

## La Condición de Frío Intenso: nuevo indicador de extremos bioclimáticos por frío para Cuba

### The Condition of Intense Cold: New Indicator of Cold Bioclimatic Extremes for Cuba



<https://eqrcode.co/a/GNaoEB>

Beatriz Velázquez-Zaldívar\*, Antonio Vladimir Guevara-Velazco, Dunia Hernández-González, Osniel Armas-Forteza

Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba

**RESUMEN :** En el contexto de un clima cambiante se impone la búsqueda de enfoques originales para el estudio de los extremos bioclimáticos en la zona tropical. En Cuba, junto al incremento de los episodios más cálidos, se presentan también, extremos de sensaciones frías. Con el fin de caracterizarlas, en el trabajo se propone el uso de un nuevo indicador, denominado Condición de Frío Intenso (CFI), a partir del cálculo de la sensación térmica en horarios contrastantes del día, con el uso de la temperatura efectiva y la temperatura efectiva equivalente. Los cálculos se efectuaron con datos de las estaciones de Casablanca y Santiago de las Vegas, en La Habana, para el período 1981- 2018. Los resultados indican la factibilidad del uso del nuevo indicador bioclimático, compuesto por 5 categorías y dos variantes (con viento y sin viento), para la región occidental del país. Además, en el período analizado se constatan tendencias significativas a la disminución del número de días con CFI y la duración de la temporada bajo estas condiciones en el país.

**Palabras clave:** frío intenso, extremos bioclimáticos, sensaciones térmicas, zona tropical.

**ABSTRACT:** In the context of a changing climate, the search for original approaches to the study of bioclimatic extremes in the tropical zone is imposed. In Cuba, along with the increase in warmer episodes, extremes of cold sensations are also presented. In order to characterize them, the work proposes the use of a new indicator, called Intense Cold Condition (IFC), based on the calculation of the thermal sensation at contrasting times of the day, with the use of effective temperature and equivalent effective temperature. The calculations were made with data from the Casablanca and Santiago de las Vegas stations, in Havana, for the period 1981-2010. The results indicate the feasibility of using this new bioclimatic indicator, consisting of 5 categories and two variants (with and without wind, respectively), for the western region of the country. In addition, significant trends in the decrease in the number of days with IFC and the duration of the season under these conditions. were found.

**Keywords:** intense cold, bioclimatic extremes, thermal sensations, tropical zone.

## INTRODUCCIÓN

Los eventos climáticos extremos han existido siempre, pero no fueron abordados a profundidad en las etapas iniciales de la Climatología, debido a

su poca frecuencia de ocurrencia. Sin embargo, en las últimas décadas, han alcanzado mayor relevancia, siendo de gran interés para los científicos a nivel mundial ([Della-Marta et al., 2007](#); [Cuadrat et al., 2015](#); [WMO, 2018](#))

\*Autor para correspondencia: *Beatriz Velázquez-Zaldívar*. E-mail: [beatriz.velazquez@insmet.cu](mailto:beatriz.velazquez@insmet.cu)

Recibido: 23/07/2020

Aceptado: 27/08/2020

Los extremos bioclimáticos, específicamente los relacionados con las sensaciones de calor o frío excesivos, son eventos poco frecuentes y su diferencia respecto a los fenómenos climáticos extremos radica en que estos se expresan en términos de indicadores de confort, de estrés térmico, epidemiológicos, económicos, etc., todos relacionados con esta rama de aplicación ([Guevara et al., 2009](#)). Su importancia es clave, debido a que su ocurrencia implica afectaciones a los seres vivos, en una u otra medida. El estudio de esta problemática adquiere gran relevancia, pues en general, y el hombre en particular, necesitan adaptarse a una variabilidad del clima no habitual.

El planeta va transitando hacia condiciones más cálidas, con temperaturas asociadas a más calor y menos días fríos, producto de temperaturas máximas y mínimas más elevadas en casi todas las regiones y similar comportamiento en los eventos extremos asociados a estas ([IPCC, 2001, 2014](#)). Sin embargo, lo anterior no presupone una ausencia total de temperaturas frías ni de sus manifestaciones extremas, sino que con el incremento de la variabilidad climática y ante la presencia de extremos fríos, el riesgo se puede incrementar a cuenta de las diferentes vulnerabilidades presentes en cada región o país, condicionado por una menor adaptación a estas condiciones, producto de las tendencias climáticas prevalecientes. Estos conocimientos servirían de base para la ejecución de acciones que garanticen un mayor bienestar en las poblaciones.

Numerosos son los estudios que se han realizados acerca de esta temática en los países situados en latitudes medias y altas, debido a que los extremos bioclimáticos provocan elevadas cifras de fallecidos, sobre todo de ancianos y enfermos ([Hernández, 2011](#)). Además, provocan daños considerables a diversos cultivos como los vegetales, afectando en algunos casos todas las plantaciones ([Sánchez, 2015](#)).

Es importante destacar que, en general, el análisis de las condiciones de excesivo frío en el mundo se enfrenta a partir del comportamiento de las temperaturas extremas ([DeGaetano & Allen, 2002](#); [Yan et al., 2002](#); [Domonkos et al., 2003](#);

[Kharin et al., 2007](#)), generalmente inferiores a 0°C, y sólo en menor cuantía se destacan los valores de sensación o estrés térmicos asociados al fenómeno.

