temperatura y humedad relativa del aire de la muestra considerada, unidos al de la TVA, con el fin de conocer las características de la posible distribución de la sensación de calor sofocante en la zona estudiada.

También, como segundo criterio metodológico, se consideró el índice "I" de GOGUSHVILI (1974) para el cálculo de la magnitud

de la sensación de calor sofocante, el que permite apreciar la intensidad de este proceso en valores enteros del 1 al 8 y con la siguiente descripción: (a) no existe calor sofocante (I menor que 1), (b) calor sofocante débil (I entre 1 y 3), (c) calor sofocante moderado (I entre 3-4 y 5), (d) calor sofocante fuerte (I entre 5-6 y 7), y (e) calor sofocante extremo (I mayor que 7).

De esta forma puede convertirse la relación dada por la TVA en una nueva relación que utiliza los valores del complejo temperatura-humedad relativa del aire, lo que facilitó el procesamiento de la información básica. Así, el número de días con sensación apreciable de calor sofocante (cuando el índice "I" es superior a 3) se muestra en la Tabla 2.

Por último, se preparó una tabla de relación con los resultados del índice de calor sofocante y los valores de la temperatura y la humedad relativa del aire, para disponer de un método operativo de cálculo de este indicador bioclimático. En la elaboración de la tabla se utilizó la relación termodinámica establecida para el cálculo de la tensión del vapor de agua y que se aplica en la Tabla Psicrométrica de uso habitual en la red de estaciones del Instituto de Meteorología. Estos valores se muestran en las Tablas 3 y 4.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

La distribución media de la temperatura del aire en Santa Clara muestra que el valor

de 25°C es superado durante la mayor parte del año en horas del mediodía (Fig. 1A) y

TABLA 1. Cantidad de días con magnitud apreciable de la sensación de calor sofocante en Santa Clara (1955-1970). Datos calculados para temperatura del aire superior a 25°C y humedad relativa superior a 80%.

Años	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Suma
1955					4	10	10	14	8	7	1		56
56						9	21	18	9	4		2	63
57				1	7	7	15	15	7	1	5		58
58			1	3	4	16	23	20	17	5	1		90
59	2	6	2	5	4	19	9	17	12	17	3		96
1960					2	10	13	13	18	21	1		78
61		3	1	3	6	10	19	13	9	7	2	1	74
62		2		1	3	17	22	15	9	8			77
63		1			3	12	18	20	13	2	1	1	71
64			1		3	9	4	14	7	2	4		44
1965				1	8	10	16	15	12	3	1		66
66		1	1	4	4	15	10	15	3	2	1		56
67	5	3			3	3	15	11	6	5	2	1	54
68					5	8	8	6	3	1	6		37
69				1	3	7	11	3	4	3	1		33
1970					1	2	6	3	5	2			19
Suma	7	16	6	19	60	164	222	212	142	90	29	5	972
Promedio	0	1	0	1	4	10	14	13	9	6	2	0	60

TABLA 2. Cantidad de días con magnitud apreciable de la sensación de calor sofocante en Santa Clara (1955-1970). Datos calculados por el método de GOGUISHVILI (1974).

Años	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Suma
1955					2	17	18	20	19	11	3		90
56					4	11	16	12	13	13			69
57				6	14	16	19	20	19	10	3		107
58				4	14	23	26	24	21	10	9		131
59		4	1	1	7	16	16	17	17	18	6		103
1960					4	21	20	22	22	19	10		118
61					5	16	17	18	16	10			82
62						16	18	21	17	12			84
63					4	17	22	24	26	13	2		108
64			3	5	11	22	21	25	20	13	7		127
1965					3	14	19	19	19	14	2		90
66				5	11	21	22	23	21	16			119
67					4	15	18	16	16	15			84
68					10	18	18	18	18	16	5		103
69				9	14	22	21	16	18	16			116
1970				1	4	16	16	18	16	11			82
Suma	0	4	4	31	111	281	307	313	298	217	47	0	1 613
Promedio	0	0	0	2	7	18	19	20	19	14	3	0	102

TABLA 3. Relación entre la tensión del vapor de agua (TVA) y la magnitud de la sensación de calor sofocante "I", según GOGUISHVILI (1974).

