

Efectividad del SisPI para el pronóstico de Sensaciones Térmicas en Cuba durante 2019



SisPI's effectiveness for Thermal Sensations forecast in Cuba during 2019

<https://cu-id.com/2377/v29n4e10>

✉ Daisladys Gómez de la Maza Santana¹, ✉ Dunia Hernández González²,
✉ Osniel Armas Forteza³, ✉ Pedro Roura Pérez⁴

¹Centro del Clima, Instituto de Meteorología, Cuba

²Sociedad Meteorológica de Cuba, Cuba

³Meteorología Aeronáutica, Empresa de Navegación Aérea, Cuba

⁴Centro del Clima, Instituto de Meteorología, Cuba

RESUMEN: El estudio de las sensaciones térmicas reviste importancia desde el punto de vista bioclimático, pues es una muestra objetiva de la influencia del clima sobre el hombre. La reciente verificación del pronóstico de Temperatura Efectiva Equivalente implementado en el Sistema de Pronóstico Inmediato (SisPI) amerita efectuar una evaluación de dicho modelo para el pronóstico de las sensaciones térmicas. Es por ello que en la presente investigación se plantea como objetivo principal evaluar la efectividad del pronóstico de las sensaciones térmicas del SisPI durante el 2019. Para la verificación del pronóstico de esta variable fueron confeccionadas tablas de contingencia multicategoría para los horarios 7:00 a.m. y 1:00 p.m. Se procesaron los datos y fueron calculados los estadígrafos correspondientes para su evaluación. Como conclusiones se tiene que el SisPI mostró una buena habilidad para el pronóstico de las sensaciones térmicas a partir del índice bioclimático Temperatura Efectiva Equivalente en Cuba durante el 2019. En el horario de las 07:00 am los mayores aciertos fueron obtenidos en el pronóstico de las sensaciones térmicas ligeramente fría y confortable y a la 01:00 pm, para la sensación térmica muy calurosa.

Palabras claves: verificación, pronóstico numérico, sensaciones térmicas, temperatura efectiva equivalente.

ABSTRACT: The study of thermal sensations holds importance from a bioclimatic perspective, as it provides an objective measure of the influence of climate on humans. The recent validation of the Effective Equivalent Temperature forecast implemented in the Immediate Forecast System (SisPI) necessitates an evaluation of this model for the prediction of thermal sensations. Therefore, the primary objective of this research is to assess the effectiveness of SisPI's thermal sensation forecast during 2019. To verify the forecast for this variable, contingency tables for multiple categories were constructed for the 7:00 a.m. and 1:00 p.m. time slots. The data were processed, and relevant statistics were computed for evaluation. The conclusions drawn from this study indicate that SisPI exhibited good proficiency in forecasting thermal sensations using the Effective Equivalent Temperature bioclimatic index in Cuba during 2019. At 7:00 a.m., the highest accuracy was achieved in forecasting slightly cold and comfortable thermal sensations, while at 1:00 p.m., it excelled in predicting very hot thermal sensations.

Keywords: verification, numerical forecast, thermal sensations, Effective Equivalent Temperature.

*Autor para correspondencia: Daisladys Gómez de la Maza Santana. E-mail: daisladys.gomez@insmet.cu

Recibido: 25/08/2023

Aceptado: 29/08/2023

Dunia Hernández González. E-mail: dunyhernandez92@gmail.com

Osniel Armas Forteza. E-mail: leinsoarmas3@gmail.com

Pedro Roura Pérez. E-mail: pedro.roura@insmet.cu

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de autoría: Concepción de la idea: Daisladys Gómez de la Maza Santana. **Obtención de los datos:** Dunia Hernández González. **Metodología:** Daisladys Gómez de la Maza Santana. **Obtención de los resultados:** Daisladys Gómez de la Maza Santana. **Análisis estadístico:** Daisladys Gómez de la Maza Santana y Pedro Roura Pérez. **Discusión de los resultados obtenidos:** Daisladys Gómez de la Maza Santana, Osniel Armas Forteza y Dunia Hernández González. **Revisión:** Daisladys Gómez de la Maza Santana, Dunia Hernández González, Osniel Armas Forteza y Pedro Roura Pérez. **Edición:** Daisladys Gómez de la Maza Santana.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUCCIÓN

Dentro de las características bioclimáticas de una región o país, resulta de particular interés el conocimiento de las condiciones atmosféricas que influyen en la aparición de sensaciones de bienestar o discomfort térmico en las personas. Lo que se siente como combinación de la temperatura ambiente con el viento y con la humedad, es lo que se conoce con el concepto de sensación térmica (Portela *et al.*, 2000). Sin embargo, este no es el único criterio para su definición ya que Urriola (2009) la propone como, “aquella sensación aparente percibida por las personas en función de los parámetros determinantes del ambiente en el cual se mueven. Depende de la relación entre el calor que produce el metabolismo del cuerpo y el disipado hacia el entorno. Si es mayor el primero, la sensación es de calor, mientras que si es superior el segundo la sensación es de frío”.