Por su parte, en los países tropicales la mayoría de las investigaciones han estado encaminadas al estudio de los extremos por calor, lo que está relacionado con las características del clima de estos países, en general con elevados valores de temperatura y humedad, así como débiles gradientes de presión atmosférica.

Los extremos climáticos por frío en Cuba son poco frecuentes y los estudios realizados se corresponden con los efectuados a nivel mundial, aplicándose solo los métodos más apropiados con las particularidades climáticas del país. Estos métodos se basan en el uso de percentiles de temperatura ([Lecha, 2009](#); [Limia, 2015](#); [Gil et al., 2019](#)), sin embargo no tienen en cuenta la influencia de otras variables como la humedad relativa, el viento o la radiación solar en un solo indicador.

En un contexto de clima cambiante y de alteración de los patrones conocidos de variabilidad climática, al cual el archipiélago cubano y su área geográfica adyacente no están ajenos, se impone la búsqueda de métodos originales para abordar las sensaciones térmicas extremas por frío en climas tropicales. Los enfoques necesariamente serán diferentes a los propuestos para otras latitudes, pues diferentes también resultan los fenómenos y procesos que operan en la zona tropical. Debido a ello, el presente estudio se propone como objetivo formular un nuevo indicador bioclimático para enfrentar el estudio de las condiciones bioclimáticas extremas por frío en Cuba, a partir de las sensaciones térmicas percibidas por las personas, con énfasis en la descripción espacio-temporal de este en la capital.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio y la formulación del indicador bioclimático se seleccionó la provincia de La Habana, al reunir una serie de requisitos de interés como son:

- Principal núcleo urbano del país, con la concentración de más de 2 millones de habitantes ([ONEI, 2017](#)).
- Ubicada en el occidente del país, región conocida por presentar la afectación de sistemas meteorológicos como anticiclones migratorios de origen continental y frentes fríos, que provocan en el período poco lluvioso del año, tipos de tiempo propios de regiones subtropicales ([Lecha et al., 1994](#)).
- Disponibilidad de información confiable en dos de las estaciones con series más largas: Casablanca (típica de zonas costeras) y Santiago de las Vegas (como estación del interior), ambas representativas de las características climáticas de fondo de la región.

Los valores horarios de temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento, medidos a las 07:00 y 13:00 horas del meridiano 75° W en el período 1981-2018, constituyeron los datos iniciales. Ellos fueron extraídos de los archivos del Centro Meteorológico Provincial de La Habana - Artemisa - Mayabeque del Instituto de Meteorología (INSMET). Se consideró a priori que ambos horarios son representativos de los períodos más frío y más cálido del día, respectivamente, atendiendo a la conocida marcha diaria de las variables implicadas.

Con la información acopiada se calcularon los valores de temperatura efectiva (TE) y temperatura efectiva equivalente (TEE) a las mismas horas, para cada día del período seleccionado, mediante la expresión de Brooks ([Guevara-Velazco et al., 2017](#)).

$$TE = t - G (0.00439T^2 + 0.456T + 9.5) y$$

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

Donde:

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

$T = t - 37$ : diferencia entre la temperatura del aire 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

Una vez obtenidas las TE y TEE, a partir de ellas se obtuvieron las sensaciones térmicas asociadas a los distintos intervalos, como se muestra en la [tabla 1](#) según ([León, 1988](#)).

Para evaluar los extremos bioclimáticos asociados a condiciones frías se definió un indicador denominado Condición de Frío Intenso (CFI), a partir de las sensaciones térmicas que se manifestaron en los horarios antes señalados. Se identificaron los días en que se presentaron las CFI y se caracterizaron a partir de los estadígrafos de posición y dispersión más conocidos ([Wilks, 2011](#)). Se analizaron las marchas anuales y multianuales de días con CFI, las tendencias y puntos de cambio en las series, las fechas de inicio y fin de temporada, así como la duración de los mismos. Para la determinación de la tendencia se aplicaron la dócima no paramétrica de Wald-Wolfowitz, el cálculo de los estadígrafos de Spearman y Mann-Kendall en sentido directo e inverso, según ([Sneyers, 1991](#)) y de Pettitt, bajo un nivel de significación del 5 y el 10%.

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

Intervalo de TE (°C)	Sensaciones Térmicas	Intervalo de TEE (°C)
$TE \leq 12.0$	Muy fría	$TEE \leq 12.0$
$12.0 < TE \leq 17.0$	Fría	$12.0 < TEE \leq 17.0$
$17.0 < TE \leq 22.0$	Ligeramente fría	$17.0 < TEE \leq 22.0$
$22.0 < TE \leq 25.0$	Confortable	$22.0 < TEE \leq 25.0$
$25.0 < TE \leq 28.0$	Calurosa	$25.0 < TEE \leq 28.0$
$TE > 28.0$	Muy calurosa	$TEE > 28.0$

Todo el procesamiento de los datos se realizó con Microsoft Office Excel, el empleo del Software STATISTICA para Windows (1995 y XP), y el software Winstat (Mellado & Borrajero, 1997), disponibles en el Centro del Clima del INSMET, junto con el paquete ggplot2 de R (Ihaka & Gentleman, 1996).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Primeramente, se formuló el indicador bioclimático denominado *Condición de Frío Intenso* (CFI), definido como "aquella condición donde, subjetivamente, las sensaciones térmicas por excesivo frío prevalecen durante todo el día o en parte considerable de él, ya sea por su intensidad, duración o por una combinación de ambas características". Se definió en cinco categorías que van desde las menos hasta las más intensas (tabla 2) y dos variantes, una sin viento (CFI<sub>sv</sub>) a partir de los valores de TE y otra con viento (CFI<sub>cv</sub>), sobre la base de la TEE.