Magnitud de la TVA		Magnitud de "I"	
Milímetros	Milibares	Sin unidades	Código
14,1 a 15,7	18,9 a 21,0	Menor que 1	No existe
15,8 a 17,2	21,1 a 23,0	1-2	Débil
17,3 a 18,7	23,1 a 25,0	2,3	Débil
18,8 a 20,2	25,1 a 27,0	3-4	Moderado
20,3 a 21,7	27,1 a 29,0	4-5	Moderado
21,8 a 23,2	29,1 a 31,0	5-6	Fuerte
23,3 a 24,7	31,1 a 33,0	6-7	Fuerte
24,8 a 26,2	33,1 a 35,0	7-8	Extremo
Mayor de 26,2	Mayor de 35,0	Mayor de 8	Extremo

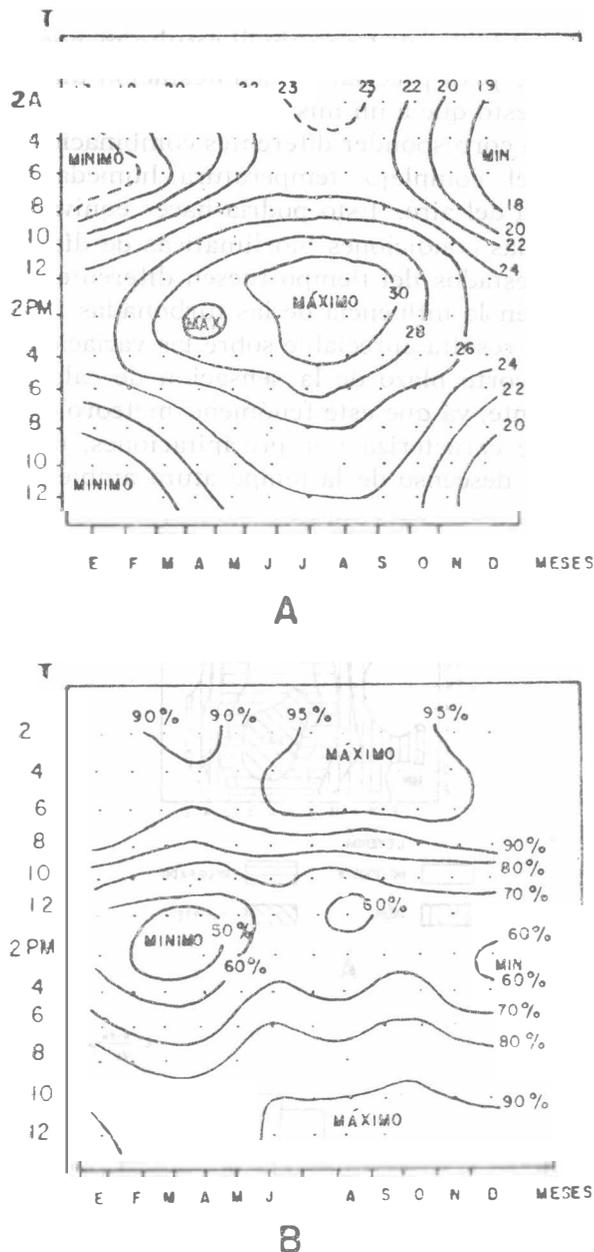


Fig. 1. Diagramas de isopletas de la temperatura del aire (A) y de la humedad relativa (B) en Santa Clara (1955-1970).

primeras horas de la tarde, hasta alcanzar un máximo anual cercano a los 32°C, que ocurre en julio y agosto a las 1400, hora local. Sin embargo, la distribución de los valores medios bihorarios por meses de la

humedad relativa (Fig. 1B) muestra que, en correspondencia con el aumento de la temperatura del aire, el contenido de humedad del mismo disminuye, para alcanzar un mínimo anual cercano a 50% en las primeras horas de la tarde en los meses de marzo y abril.

Por tal característica de las marchas diarias de ambos elementos, el uso de sus valores medios diarios para el estudio de la sensación de calor sofocante no es recomendable, ya que las altas temperaturas diurnas y la elevada humedad nocturna producen elevados valores medios diarios de estos elementos, pero éstos no ocurren simultáneamente. Lo recomendable es fundamentar el análisis de este elemento bioclimático en las magnitudes bihorarias o trihorarias del complejo temperatura-humedad relativa del aire, definiendo entonces el día con sensación apreciable de calor sofocante como aquél en el cual la temperatura y la humedad ambientales exceden ciertos valores críticos simultáneamente y durante 4 hr como mínimo.