Los seres humanos son homeotermos, es decir, tienen una temperatura constante entre 36°C y 37°C, poseen un mecanismo defensivo de regulación encargado de mantener un estado de comodidad idóneo para cada persona cuando las condiciones externas son adversas, con una temperatura ambiental demasiado alta o baja (Barcia *et al.*, 2021). Este mecanismo del cuerpo humano puede ser alterado por la aparición de elementos ambientales y no ambientales que dificultan su buen funcionamiento (Guevara *et al.*, 2017), por ejemplo:

- El viento, que ayuda a la pérdida de calor aumentando la sensación de frío.
- Elevados valores de humedad relativa, que producen una disminución de la transpiración, evitando la pérdida de calor.
- Factores no climáticos que varían indistintamente entre las personas, como la edad, el sexo, la alimentación, las tradiciones, la cantidad y el tipo de vestuario, el nivel de actividad física y el metabolismo de las mismas.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado, existen diversas formas de expresar la sensación y el estrés térmico de las personas. Esto es, a través de las variables o complejo de variables meteorológicas involucradas y de índices bioclimáticos. Los índices simples ignoran el papel decisivo de la fisiología humana, la actividad, la ropa y otros datos personales (altura, peso, edad, sexo, entre otros), (Höppe, 1993). Entre estos se tiene: la Temperatura Efectiva (TE), Temperatura Efectiva Equivalente (TEE), Temperatura Aparente (TA), Windchill (WCI), Índice de Calor (HI) y el Humidex. En Cuba uno de los más utilizados es la TEE (Santana, 2004; Guevara, 2006 y Castillo, 2014), así lo confirma Barcia *et al.* (2020), quienes lo proponen entre los más efectivos para el análisis de las sensaciones térmicas en el archipiélago.

Cada día se incrementa aún más la necesidad de conocer el estado futuro de la atmósfera para la planificación, desarrollo y supervivencia de las sociedades. Con el conocimiento acumulado y el avance tecnológico logrado en la Meteorología, hoy se alcanzan horizontes antes muy lejanos, al mismo tiempo que surgen nuevos retos a partir de requerimientos de pronósticos cada vez más especializados. En este marco, la experiencia de los meteorólogos, las observaciones meteorológicas y los modelos de pronóstico numérico del tiempo, se combinan para responder a los propósitos antes mencionados.

En la actualidad está ampliamente difundido el uso de modelos de pronóstico numérico del tiempo. Esta vital herramienta nutre al pronosticador de poderosas técnicas y una alta capacidad para realizar pronósticos cada vez más certeros. En el Centro de Física de la Atmósfera del Instituto de Meteorología se encuentra operativo el Sistema de Pronóstico Inmediato (SisPI), que complementa y diversifica la información que brindan los modelos globales y regionales disponibles para la elaboración de los pronósticos en Cuba y tiene como objetivo fundamental el pronóstico numérico de eventos meteorológicos de escala local (Sierra *et al.*, 2014).

La verificación de los pronósticos es el proceso de determinar la calidad de los mismos y es una parte esencial del sistema de pronóstico, esta proporciona un método para elegir entre los procedimientos de pronóstico y cuantificar las mejoras, también permite identificar las fortalezas y debilidades de los modelos de pronóstico, formando así un elemento crucial en cualquier programa sistemático para el perfeccionamiento de los pronósticos (Brooks *et al.*, 1996).

Se han desarrollado diversas investigaciones nacionales con la finalidad de verificar los pronósticos de diferentes variables meteorológicas como temperatura, humedad relativa, precipitación, presión, viento, calidad del aire (Mitrani *et al.*, 2006; Díaz *et al.*, 2013; Turtos *et al.*, 2013; Moya & Ortega, 2015; Valdés *et al.*, 2018; Roque *et al.*, 2018; Alfonso, 2020). La reciente verificación del pronóstico de Temperatura Efectiva Equivalente implementado en el SisPI amerita que se determine la efectividad de dicho modelo para el pronóstico de las sensaciones térmicas a partir de los resultados obtenidos por (Gómez de la Maza *et al.*, 2023). De ahí, el presente estudio tiene como objetivo verificar el pronóstico de sensaciones térmicas del SisPI durante el 2019.

MATERIALES Y MÉTODOS

El modelo WRF fue corrido con los datos del modelo GFS (Sistema Global de Predicción) correspondientes al año 2019. Se utilizó la corrida de SisPI inicializada a las 12:00 UTC de las variables velocidad del viento, temperatura y humedad relativa, que fueron empleadas para el cálculo de TEE. Fue escogida la

inicialización de las 12:00 UTC por ser la que arroja mejores resultados en cuanto a la precisión del pronóstico (Alfonso, 2020). Para la evaluación fueron utilizados los datos de la red de estaciones meteorológicas de Cuba las que se agruparon en costeras, interiores y montañosas (Barcia et al., 2020) y cuya distribución espacial se muestra en la figura 1.

