

Cálculo y Terminología de las Sensaciones Térmicas en el pronóstico diario del tiempo para Cuba

Autores: MIGUEL A. PORTELA SANTIAGO
ANTONIO V. GUEVARA VELAZCO
ANTONIA LEÓN LEE

Centro Nacional del Clima, Instituto de Meteorología

Resumen

Se introduce un nuevo índice (IC) para determinar las sensaciones térmicas de las personas en Cuba y se propone la terminología que se usará al redactar para el público el pronóstico diario del tiempo para Cuba. El cálculo del IC se efectúa a partir de los valores pronóstico de la temperatura, humedad relativa y rapidez del viento, tanto con influencia de radiación solar o sin ella. El uso de la metodología descrita permite hacer más objetiva la asignación de categorías de sensación térmica, bajo las condiciones meteorológicas cubanas.

Introducción

La sensación de bienestar o malestar debido a los valores de las variables meteorológicas es un rasgo importante del estado del tiempo para las personas. En la actualidad, la terminología que se usa para expresar el grado de bienestar en los pronósticos del tiempo en Cuba se basa exclusivamente en la temperatura del aire pronosticada, lo que no se corresponde con la complejidad del fenómeno, que depende de la interacción de las siguientes variables meteorológicas: temperatura, humedad relativa, radiación solar y rapidez del viento.

La sensación de bienestar en las personas es un problema aún más complicado. En individuos específicos, además de los valores de las variables meteorológicas, depende de la edad, sexo, raza, estado físico y emocional, vestimenta y hasta de la cantidad y tipo de alimentos que ingiere la persona.

En el mundo se han utilizado ampliamente numerosos índices bioclimáticos que intentan agrupar el efecto combinado de las variables involucradas en la sensación térmica de los seres humanos, con

el fin de describir de forma subjetiva u objetiva el grado de acercamiento o alejamiento de las condiciones presentes respecto a las de bienestar. En muchos casos, dichos indicadores adoptan la forma de temperaturas "efectivas" y representan la temperatura de un aire en calma, saturado de humedad, que ofrece la misma sensación térmica que las condiciones reales de temperatura, humedad, rapidez del viento y radiación solar, percibidas por individuos que realizan actividades físicas ligeras (por ejemplo, caminar) y que portan un vestuario de verano de hasta 1 clo de aislamiento térmico (camisa, pantalón, saya, blusa, traje de verano).

Autores e instituciones como Houghten y Yaglou en 1923; Miller en 1925 y ASHRAE en 1981 referidos por Hentschel (1987); Missenard en 1937; y Gregorczyk y Cena en 1967, citados por Taesler (1987); o la ASHVE citada por Hendrick (1959) se han valido de los resultados del uso de la temperatura efectiva o sus modificaciones, con fines diversos.

En Cuba se encuentra bastante extendido el uso de diversas formas de temperatura efectiva. Vidaillet, Osorio y Leon (1984);

Centella (1985); Vidaillet et al. (1986); Barranco (1986); Nieves, Prilipko y Vidaillet (1988); Lecha et al. (1989); y Guevara, León y Vidaillet (1990) obtuvieron interesantes resultados en el conocimiento y aplicación de las características bioclimáticas del país a diversas ramas de nuestra economía. Todos estos trabajos se acometieron siempre con un enfoque climático, con proyecciones para su introducción práctica en actividades como el turismo, la arquitectura y la construcción, por citar sólo algunas.

En el presente estudio se utiliza como punto de partida el Índice de Hendrick (1959) para condiciones a la intemperie, cuya base es el índice de temperatura efectiva desarrollado por la ASHVE (American Society of Heating and Ventilating Engineers) en 1950. A diferencia de la mayoría de los trabajos existentes, en este artículo se trata el tema desde el punto de vista de su aplicación sinóptica al pronóstico diario del tiempo. En ello radica su principal importancia e interés, al no tener antecedentes en Cuba. Se ha tratado de tomar en consideración las particularidades del tiempo en Cuba, así como la terminología y el sentido que generalmente se le con-

fiere en el país a las palabras utilizadas, manteniendo el sistema lo suficientemente sencillo como para que sea comprensible con facilidad. La terminología propuesta debe servir para informar y alertar pero, al mismo tiempo, no provocar estados de opinión sobre los efectos del tiempo en las personas, no fundados sobre bases científicas, y que pudieran dar una falsa imagen de nuestro clima, tanto a la población como al turismo extranjero que nos visita.

Cálculo del índice de confort para el pronóstico diario del tiempo en Cuba

En la literatura aparecen numerosos criterios e índices de bienestar, pero la mayoría de ellos tienen un sentido climático, ya que se basan en valores medios de las combinaciones de las variables meteorológicas, de índices bioclimáticos o de sus frecuencias. En otros casos, los índices se han diseñado para clima interior, con vistas a realizar estudios para la refrigeración del aire y los sistemas de ventilación.