### Caracterización de las categorías de CFI y validez del índice

**CFI1:** La categoría 1 se caracteriza por un alto contraste diario de las sensaciones percibidas por las personas. Se pueden presentar dos situaciones, una con noche y madrugada confortable, pero con un deterioro rápido de las condiciones asociado al marcado descenso de las temperaturas, para registrar un gran desconfort al mediodía y en horas de la tarde. La sola presencia de las sensaciones

muy frías en estos horarios del día lo hace presentar un alto grado de desconfort, pudiendo provocando este cambio severo de estrés, al invertirse completamente el ritmo normal de las sensaciones térmicas. La otra muestra todo lo contrario: madrugadas muy frías y a medida que avanza el día estas evolucionan a confortables, siendo esta la más frecuente, y como ventaja permite la recuperación del organismo humano del estrés térmico de la noche y madrugada.

**CFI2:** Esta categoría es similar a la anterior, diferenciándose en que ya no serán sensaciones confortables sino frescas o ligeramente frías, lo cual puede provocar que el organismo se mantenga más tiempo bajo condiciones desfavorables, aumentando el grado de desconfort.

**CFI3:** Como condición de mayor afectación en relación con las antes mencionadas, la CFI3 se asocia con la presencia de condiciones frías en todo el día, lo cual mantiene al sistema termorregulador en tensión permanente, a pesar de no ser la más estresante.

**CFI4:** Se caracteriza por presentar temperaturas muy frías en algún horario del día con otras frías en el otro horario. Estas condiciones son altamente desfavorables ya que cualquiera de sus dos posibles combinaciones mantiene al individuo en un alto grado de estrés al presentar sensaciones frías y muy frías en todo el día.

**CFI5:** Constituye la de mayor sobrecarga para la termorregulación humana de las situaciones hasta ahora descritas. Su característica más relevante es la persistencia de un gran desconfort durante la

**Tabla 2.** Clasificación de las CFI (sin viento y con viento) por categorías

Categoría	Sensación Térmica 7AM	Sensación Térmica 1PM
CFI1	Muy Fría Confortable	Confortable Muy Fría
CFI2	Muy Fría Ligeramente Fría	Ligeramente Fría Muy Fría
CFI3	Fría	Fría
CFI4	Muy Fría Fría	Fría Muy Fría
CFI5	Muy Fría	Muy Fría

noche, que no se alivia en horas diurnas, con la consiguiente afectación al bienestar, y probablemente también a la salud del individuo. Corresponde a los días más fríos de la temporada invernal, resultando un estrés máximo si estas condiciones prevaleciesen por varios días consecutivos.

El indicador integra el comportamiento extremo de las sensaciones de frío dentro del día en una condición única, comparable con cualquier otro índice a escala diaria. Sin embargo, al investigar en el grado de correspondencia de las CFI con otros indicadores utilizados frecuentemente en Climatología Aplicada para el estudio de los extremos bioclimáticos, aun no se ha identificado indicador similar que pueda aplicarse a Cuba para el análisis del frío intenso. Los indicadores más cercanos para el estudio de estos eventos extremos se basan en el uso de percentiles de temperatura, como son la duración de los períodos fríos (ETCCDI, 2016), complejo temperatura máxima-mínima (Lecha *et al.*, 1994), entre otros.

Otro aspecto significativo es que con el uso de la CFI se logra la agrupación de los efectos conjuntos de la temperatura, la humedad relativa y el viento en un solo indicador, evitando la sobrestimación del papel de algunas variables por separado a la hora de evaluar las sensaciones térmicas de las personas.

Además, se discrimina con mayor objetividad la ocurrencia del extremo bioclimático, y no la presencia de extremos en variables aisladas utilizadas con ese fin, que pudieran no estar en correspondencia con el primero. Así, se restringe considerablemente el registro de la condición bioclimática extrema, permitiendo un mejor uso potencial en el desarrollo de estrategias nacionales para el aviso o alerta de su aparición a las autoridades competentes, o a la población ante la ocurrencia de estos fenómenos. Los mismos pueden ser muy impactantes producto a las condiciones de clima tropical como el de Cuba, dada la adaptación de la población a las condiciones cálidas -húmedas predominantes.