Fue calculado el índice bioclimático TEE mediante la fórmula de Brooks (Guevara et al., 2017):

$$TE = t - \frac{G}{80}(0.00439T^2 + 0.456T + 9.5) \quad (1)$$

$$TEE = TE + W[(0.11T - 0.13) - 0.002TG] \quad (2)$$

Donde:

$G = 100 - r$, donde r es la humedad relativa del aire en %.

$T = t - 37$: diferencia entre la temperatura del aire (t) y la del cuerpo humano.

W : velocidad del viento a 2 m de altura, que proviene de la relación $0.67V$, donde V es la velocidad del viento a 10 m de altura (al nivel de la estación meteorológica), en m/s.

A partir de los valores obtenidos de TEE, se procedió a establecer las sensaciones térmicas correspondientes a los distintos intervalos (Tabla 1) propuestos por (León, 1988), los que pueden considerarse adecuados para la población cubana, aclimatada a las condiciones cálidas y húmedas que imperan durante la mayor parte del año en el país.

La verificación de una predicción multicategoría comienza con una tabla de contingencia en la cual se comparan la frecuencia de los pronósticos y las observaciones de las distintas categorías. Para la verificación del pronóstico de esta variable fueron confeccionadas tablas de contingencia multicategoría para los horarios 7:00 a.m. y 1:00 p.m. Se consideró que ambos horarios son representativos de los períodos

más frío y más cálido del día, respectivamente. Una vez confeccionadas las tablas es posible el cálculo de diferentes estadígrafos que se describen seguidamente, para ello:

a : correctos positivos, coincide el pronóstico del evento con las observaciones del mismo.

b cuenta los eventos que son pronosticados pero que no son observados.

c : fallos, los eventos no son pronosticados pero si observados.

d : correctos negativos, cuenta las veces que coinciden los pronósticos de no ocurrencia de un fenómeno, con las observaciones que indican precisamente su no ocurrencia.

Tasa de aciertos (H): es la proporción de ocurrencias que son correctamente pronosticadas.

$$H = \frac{a}{a+c} \quad (3)$$

Tasa de falsas alarmas (F): es la proporción de no ocurrencias que son incorrectamente pronosticadas.

$$F = \frac{b}{b+d} \quad (4)$$

Índice de éxito crítico (CSI): puede ser considerado como un estimado de la probabilidad condicional de un éxito dado sobre un evento de interés, ya sea pronosticado, observado o ambos, se emplea como medición del desempeño sobre eventos de baja frecuencia, ya que se calcula sin el empleo de los correctos negativos.

$$CSI = \frac{a}{a+b+c} \quad (5)$$

Habilidad de Guilbert (GSS): constituye una modificación del CSI considerando el número de éxito que son obtenidos como fruto de la aleatoriedad, requiere por tanto el cálculo de una variable adicional a_r , que

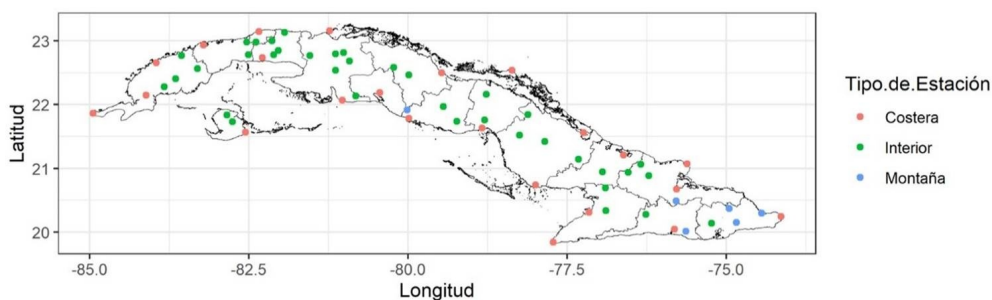


Figura 1. Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas empleadas en el estudio. Elaboración propia

Tabla 1. Intervalos de sensación térmica para Cuba sobre la base de TEE

Sensación térmica	Intervalo de valores de TEE
Muy Fría	$TEE \leq 12.0 \text{ }^\circ\text{C}$
Fría	$12.0 \text{ }^\circ\text{C} < TEE \leq 17.0 \text{ }^\circ\text{C}$
Ligeramente fría o fresca	$17.0 \text{ }^\circ\text{C} < TEE \leq 22.0 \text{ }^\circ\text{C}$
Confortable	$22.0 \text{ }^\circ\text{C} < TEE \leq 25.0 \text{ }^\circ\text{C}$
Calurosa	$25.0 \text{ }^\circ\text{C} < TEE \leq 28.0 \text{ }^\circ\text{C}$
Muy Calurosa	$TEE > 28.0 \text{ }^\circ\text{C}$

representa el número de éxitos esperado por el pronóstico independiente de observaciones.