La distribución de casos mensuales con sensación apreciable de calor sofocante así obtenida se muestra en la Fig. 2A, considerando los valores críticos de 25°C para la temperatura y 80% para la humedad relativa del aire. Como se observa, en julio ocurre el máximo anual de días con sensación apreciable de calor sofocante (44,8%), seguido de agosto (42,7%) y junio (34,2%), o sea, 14, 13 y 10 días, respectivamente. Es interesante que, mediante el criterio utilizado, también se reportan casos que ocurren en los denominados "meses invernales" en Cuba.

Las magnitudes de la tensión de vapor de agua presentan una menor variabilidad anual y diaria (Fig. 2B) con respecto a los valores de temperatura y humedad relativa. El máximo anual de la TVA ocurre en julio y agosto durante la tarde, así como en agosto y septiembre en horas de la mañana. Esto determina una distribución correspondiente

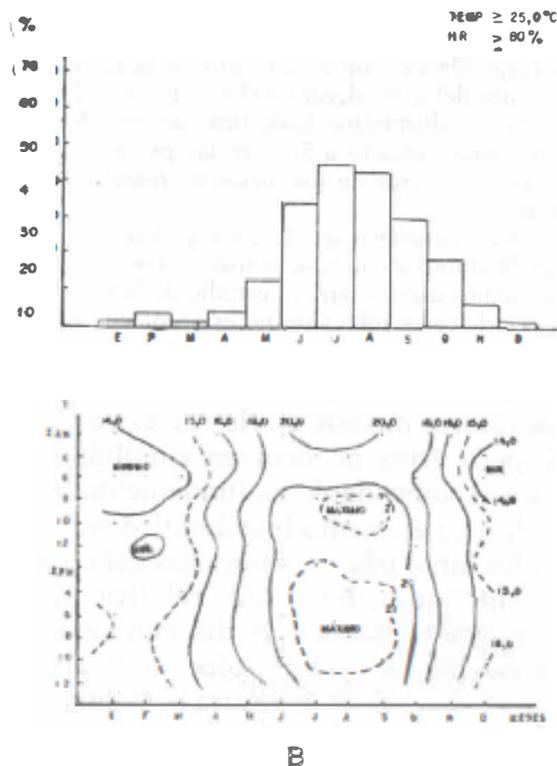


Fig. 2. Marcha media anual del número de días con sensación apreciable de calor sofocante, considerando simultáneamente las temperaturas medias diarias superiores a 25°C y la humedad relativa media diaria superior a 80% (A), y diagrama de isopletas de la tensión de vapor de agua en Santa Clara (B).

análoga del índice "I", como se muestra en la Fig. 3A. De mayo a octubre, la sensación de calor sofocante es superior a "débil" en todo el período diurno del día, llegando a un máximo de magnitud "moderada a fuerte" en los meses más cálidos del año.

Por otra parte, al considerar la distribución anual de la sensación de calor sofocante según el índice de Goguishvili, se observa (Fig. 3B) que 94,7% de los casos se agrupan en los meses del período lluvioso del año (también el más cálido), correspondiendo al mes de agosto el máximo de frecuencia con 63,1% de los días del mes, seguido de septiembre (62,1%) y julio (61,9%), o sea, 20, 19 y 19 días, respectivamente.

La comparación de los resultados por ambos métodos es de interés. En primer

lugar, el índice de Goguishvili resulta menos sensible para precisar la manifestación diaria, puesto que a un mismo valor de la TVA pueden corresponder diferentes combinaciones del complejo temperatura-humedad relativa del aire. Esto podría hacer equivalentes las condiciones bioclimáticas de días cuyos estados del tiempo fuesen diferentes. También la influencia de las turbonadas de verano resulta apreciable sobre las variaciones a corto plazo de la sensación de calor sofocante, ya que este fenómeno meteorológico se caracteriza por precipitaciones, un brusco descenso de la temperatura ambien-

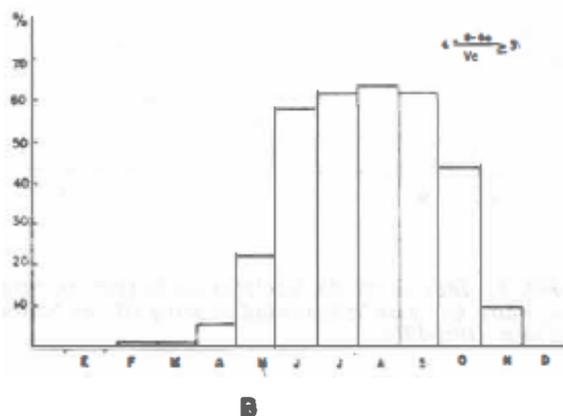
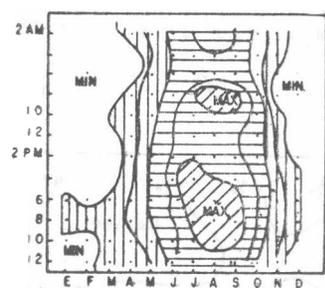