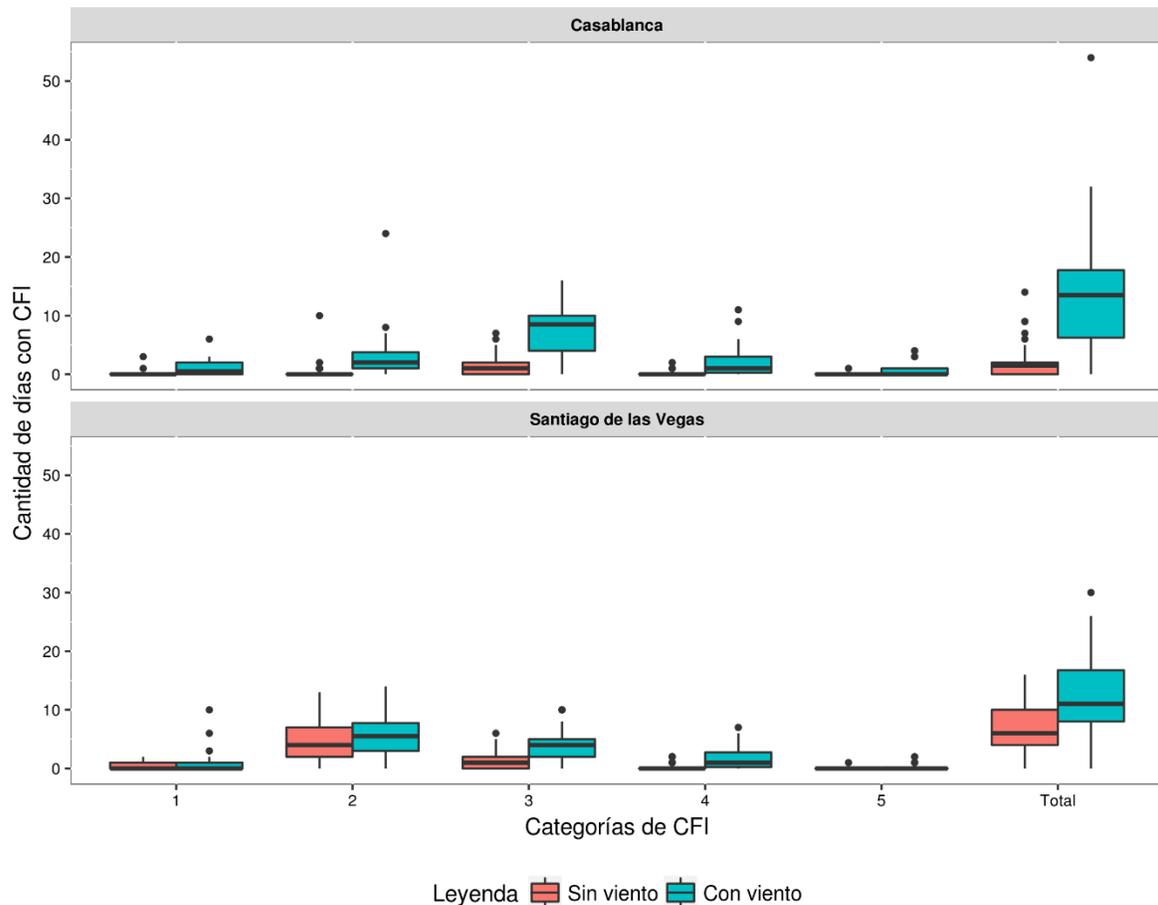
A partir de la definición del indicador se identificó que, para La Habana, en el periodo

estudiado un total de 1001 días presentaron la CFI en cualquiera de sus variantes. Sin considerar el efecto del viento, se presentaron 86 días en Casablanca y 257 días en Santiago de las Vegas, para un 1,2 % y 3,5 % respectivamente, siendo muy poco frecuentes la presencia de esta condición en la provincia bajo esta variante. Al analizar el papel que juega el viento resulta que en la estación de Casablanca la presencia de esta condición aumentó a 531 días y en Santiago de las Vegas a 466 días, para un 7,1 % y el 6,2 % respectivamente, siendo notorio el aumento de la cantidad de casos en ambas estaciones, así como la superioridad de estas condiciones en las costas bajo la acción del viento. La baja frecuencia registrada por estos indicadores constituye una característica propia de un fenómeno extremo.

Se estableció una clara diferenciación bioclimática entre las estaciones meteorológicas estudiadas, dado que según el comportamiento de la frecuencia de las categorías de CFI y la variante analizada, fue posible discriminar las zonas costeras o interiores del territorio. Santiago de las Vegas presentó un comportamiento propio de estaciones del interior, con predominio de la condición CFI2, caracterizada por una mayor oscilación térmica, con temperaturas bajas en la mañana y mucho más altas en la tarde. Mientras, Casablanca evidenció un comportamiento propio de estaciones costeras, con predominio de la condición CFI3, caracterizadas por una menor oscilación térmica, con variaciones pequeñas de la temperatura durante todo el día (Figura 1).

La agrupación por meses según la cantidad de días con  $CFI_{sv}$  y  $CFI_{cv}$  fue bastante simétrica, con un máximo en enero-febrero, le siguen diciembre y marzo y por último octubre, noviembre y abril (Figura 2). Esto indicó que las CFI son características del período poco lluvioso, con octubre como mes de transición, donde puede presentarse esta situación, con mayor cantidad de casos en Casablanca que en Santiago de las Vegas cuando se considera el efecto del viento.