$$a_r = \frac{(a+b)(a+c)}{n} \quad (6)$$

Donde:

$$n = a + b + c + d \quad (7)$$

Entonces *GSS* se obtiene con la siguiente expresión:

$$GSS = \frac{a - a_r}{a - a_r + b + c} \quad (8)$$

Valor de dependencia simétrica extrema (*SEDS*):

$$SEDS = \frac{\log(q) - \log(H)}{\log(p) + \log(H)} \quad (9)$$

Donde:

$$p = \frac{a+c}{n} \quad (10)$$

$$q = \frac{a+b}{n} \quad (11)$$

Índice de dependencia extrema (*EDI*):

$$EDI = \frac{\log(F) - \log(H)}{\log(F) + \log(H)} \quad (12)$$

Para estos últimos se consideran los valores *H* y *F* anteriormente discutidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos anteriormente en la verificación del pronóstico de la Temperatura Efectiva Equivalente (*Gómez de la Maza et al., 2023*), condicionan el no tan alto grado de efectividad del pronóstico de los intervalos de sensaciones térmicas, pues al obtener un error, ya sea pequeño o no, pero cercano a uno de los límites de los intervalos de sensaciones térmicas, se puede generar un cambio en la sensación térmica que se pronostica y por tanto obtener un falso pronóstico, influyendo así en los valores obtenidos de los diferentes estadígrafos calculados para la evaluación.

En el horario de las 07:00 am los mayores valores de *H* fueron obtenidos para las sensaciones térmicas muy fría, ligeramente fría y confortable (*Figura 2*). Para la sensación térmica muy fría se obtienen valores iguales a 1 lo que indica pronósticos perfectos en estaciones meteorológicas ubicadas en zonas interiores y costeras principalmente en la región occidental y central de país. Se observa la mayor heterogeneidad en los valores de las estaciones de zonas interiores y costeras para la sensación térmica muy fría y en los valores de las estaciones de zonas montañosas para la sensación térmica confortable. En la estación meteorológica Punta Maisí se obtuvo un valor de $H = 0$ para la sensación térmica muy calurosa. Para *F* se obtuvieron valores que oscilaron entre 0 y 0.57, los menores valores fueron obtenidos para las sensaciones térmicas muy fría, fría, calurosa y muy calurosa. La mayor heterogeneidad se muestra en los valores para la sensación térmica fría, donde se alcanza el máximo valor de *F* en la estación meteorológica Trinidad en Sancti Spíritus.

Para el *CSI* fueron obtenidos valores que oscilaron entre 0 y 0.76. Para las sensaciones térmicas ligera-

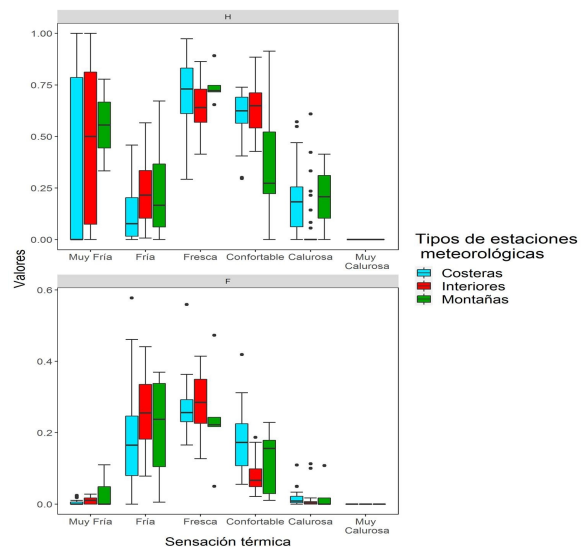


Figura 2. Valores de Tasa de Aciertos (*H*) y Tasa de Falsas Alarmas (*F*) por categoría de sensación térmica determinadas a partir de la TEE a las 07:00 am para las estaciones meteorológicas de Cuba durante 2019

mente fría y confortable fueron obtenidos los mayores valores (*Figura 3*), alcanzando para esta última el máximo valor en la estación meteorológica Guantánamo. La mayor heterogeneidad se muestra en los valores de las estaciones meteorológicas ubicadas en zonas montañosas para la sensación térmica confortable, con valores que oscilaron entre 0 y 0.71. Los menores valores se obtuvieron para las sensaciones térmicas muy fría, fría, confortable y calurosa.