Fig. 3. Diagrama de isopletas del índice "I" calculado en base de la distribución de la tensión de vapor de agua (A) y marcha media anual de la sensación de calor sofocante en Santa Clara, según el criterio de Goguishvili (B).

te y el aumento de la humedad relativa del aire, lo que altera el comportamiento del complejo temperatura - humedad relativa, mientras que las oscilaciones de la TVA son mucho menores. Ello implica que las rápidas variaciones de la sensación de calor sofocante resulten enmascaradas al calcularlas mediante el comportamiento de la TVA, y se determinan correctamente al utilizar los valores del complejo temperatura - humedad relativa del aire. Por tanto, se recomienda utilizar el nomograma de la Fig. 4 o los valores resultantes de la Tabla 4 para calcular este indicador bioclimático en las condiciones de Cuba, y que responde a los siguientes criterios límites de la temperatura y humedad relativa del aire, a partir de los cuales se hacen apreciables las sensaciones de calor sofocante: *temperatura* (°C), 22,0/ *humedad relativa* (%), 90/ *índice "I"*3; 25,0/75/3; 30,0/60/3; y 35,0/40/3. Y para gamas extremas sería: 26,0/100/7; 30,0/80/7; y 35,0/60/7.

De manera que para temperaturas del aire inferiores o iguales a 25°C nunca se presentan condiciones extremas, independiente-

mente del valor de la humedad relativa del aire, así como para valores de la temperatura inferiores o iguales a 20°C no se presentan condiciones apreciables del calor sofocante. Así, la gama de 20 a 25°C para la temperatura ambiente se convierte en intervalo confortable, desde el punto de vista de la sensación de calor sofocante, cuando la humedad ambiental relativa es inferior a 75%, lo que coincide con las gamas internacionales aceptadas en climatización y refrigeración.

La valoración de la sensación de calor sofocante que utiliza los valores de temperatura y humedad relativa del aire permite el análisis detallado de las características de sus marchas diaria y anual media con alto nivel de representatividad. Como se muestra en los diagramas de la Fig. 5, el comportamiento de la sensación de calor sofocante difiere marcadamente en función de las diferentes regiones físico-geográficas: en las regiones costeras como Cienfuegos, durante los meses de verano se aprecia el claro predominio de las condiciones "moderadas";

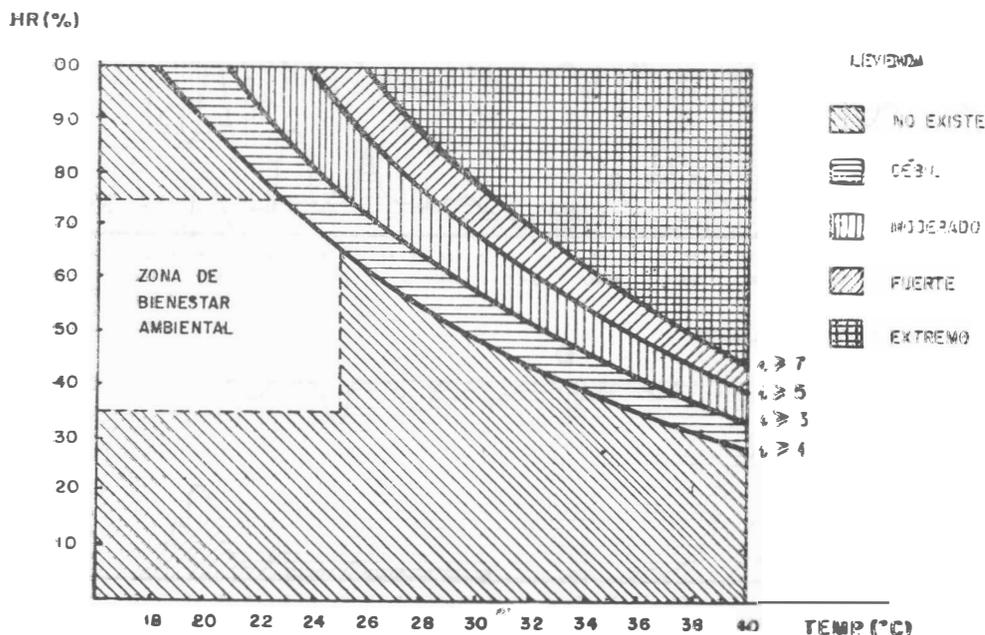


Fig. 4. Nomograma para el cálculo operativo de la sensación de calor sofocante, en el que se utilizan los valores del complejo temperatura - humedad relativa del aire.