Los días con  $CFI_{sv}$ , en Casablanca, como promedio no superaron los 30 días, o sea, sumados no excedieron un mes en el año, mientras que en



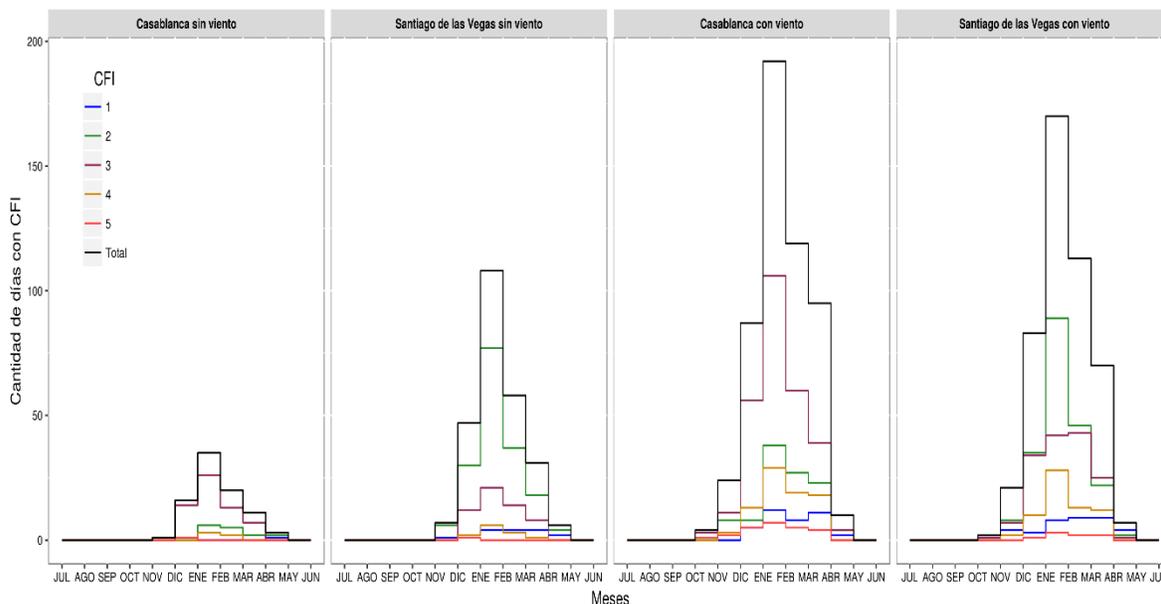
**Figura 1.** Estadígrafos representativos de las CFI en sus dos modalidades para la estación de Casablanca y de Santiago de las Vegas.

Santiago de las Vegas se presentó un mayor número de reportes, lo cual estuvo relacionado con la presencia de condiciones de menos humedad y, sobre todo, vinculado a temperaturas mínimas más bajas. En Santiago de las Vegas, generalmente el comienzo de las temporadas se presentó en diciembre, casi un mes antes que en Casablanca, y el fin de cada una de estas por lo general ocurrió en marzo, casi dos meses después que en la estación costera. Para  $CFI_{cv}$ , la situación se tornó diferente. El rasgo distintivo para esta variante fue su inicio y final tardío en ambas estaciones meteorológicas, ver [figura 3](#).

Además, se puede decir que el indicador mostró un comportamiento alternante en la aparición de días con CFI, con temporadas que se caracterizaron por la ausencia de CFI (rasgo propio de la variante sin viento en la estación de Casablanca), mientras

que otras fueron más activas, al presentarse un número considerable de condiciones, como por ejemplo en las temporadas 1982-1983, 1987-1988, 2002-2003, 2009-2010, 2014-2015. Es de destacar que estas temporadas tan activas se caracterizaron por la influencia del Evento ENOS (El Niño - Oscilación del Sur) y al respecto, está reconocido en varios estudios la relación directa entre el incremento del arribo de frentes fríos a Cuba y los años donde hay presencia del ENOS ([Rubiera & Caymares, 1998](#); [Hernández, 2002](#)).

Durante el período 1981-2018 se manifestó una disminución en las frecuencias de ocurrencia del indicador en todas las categorías. Un análisis por décadas ([Figura 4](#)) reflejó la disminución del número de casos de las últimas tres décadas, con respecto a la primera, siendo esta la más representativa de condiciones de frío. En los