Para el *GSS* fueron obtenidos valores entre -0.21 y 0.61, los mayores valores se obtuvieron para las sensaciones térmicas ligeramente fría y confortable, alcanzando el máximo valor en esta última, en la estación meteorológica Guantánamo (*Figura 3*). Para las sensaciones térmicas muy fría, fría, ligeramente fría, confortable y calurosa fueron obtenidos valores cercanos a cero, lo que indica que no hay habilidad en el pronóstico y corresponden a situaciones donde $H = F$. Para la sensación térmica fría se obtienen valores negativos en estaciones ubicadas en zonas montañosas, interiores y costeras, alcanzando el menor valor en la estación meteorológica Trinidad, en Sancti Spíritus, estos valores negativos se obtienen en situaciones donde las falsas alarmas exceden los aciertos ($H < F$).

Para el *SEDS* fueron obtenidos valores entre -0.53 y 0.84, los mayores valores se obtuvieron para las sensaciones térmicas muy fría, ligeramente fría, confortable y calurosa (*Figura 3*). El máximo valor se obtuvo para la sensación térmica muy fría, en la estación meteorológica Colón, en Matanzas. Los menores valores fueron obtenidos para la sensación térmica fría, con valores que oscilaron entre -0.53 y 0.84, alcanzando el mínimo valor en la estación meteorológica Pedagógico en Holguín. Para el *EDI* fueron obtenidos valores que oscilaron entre -0.70 y 1, los mayores valores fueron obtenidos para las sensaciones térmicas muy

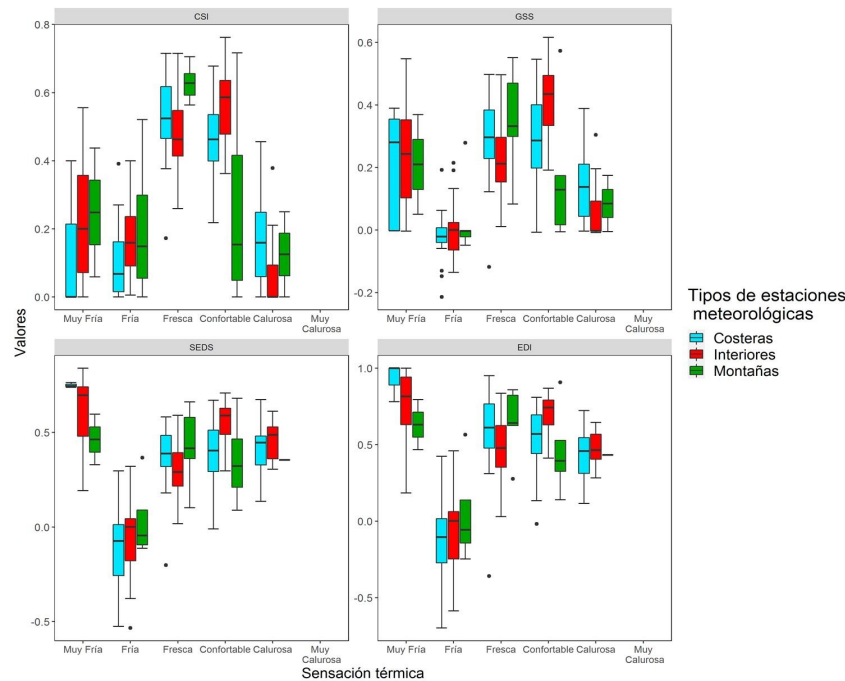


Figura 3. Valores de *CSI*, *GSS*, *SEDS*, *EDI* por categoría de sensación térmica determinadas a partir de la TEE a las 07:00 am para las estaciones meteorológicas de Cuba durante 2019

fría, ligeramente fría y confortable (Figura 3). El máximo valor se alcanzó para la sensación térmica muy fría en estaciones meteorológicas ubicadas en zonas interiores y costeras de la región central del país. Para la sensación térmica fría fueron obtenidos los menores valores, alcanzando valores negativos de hasta -0.70, el mínimo valor se obtuvo en la estación meteorológica Trinidad en Sancti Spíritus.

En el horario de la 01:00 pm para la tasa de aciertos, los mayores valores fueron obtenidos para las sensaciones térmicas ligeramente fría y muy calurosa, el máximo valor 1 se alcanza para la sensación térmica ligeramente fría en estaciones meteorológicas ubicadas en zonas interiores y costeras y para la sensación térmica muy calurosa, en estaciones interiores (Figura 4). Para las sensaciones térmicas muy fría, fría, muy calurosa se alcanzan los valores más pequeños, obteniendo $H = 0$, lo que significa una mala habilidad del pronóstico pues no hubo aciertos. Para la sensación térmica ligeramente fría se obtienen valores extremos donde $H = 0$ en las estaciones meteorológicas Valle de Caujerí, Jucarito, Contramaestre y Universidad, ubicadas en la región oriental del país. Para la tasa de aciertos, se muestra para la sensación térmica muy calurosa una gran heterogeneidad en los valores de las estaciones meteorológicas ubicadas en zonas costeras.