Es necesario usar un índice que dependa de variables que puedan ser pronosticadas cotidianamente, a partir del flujo usual de información sinóptica y que no recargue la labor de los pronosticadores del tiempo. Tomando en cuenta lo anterior, se decidió emplear como base el índice semiempírico de confort creado por Hendrick para las condiciones de verano en Hartford, estado de Connecticut, EUA, modificándolo para las condiciones de Cuba. La expresión más general de este índice es:

$$I = (0.5 + 0.001 U^2) (T^* - 80.0 + 0.11 U) - 0.35 (0.5 V)^{1/2} (20.0 + 0.05 U - 0.2 T) \quad (1)$$

dónde: T es la temperatura seca del aire (°F)

U es la humedad relativa (%)

V es la rapidez del viento (millas/h).

$T^* = T + R (0.5 - 0.007(V \cdot 3)^{1/2})$ cuando existe radiación directa

$T^* = T$, en días nublados o a la sombra

R es la radiación solar directa (BTU/h.pie^{1/2}), según Hendrick (1959)

Dado que en nuestro invierno las temperaturas nunca llegan a estar por debajo de 0° C, el índice calculado para Cuba se concibe para su empleo durante todo el año.

Como se puede apreciar, el índice de confort de Hendrick combina la influencia de la temperatura, humedad relativa, radiación solar directa y la rapidez del viento. En su definición, un concepto básico es el de temperatura de máximo confort, que es una función lineal de la humedad relativa bajo condiciones de calma y a la sombra. El índice de confort (IC) se puede considerar como el desvío entre la temperatura efectiva equivalente (TEE) presente y la temperatura de máximo confort (TMC), como sigue:

$$IC = TEE - TMC \quad (2)$$

Por definición, el índice de confort es nulo a la temperatura de máximo confort, adquiriendo valores negativos crecientes a medida que aumenta la sensación de frío, y valores positivos crecientes al aumentar la sensación de calor.

Para hallar la expresión de la temperatura de máximo confort con vistas a su empleo en Cuba, se utilizó el valor medio de la zona de confort según la TEE referida por Bútiava et al (1984), que durante una serie de años se ha venido usando en nuestro país para fines climatológicos.

De acuerdo con este criterio, la zona confortable oscila entre 22 y 25°C de temperatura efectiva (León, 1988) por lo que su valor

medio es de 23.5°C. Dos puntos que tienen este valor óptimo son los de 24°C con una humedad relativa de 90 % y de 25°C con humedad relativa del 75%. Al ajustar una ecuación del tipo

$$TMC = aU + b \quad (3)$$

donde U es la humedad relativa y TMC la temperatura de máximo confort que pasa por los puntos anteriores, se obtiene la ecuación

$$TMC = 30.025 - 0.067U \quad (4)$$

que es la temperatura de máximo confort para Cuba.

Sustituyendo esta expresión en el índice de confort de Hendrick (1) y empleando en la fórmula el sistema internacional de unidades (SI) el índice de confort de Hendrick modificado para Cuba es:

$$IC = (0.5 + 0.0001U^2)(1.8T + 32.0 + 317.0R) \left(0.05 - 0.007 \sqrt{\left(\frac{V}{1.6}\right)^2 - 3.0} - 86.045 + 0.1206U \right) - 0.35 \sqrt{0.3125V} (13.6 + 0.05U - 0.36T) \quad (5)$$

donde T es la temperatura seca del aire (°C), U es la humedad relativa (%), R es la radiación solar directa (kilowatt/m) y V es la rapidez del viento (km/h). Cuando la temperatura es de 18.°C o menos, en lugar del coeficiente (0.5+0.0001U²) se usa el coeficiente (0.5+0.0005U).

Estos coeficientes sirven para llevar los valores de temperatura del aire a temperatura efectiva, y se han construido de forma tal que la presencia de elevados valores de humedad relativa en combinación con temperaturas altas presuponga un grado mayor de disconfort, lo que no es tan marcado a bajas temperaturas.

Uno de los méritos principales de la fórmula de Hendrick es que permite independizar la contribución de la radiación solar y de la rapidez del viento en términos de cambio de valores de temperatura efectiva. El enfriamiento por la

rapidez del viento es medido por el último término, y el calentamiento por la radiación solar directa viene dado por la expresión

$$317.0R \left(0.05 - 0.007 \sqrt{\frac{V}{1.6} - 3.0} \right)$$

Si $\frac{V}{1.6} - 3.0$ es negativo,

este valor se considera cero.

A partir de la fórmula modificada de Hendrick se obtienen los valores del índice de confort para las diferentes combinaciones de las variables. En particular, a la sombra y en calma los valores del índice se compararon con los valores de la TEE antes referida, para establecer una escala de categorías de sensación de confort para Cuba sobre la base del valor del índice de confort. A cada categoría se le ha asignado una terminología de acuerdo a los criterios antes expuestos.