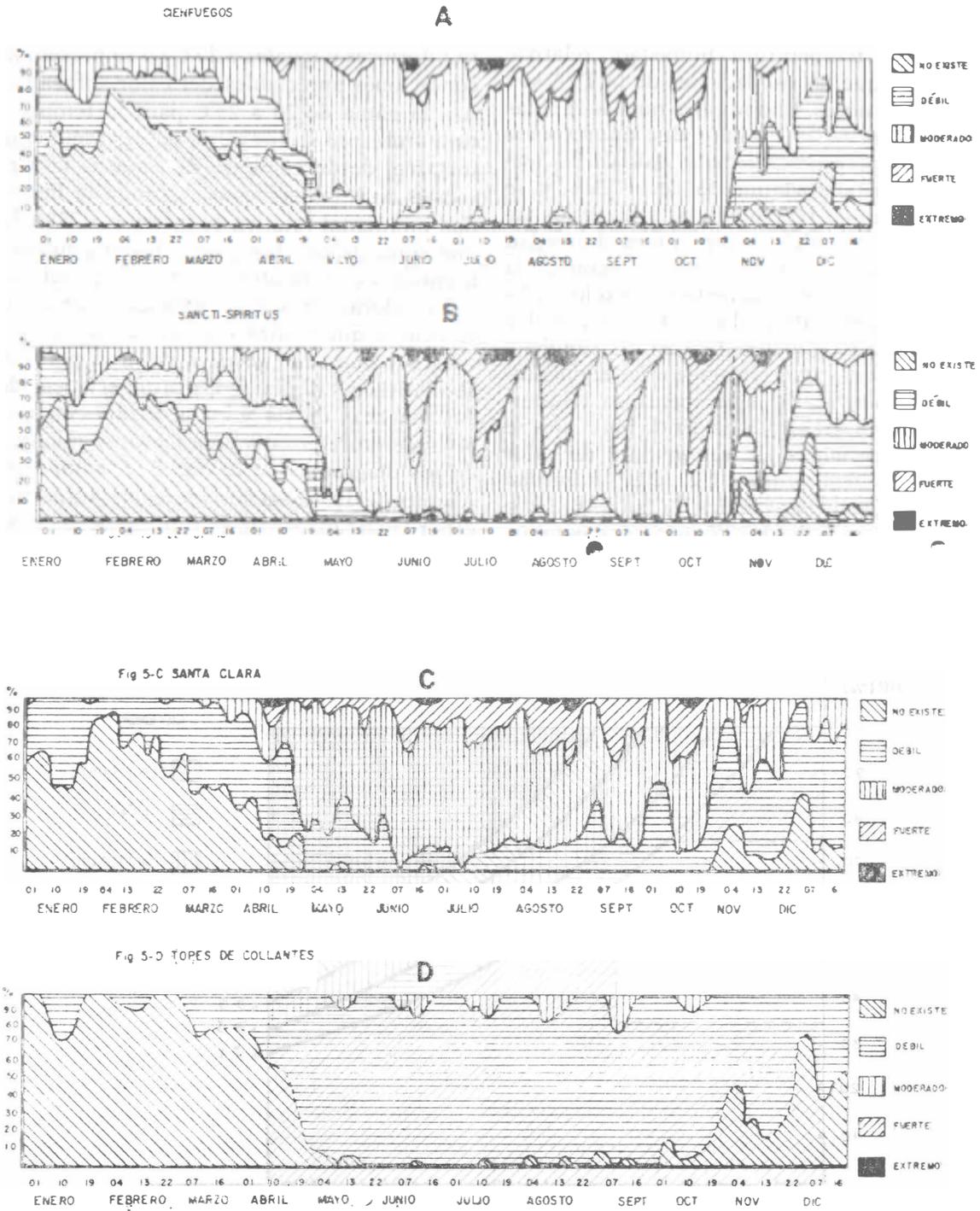


Fig. 5. Diagramas de marcha anual-marcha diaria de la sensación de calor sofocante en Cienfuegos (A), Sancti Spiritus (B), Santa Clara (C) y Topes de Collantes (D). El código se incluye en cada diagrama.

mientras que en zonas más alejadas de las costas (representadas por Santa Clara y Sancti Spíritus) existe un mayor contraste en la marcha diaria dada por la sucesión de días y noches, lo que acentúa la sensación de calor sofocante en horas del día. En ello desempeña también un papel importante el efecto moderador del régimen de brisas en las zonas costeras.