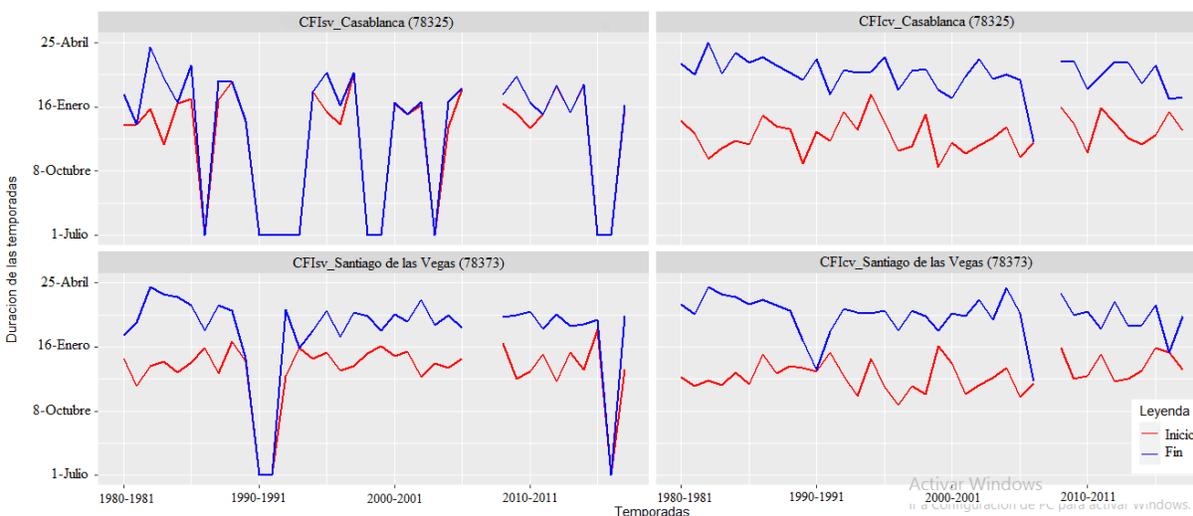
**Figura 2.** Marcha anual de las CFI sin viento y con viento para las estaciones de Casablanca y Santiago de las Vegas.

últimos 8 años se presentó la menor cantidad de días con CFI del período analizado, con la CFI5 con la de más clara tendencia decreciente.

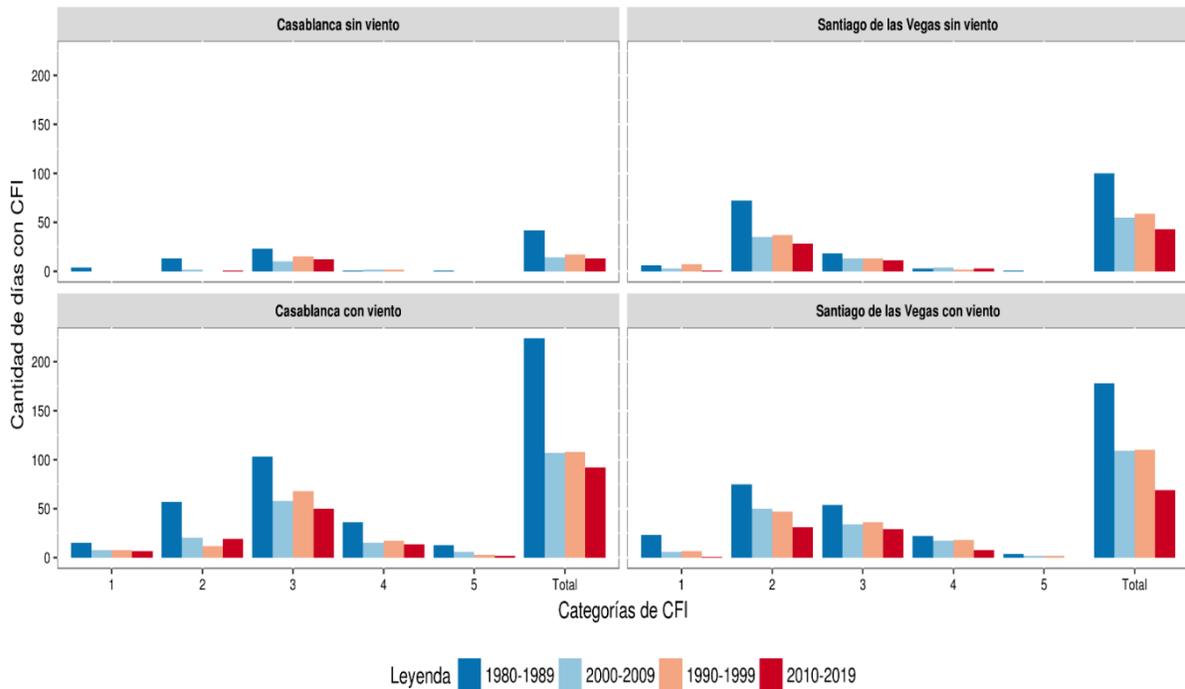
Se comprobó la existencia de tendencias decrecientes altamente significativas en las series correspondientes a las CFI (con viento en ambas estaciones y sin viento en Santiago de las Vegas) ([Tabla 3](#)).

Correspondencia del indicador CFI con otros indicadores de extremos climáticos, al describir el comportamiento del frío intenso en Cuba.

Al comparar los resultados de la Segunda Comunicación Nacional en el análisis de los extremos de la temperatura mínima, expresados a través de los indicadores: TN90 (por ciento de días con temperaturas mínimas superiores al 90



**Figura 3.** Fechas de inicio y fin de temporada de las CFI<sub>sv</sub> y CFI<sub>cv</sub> para las estaciones de Casablanca y Santiago de las Vegas.



**Figura 4.** Comparación de las CFI por décadas, a) Santiago de las Vegas sin viento, b) Casablanca sin viento, c) Santiago de las Vegas con viento y d) Casablanca con viento.

percentil, calculado para la norma 61-90), TNx (temperaturas mínimas más altas) y TR20 (número de días con temperaturas mínimas superiores a 20 °C), con la presencia de CFI de cualquier categoría, se observó que la correspondencia es alta, mostrando los primeros tendencias crecientes significativas estadísticamente de las temperaturas mínimas y el último tendencias decrecientes de las

CFI. Esta relación fue más notoria con la categoría 5 en la que la disminución de días con esta condición fue más significativa (Planos *et al.*, 2013).