Para F se obtuvieron valores que oscilaron entre 0 y 0.57. Los máximos valores fueron obtenidos en las estaciones de las zonas costeras para las sensaciones térmicas confortable y calurosa (Figura 4). La mayor heterogeneidad se muestra en los valores de las estaciones meteorológicas ubicadas en las zonas costeras

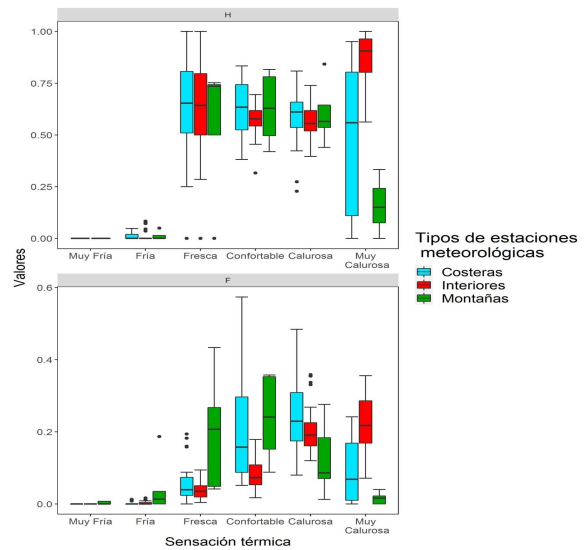


Figura 4. Valores de Tasa de Aciertos (H) y Tasa de Falsas Alarmas (F) por categoría de sensación térmica determinadas a partir de la TEE a la 01:00 pm para las estaciones meteorológicas de Cuba durante 2019

para la sensación térmica confortable. El máximo valor se obtuvo en la estación meteorológica Cabo Cruz en Granma, para la sensación térmica confortable. Los valores más pequeños fueron obtenidos para las sensaciones térmicas muy fría, fría y ligeramente fría, exceptuando en esta última los valores obtenidos por las estaciones ubicadas en zonas montañosas, pues muestran una mayor heterogeneidad, alcanzando valores de hasta 0.43 en la estación meteorológica Topes de Collantes en Sancti Spíritus.

Para el *CSI* fueron obtenidos valores que oscilaron entre 0 y 0.79, los máximos valores se obtuvieron para las sensaciones térmicas ligeramente fría, comfortable, calurosa y muy calurosa (Figura 5). Para la sensación térmica ligeramente fría se muestra una gran heterogeneidad en los valores obtenidos en las estaciones meteorológicas ubicadas en zonas interiores del país, con valores que van desde cero hasta alcanzar el máximo valor (0.79) en la estación meteorológica Santiago de las Vegas. Los menores valores de *CSI* fueron obtenidos para las sensaciones térmicas muy fría, fría, ligeramente fría y muy calurosa. Para la sensación térmica muy fría fueron obtenidos valores de *CSI* = 0 en las estaciones meteorológicas Topes de Collantes y Pinares de Mayarí.

Para el *GSS* se obtuvieron valores entre -0.07 y 0.77 (Figura 5). Para la sensación térmica ligeramente fría fueron obtenidos los máximos valores en las estaciones meteorológicas Indio Hatuey (0.71) y Santiago de las Vegas (0.77). Se muestra una gran heterogeneidad en los valores de las estaciones meteorológicas ubicadas en zonas interiores y costeras para las sensaciones térmicas ligeramente fría, comfortable, calurosa y muy calurosa. El menor valor de *GSS* fue obtenido para la sensación térmica calurosa en la estación meteorológica Casablanca. Para la sensación térmica muy fría fue obtenido en la estación meteorológica Topes de Collantes un valor de *GSS* = 0.002. Para todas las sensaciones térmicas fueron obtenidos valores negativos, los que indican situaciones donde el número de falsas alarmas excedió el número de aciertos.

Para el *SEDS* los resultados obtenidos oscilaron entre -0.24 y 0.89. Los mayores valores se obtuvieron

en estaciones ubicadas en zonas interiores y costeras para la sensación térmica ligeramente fría (Figura 5), el mayor valor se obtuvo en la estación meteorológica Santiago de las Vegas. Para las sensaciones térmicas ligeramente fría, comfortable, calurosa y muy calurosa fueron obtenidos valores extremos, principalmente en estaciones ubicadas en zonas interiores y costeras. Se muestra una gran heterogeneidad en los valores de las estaciones ubicadas en zonas costeras y montañosas para la sensación térmica calurosa. Los menores valores se obtuvieron en las estaciones ubicadas en zonas montañosas para la sensación térmica fría, alcanzando el mínimo valor en la estación meteorológica Topes de Collantes, Sancti Spiritus. Para el *EDI* fueron obtenidos valores entre -0.28 y 1. Los mayores valores se obtuvieron para las sensaciones térmicas ligeramente fría y muy calurosa, alcanzando el máximo valor en estaciones ubicadas en zonas interiores y costeras de la región central y oriental de país (Figura 5). Se muestra una gran heterogeneidad en los valores de las estaciones ubicadas en zonas costeras. Los valores más pequeños fueron obtenidos en las estaciones ubicadas en zonas montañosas para la sensación térmica fría, obteniendo el mínimo valor en la estación meteorológica Topes de Collantes.