Sin embargo, el contraste más notable se observa al estudiar el comportamiento del calor sofocante en las zonas montañosas, dado en este caso por Topes de Collantes.

En esta zona, situada a más de 700 m sobre el nivel medio del mar, la marcha diaria es poco apreciable y se destaca un contraste anual que asigna al período mayo-octubre condiciones preferentemente "débiles", con sensaciones "moderadas" cerca del mediodía local, mientras que no existen sensaciones de calor sofocante en la mayor parte de los días del período diciembre-abril. Estas características muestrales contribuyen al establecimiento de sistemas climatoterapéuticos en zonas con los requerimientos adecuados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las condiciones de calor sofocante son propias de los días del período lluvioso del año (mayo a octubre) en las zonas llanas del territorio estudiado, principalmente en la tarde y primeras horas de la noche.

Las sensaciones extremas de calor sofocante son frecuentes en los meses de junio a octubre, durante las horas de mayor calentamiento diurno, y bajo tales condiciones es imprescindible la climatización (refrigeración) de los locales de trabajo o para otros fines que impliquen la presencia prolongada de personas.

El empleo del complejo temperatura - humedad relativa del aire para estimar la mag-

nitud de la sensación de calor sofocante es de mayor utilidad práctica que el uso del criterio de Goguishvili basado en la TVA. Las gamas críticas propuestas en este trabajo pueden servir para la clasificación bioclimática objetiva de los estados del tiempo diarios en cada localidad del país.

Se recomienda extender los actuales estudios a toda Cuba y caracterizar el comportamiento de la sensación de calor sofocante en función de las distintas zonas físico-geográficas. Tales resultados brindan un valioso apoyo al cálculo de los períodos óptimos de climatización tanto industrial como comercial.

RECONOCIMIENTOS

Deseo expresar mi reconocimiento al Dr. K. S. Goguishvili, por sus consejos referentes al estudio de la sensación de calor sofocante en zonas tropicales y por la bibliografía que facilitó para la realización de este trabajo.

Al Dr. G. N. Vitvitzkii, por sus recomendaciones para integrar al estudio del clima cubano criterios de tipo bioclimático; y al compañero Julio C. García, por la eficiente preparación de los diagramas de trabajo.

REFERENCIAS

Budyko, M. I. (1962): Los fenómenos físicos de la bioclimatología humana [en ruso]. *Rev. Fed. Cien. Met.*, 4(L):31.

Budyko, M. I., y G. V. Zhizhenko (1960): Los factores climáticos y su acción sobre el bienestar del hombre [en ruso]. *Acad. Cien. URSS, Ser. Geogr.*, 3:24.

- Goguishvili, K. S. (1965): Sobre un método para el cálculo de las condiciones de calor sofocante; por ejemplo, en Georgia Occidental [en ruso]. *Rev. Inst. Geogr. Acad. Cien. RSFG*, 23:12-21.
- (1969): *Distribución mundial de las zonas de calor sofocante* [en ruso]. Editora de la Academia de Ciencias de la RSFG, Tbilisi, 235 pp.
- (1974): *Influencia de los factores de la circulación general en la génesis del clima de Georgia* [en ruso]. Editora de la Academia de Ciencias de la RSFG, Tbilisi, 278 pp.
- Lecha, L. [en prensa]: Tipificación de la temperatura del aire en la región central de Cuba, Santa Clara. En *IV Jornada Científica del INSMET*, 14 pp., 2 mapas.

OPPRESSIVE HEAT ON THE CENTRAL REGION OF CUBA

ABSTRACT. *The results of two methods for the study of oppressive heat in the central part of Cuba are compared, based on data from the meteorological station located in the central university, near Santa Clara City. The respective diagrams were made for the daily and monthly oscillations of the magnitude of oppressive heat and a remarkable seasonal change was found. A modification of the Goguishvili method is proposed in order to make more factible the complex temperature - relative humidity of the air in the study of sensation of oppressive heat in Cuba. Recommendations for the practical use of the "I" index calculation, as well as diagrams and tables, are included.*