También se encontraron gran correspondencia en el comportamiento de las CFI con los resultados alcanzados por (Gil *et al.*, 2019). La misma planteó que en los últimos años se observó una tendencia al

**Tabla 3.** Estadígrafos representativos de la tendencia y puntos de cambio de las series del número de días estacionales con CFI<sub>sv</sub> y CFI<sub>cv</sub>. Casablanca

Pruebas estadísticas para la tendencia y puntos de cambio en las series.							
Estación	Condición	Nivel de significación $\alpha=0,05$					
		Wald-Wolf	Sperman	Mann-Kendal	Tend. Sig	Pettit	Sig nif
Casablanca	CFI <sub>sv</sub>	1,431055	-1,13282	-1,370338		134	
		$\alpha=0,076$	$\alpha=0,2573$	$\alpha=0,1706$	↓ n.s	$\alpha=0,1476$	n.s
	CFI <sub>cv</sub>	1,099041	-1,99775	-2,074364		175	a.s
		$\alpha=0,1359$	$\alpha=0,0457$	$\alpha=0,0380$	↓ a.s	$\alpha=0,0383$	1987-1988
Santiago de las Vegas	CFI <sub>sv</sub>	1,744508	-2,2327	-2,401234		172	a.s
		$\alpha=0,0405$	$\alpha=0,0256$	$\alpha=0,0163$	↓ a.s	$\alpha=0,0428$	1987-1988
	CFI <sub>cv</sub>	2,351826	-2,81342	-2,715531		183	a.s
		$\alpha=0,0093$	$\alpha=0,0049$	$\alpha=0,0066$	↓ a.s	$\alpha=0,0282$	1987-1988

calentamiento, reflejado en el incremento de los días y noches cálidas y en los meses de enero a abril la disminución de los días y noches frías. Mientras que las CCI mostraron, que en los últimos 38 años no sólo disminuyeron la cantidad de días con CFI en La Habana, sino que en todos los casos se acortaron la duración de las temporadas de ocurrencia, sobre todo a cuenta de iniciar en fechas más tardías y finalizar en fecha más tempranas en la temporada invernal.

### CONCLUSIONES

1. Se obtiene un nuevo indicador bioclimático, denominado Condición de Frío Intenso, definido en 5 categorías y dos variantes (con viento y sin viento). Éste se ajusta adecuadamente a las condiciones de clima tropical estacionalmente húmedo presentes en Cuba e ilustra con suficiente coherencia tanto el comportamiento medio como la variabilidad climática de los extremos por frío en La Habana.
2. Las CFI son propias del invierno en La Habana, con un máximo en el bimestre enero - febrero aunque no se descarta su ocurrencia en todo el período analizado, en el mes de octubre, en la variante con viento.
3. Se establece una clara diferenciación bioclimática espacial entre ambas estaciones, donde Casablanca presenta una mayor cantidad de días con CFI<sub>cv</sub>, mientras que en la variante sin viento es Santiago de las Vegas la que muestra las mayores frecuencias.
4. En correspondencia con las variaciones temporales observadas en las condiciones bioclimáticas de la capital, se corrobora la existencia generalizada de tendencias decrecientes, altamente significativas, en el número de días anuales en que se manifiestan las CFI, así como una clara reducción en la duración de estas condiciones, con puntos de cambio significativos en las series situados entre los años 80 y mediados de los 90.

### REFERENCIAS

- Cuadrat, J. M.; Serrano, R. & Tejedor, E. 2015. "Olas de calor y frío en España". Universidad de Zaragoza, : 16.
- DeGaetano, A. T. & Allen, R. J. 2002. "Trends in Twentieth-Century Temperature Extremes across the United States". *Journal of Climate*, 15: 3188-3205.
- Della-Marta, P. M.; Haylock, M. R.; Luterbacher, J. & Wanner, H. 2007. "Doubled length of western European summer heat waves since 1880". *Journal of Geophysical Research*, 112: D15103, ISSN: 0148-0227, DOI: 10.1029/2007JD008510.
- Domonkos, P.; Kyselý, J.; Piotrowicz, K.; Petrovic, P. & Likso, T. 2003. "Variability of extreme temperature events in south-central Europe during the 20th century and its relationship with large-scale circulation". *International Journal of Climatology*, 23(9): 987-1010, ISSN: 08998418, DOI: 10.1002/joc.929.
- ETCCDI. 2016. *Climate Change Indices. ETCCDI/CRD Climarte Change Indices*, Available: <[http://etccdi.pacificclimate.org/list\\_27\\_indices.shtml](http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml)>, [Consulted: February 24, 2018].
- Gil, L.; González, I. & Hernández, D. 2019. "Las temperaturas extremas de la temporada invernal en la región occidental de Cuba en el período 1981-2016". *Revista de Climatología*, 19: 17-26, ISSN: 1578-8768.
- Guevara, A. V.; Santana, M.; León, A.; Paz, L. R. & Campos, A. 2009. "Las condiciones de calor intenso (CCI) como indicador de extremos bioclimáticos en la Habana, Cuba". *Territorium*, (16): 37-48, ISSN: 1647-7723, 0872-8941, DOI: 10.14195/1647-7723\_16\_4.
- Guevara-Velazco, A. V.; León-Lee, A. & Hernández-González, D. 2017. "Sensaciones térmicas en la Isla de la Juventud". *Revista Cubana de Meteorología*, 23(3): 328-340, ISSN: 0864-151X.