En esta escala, a diferencia del artículo citado de Hendrick, el valor ideal no es sólo cero, sino que se define una zona agradable en ambos sentidos, de forma que el disconfort comienza en ambos sentidos fuera de este recorrido. Este enfoque parece ser más adecuado para los propósitos sinópticos, ya que al trabajar con valores pronósticos, es muy probable el tránsito de un valor ligeramente negativo a otro ligeramente positivo o viceversa, sin que ello tuviera un significado real. En el enfoque de Hendrick esto supondría pasar de una categoría a otra. El criterio empleado aquí, además, coincide con la práctica usual en Climatología, al considerar una zona confortable neutra, como se hace con la temperatura efectiva equivalente.

En el uso práctico operativo del IC en la predicción del tiempo, se calcula la categoría de sensación para un conjunto dado de valores

de las variables meteorológicas pronosticadas. En los horarios diurnos, es posible hacer los cálculos del valor del índice de confort a la sombra, en condiciones nubladas o bajo la influencia de la radiación solar directa.

Conclusión

Se ha introducido un índice de confort, capaz de ser calculado con los datos pronosticados para 24 horas, que cotidianamente se emiten por el Centro de Pronósticos del Tiempo del Instituto de Meteorología. Con la ayuda de este índice, se puede calificar el grado de bienestar de los seres humanos, de acuerdo con una terminología mucho más objetiva y real que la empleada hoy, a la hora de evaluar las sensaciones térmicas de las personas.

Referencias

Barranco, G. (1989): Mapas de condiciones climáticas para la vida de la población. En : Nuevo

Tabla 1. Escala de sensación de confort para Cuba según el índice de confort IC

Categoría	Valor del índice de confort IC	Terminología
1	IC < -19.0	Muy frío
2	-19.0 < IC < -11.0	Frío
3	-11.0 < IC < -3.0	Ligeramente frío
4	-3.0 < IC < 3.0	Agradable
5	3.0 < IC < 6.0	Ligeramente caluroso
6	6.0 < IC < 9.0	Caluroso
7	IC > 9.0	Muy caluroso

Atlas Nacional de Cuba. Instituto de Geografía de la ACC e Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía. La Habana.

Bútieva I.V., E.M. Illichiova y R.P. Kornilova (1984): Régimen de tiempo y sensación térmica del hombre en diferentes zonas naturales de la URSS en el periodo cálido del año. *Materiales de Investigaciones Meteorológicas*, 8:74-81

Centella A. (1985) Estudio del comportamiento de varios índices bioclimáticos en la provincia de Matanzas. Trabajo de Diploma. Facultad de Geografía. Universidad de La Habana. (Inédito).

Guevara A.V., A. León y J.D. Vidallet (1990): Frecuencia de las sensaciones térmicas en Cuba sobre la base de la temperatura efectiva equivalente (TEE). En: VIII Jornada Científica del Instituto de Meteorología de la ACC, La Habana, 22-23 de marzo de 1990. (Inédito).

Hendrick, R.L. (1959): An outdoor weather comfort index for the summer season in Hartford, Connecticut. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, 40(12) : 620-623.

Hentschel G. (1987): A human biometeorology classification of climate for large and local scales. p.120-138 En: *Climate and human health. Proceedings of the Symposium in Leningrad. Vol I. WCAP No.1. 247 pp.*

Lecha L. et al. (1989): Efectos de la tipología arquitectónica en el microclima urbano. En: I Simposio de Física Ambiental. La Habana, 29 de noviembre-fino de diciembre de 1989. (Inédito).

León A. (1988): Las sensaciones de calor en el occidente de Cuba. Trabajo de Diploma. Facultad de Geografía. Universidad de La Habana. (Inédito).

Nieves M.E., G. Prilipko y J.D. Vidallet (1988): La temperatura efectiva, la temperatura efectiva equivalente y el calor sofocante en Ciudad de La Habana. (Inédito).

Taesler R (1987): Climate characteristics and human health - the problem of climate classification. P.81-119

En: *Climate and human health. Proceedings of the Symposium in Leningrad. Vol. I. WCAP No.1. 247 pp.*

Vidallet J.D. et al. (1986): Características climatoterapéuticas, posibilidades recreativas y para el turismo de la playa de Varadero. Universidad Central. Villa Clara. 23 pp. (Inédito).

Vidallet J.D., M. Osorio y A. León (1988): La temperatura efectiva equivalente en Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*. 1(1): 72-78.

ABSTRACT.

A new index to determine thermal sensations is introduced and the terminology to express it in the public daily weather forecast in Cuba is proposed. Calculation is done on the basis of temperature, relative humidity and wind speed forecast values with and without solar radiation influence. The use of the described methodology allows to make more objective the assignment of thermal sensations categories under Cuban meteorological conditions.