CONCLUSIONES

El SisPi muestra una buena habilidad para el pronóstico de las sensaciones térmicas a partir del índice bioclimático Temperatura Efectiva Equivalente en Cuba durante el 2019.

En el horario de las 7:00 am los mayores valores de tasa de aciertos se obtienen para las sensaciones

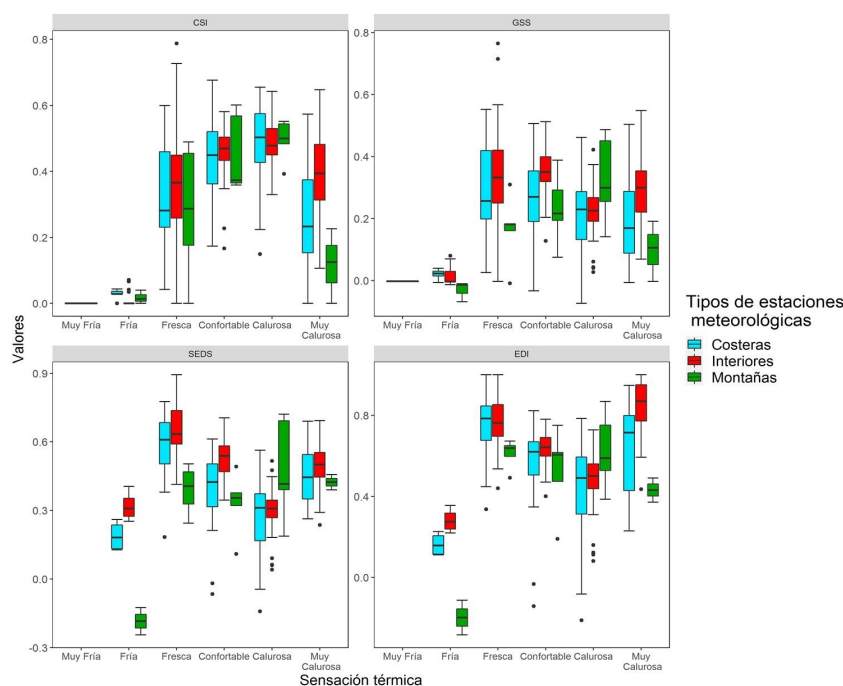


Figura 5. Valores de *CSI*, *GSS*, *SEDS*, *EDI* por categoría de sensación térmica determinadas a partir de la TEE a la 01:00 pm para las estaciones meteorológicas de Cuba durante 2019

térmicas muy fría, ligeramente fría y confortable. Se muestra una mayor heterogeneidad en los valores de las estaciones de zonas interiores y costeras para la sensación térmica muy fría y en los valores de las estaciones de zonas montañosas para la sensación térmica confortable.

En el horario de la 1:00 pm los mayores valores de tasa de aciertos se obtienen para las sensaciones térmicas ligeramente fría y muy calurosa. Se logran pronósticos perfectos para la sensación térmica ligeramente fría en estaciones meteorológicas ubicadas en zonas interiores y costeras y para la sensación térmica muy calurosa, en estaciones interiores. La mayor heterogeneidad se muestra en los valores de las estaciones meteorológicas ubicadas en zonas costeras para la sensación térmica muy calurosa.

Los resultados aquí obtenidos pueden estar condicionados por los errores del modelo en el pronóstico de la Temperatura Efectiva Equivalente, pues al obtener un error, ya sea pequeño o no, pero cercano a uno de los límites de los intervalos de sensaciones térmicas, se puede generar un cambio en la sensación térmica que se pronostica y por tanto obtener un falso pronóstico.