- Hernández, B. 2002. “El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) y los frentes fríos que arriban a la región occidental cubana”. INVESTIGACIONES MARINAS, 30(2), ISSN: 0717 - 7178.
- Hernández, Y. 2011. Las condiciones de calor intenso en la provincia de Mayabeque. Tesis de Grado, La Habana: Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas.
- Ihaka, R. & Gentleman, R. 1996. “R: a language for data analysis and graphics”. Journal of computational and graphical statistics, 5(3): 299-314.
- IPCC 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Houghton, J. T., Ding, Y., Griggs, D. J., Noguer, M., van der Linden, P. J., Dai, X., Maskell, K. & Johnson, C. A. (ed. ser.), Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 881 p., Available: <<https://www.jstor.org/stable/10.2307/20033020?origin=crossref>>, [Consulted: August 18, 2020].
- IPCC 2014. Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Pachauri, R. K. & Meyer, L. A. (ed. ser.), Ginebra, Suiza: IPCC, 157 p.
- Khari, V. V.; Zwiers, F. W.; Zhang, X. & Hegerl, G. C. 2007. “Changes in Temperature and Precipitation Extremes in the IPCC Ensemble of Global Coupled Model Simulations”. Journal of Climate, 20(8): 1419-1444, ISSN: 1520-0442, 0894-8755, DOI: 10.1175/JCLI4066.1.
- Lecha, L. B. 2009. “Elementos de la Biometeorología Humana”. In: I Congreso de Salud y Desastres, Centro Latinoamericano de Medicina de Desastres, La Habana, Cuba, pp. 12-13, Available: <<http://promociondeeventos.sld.cu/psicosalud/1er-congreso-salud-y-desastres-la-habana-2009>>, [Consulted: April 2, 2017].
- Lecha, L. B.; Paz, L. R. & Lapinel, B. 1994. El Clima de Cuba. Academia, ISBN: 958-02-006-0.
- León, A. 1988. Las sensaciones de calor en el occidente de Cuba. Tesis de Grado, La Habana: Universidad de La Habana, 28 p.
- Limia, M. E. 2015. “Singularidades térmicas en la región occidental de Cuba”. In: Taller Regional de Meteorología Aplicada, Artemisa, Cuba.
- Mellado, E. & Borrajeró, I. 1997. Software Winstat (Programa para el Cálculo de Índices de Tendencias en Series Temporales). version 2.0 - Beta, La Habana.
- ONEI 2017. Anuario Estadístico de Cuba 2016. La Habana.
- Planos, E.; Rivero, R. & Guevara, A. 2013. Impacto del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba. Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. Instituto de Meteorología, Cuba, ISBN: 978-959-300-039-0.
- Rubiera, J. & Caymares, A. 1998. “Eventos de tiempo severo inducidos por el ENSO en la temporada invernal cubana”. Bulletin de l’Institut français d’études andines, 27(3): 845-855.
- Sánchez, D. E. 2015. “Análisis espacial y temporal de las olas de frío en la Región de Murcia. Cartografía del riesgo de heladas en la Huerta de Murcia”. In: Análisis espacial y representación geográfica: innovación y aplicación, Zaragoza: Universidad de Zaragoza, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, pp. 1589-1597, ISBN: 978-84-92522-95-8.
- Sneyers, R. 1991. On the statistical analysis of series of observations. (ser. Technical Note - World Meteorological Organization, no. ser. 143), Geneva, Switzerland.: WMO, 192 p., ISBN: 92-63-10415-8.
- Wilks, D. S. 2011. Statistical methods in the atmospheric sciences. (ser. International Geophysics Series), 3th ed., vol. 100, Elsevier Inc, ISBN: 978-0-12-385022-5.

WMO 2018. "Guidelines on the definition and monitoring of extreme weather and climate events". : 62.

Yan, Z.; Jones, P. D.; Camuffo, D.; Jones, P.; Davies, T. D.; Moberg, A.; Bergström, H.; Camuffo, D.; Cocheo, C.; Maugeri, M.; Demarée, G. R.; Verhoeve, T.; Thoen, E.; Barriendos, M.; Rodríguez, R.; Martín-Vide, J. & Yang, C. 2002. "Trends of Extreme

Temperatures in Europe and China Based on Daily Observations". In: Improved Understanding of Past Climatic Variability from Early Daily European Instrumental Sources, Dordrecht: Springer Netherlands, pp. 355-392, ISBN: 978-94-010-3908-6, DOI: 10.1007/978-94-010-0371-1\_13, Available: <[http://link.springer.com/10.1007/978-94-010-0371-1\\_13](http://link.springer.com/10.1007/978-94-010-0371-1_13)>, [Consulted: August 18, 2020].