REFERENCIAS

- Alfonso, S. (2020). *Evaluación del Sistema de Pronóstico Inmediato* [Tesis de Licenciado]. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, La Habana, Cuba.
- Barcia, S.; Hernández, D. & Gómez, L. (2021). Las sensaciones térmicas en Cuba a través de la Temperatura Efectiva Equivalente y el Índice Térmico Universal del Clima. *Revista Cubana de Meteorología*, 27(2), 1-14, ISSN: 2664-0880.
- Barcia, S.; Hernández, D.; Velázquez, B.; Armas, O.; Otero, M.; Guevara, A. V.; Estrada, Y.; Gómez, D.; Gómez, L. & Fernández, N. (2020). *Efectos meteorológico-tropicales peligrosos asociados a las sensaciones térmicas extremas en Cuba*. (Informe Científico Técnico) (p. 207). La Habana, Cuba: Instituto de Meteorología.
- Brooks, H. E. & Doswell III, C. A. (1996). A Comparison of Measures-Oriented and Distributions-Oriented Approaches to Forecast Verification. *Weather and Forecasting*, 11(3), 288-303, [https://doi.org/10.1175/15200434\(1996\)011<0288:ACOMOA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/15200434(1996)011<0288:ACOMOA>2.0.CO;2).
- Castillo, C. (2014). *Sensaciones térmicas y extremos bioclimáticos por calor en la provincia Cienfuegos* [Tesis de Licenciado]. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, La Habana, Cuba.
- Díaz, O.; Sierra, M.; Quintana, N.; Alonso, Y.; González Mayor, Y.; Díaz, Y.; Ojeda, M.; Pérez, A. & Carrasco, M. (2013). *Asimilación y desarrollo de métodos de evaluación de pronóstico numérico para Cuba y Mares Interamericanos*. (Informe de Resultado Científico) (p.122). La Habana, Cuba: Instituto de Meteorología.
- Gómez de la Maza, D.; Hernández, D.; Armas, O. & Roura, P. (2023). Efectividad del SisPI para el pronóstico de Temperatura Efectiva Equivalente en Cuba durante 2019. *Revista Cubana de Meteorología*, 29(2).
- Guevara, A. V. (2006). *Las condiciones de calor intenso como indicador de extremos bioclimáticos en Ciudad de La Habana* [Tesis de Maestría]. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, La Habana, Cuba.
- Guevara, A. V.; León, A. & Hernández, D. (2017). Sensaciones térmicas en la Isla de la Juventud. *Revista Cubana de Meteorología*, 23(3), 328-340, ISSN: 2664-0880.
- León, A. (1988). *Las sensaciones de calor en el occidente de Cuba* [Tesis de Licenciado]. Universidad de La Habana, La Habana, Cuba.
- Mitrani, I., Borrajeró, I., & Bezanilla, A. (2006). Pronóstico de lluvia sobre territorio cubano al paso de los huracanes Charley e Iván, usando MM5V3. En *Climate Variability and Change—Hydrological Impacts* (pp. 201-206). IAHS. ISBN: 978-1-901502-78-7.
- Moya, A. & Ortega, J. (2015). Aplicación del modelo meteorológico WRF para el pronóstico de precipitaciones en período lluvioso de Cuba, 2014. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 5(1), ISSN: 2225-515X, DOI: [10.18259/acs.2015021](https://doi.org/10.18259/acs.2015021).
- Höppe, P. (1993). Heat balance modelling. *Experientia*, 49(9), 741-746, ISSN: 1420-9071, DOI: [10.1007/BF01923542](https://doi.org/10.1007/BF01923542).
- Portela, M.; Guevara, A. & León, A. (2000). Cálculo y Terminología de las Sensaciones Térmicas en el pronóstico diario del tiempo para Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*, 7(1).
- Roque, A.; Ferrer, A.; Borrajeró, I. y Sierra, M. (2018). Elaboración de pronóstico energético a corto plazo para parques eólicos. *Ingeniería Energética*, 39(2), 115-122, ISSN: 1815-5901.
- Santana, M. (2004). *Estudio de las sensaciones térmicas en la provincia Ciego de Ávila* [Tesis de Maestría]. Instituto Superior de Tecnología y Ciencias Aplicadas, La Habana, Cuba.
- Sierra, M.; Ferrer, A. L.; Hernández, D.; González, Y.; Cruz, R.; Borrajeró, I. & Rodríguez, C. (2014). *Sistema automático de predicción a mesoescala de cuatro ciclos diarios*. (Informe de Resultado Científico) (p.70). La Habana, Cuba: Instituto de Meteorología.
- Urriola, E. (2009). *Índice de Confort, Sensación Térmica e Impacto de Olas de Calor en las Personas*. (Informe de Investigación). Panamá: Empresa de Transmisión Eléctrica (ETESA).
- Turtos, L.; Capote, G.; Fonseca, Y.; Alvarez, L.; Gacita, M.; Bezanilla, A.; Borrajeró, I.; Meneses,

E. & Pire, S. (2013). Assessment of the Weather Research and Forecasting model implementation in Cuba addressed to diagnostic air quality modeling. *Atmospheric Pollution Research*, 4(1), 64-74, ISSN: 1309-1042, DOI: [10.5094/APR.2013.007](https://doi.org/10.5094/APR.2013.007).

Valdés, A.; Cruz, R. y Roque, A. (2018). Evaluación del pronóstico de viento del modelo Weather Research Forecast (WRF) en torres de prospección eólica. *Revista Cubana de Meteorología*, 21(2), 16-28, ISSN: 2664-0880.