

Condiciones de calor intenso en la provincia de Cienfuegos, Cuba

Intense heat conditions in Cienfuegos province, Cuba

Lic. Claudio S. Castillo Oliva^{1✉}, MSc. Sinaí Barcia Sardiñas²

¹ Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos

² Instituto de Meteorología

Resumen

En el presente trabajo se caracterizan las condiciones extremas por excesivo calor en la provincia de Cienfuegos (Cuba), así como su variabilidad intraestacional, estacional e interanual; para ello, se determinan las condiciones de calor intenso (CCI), el indicador bioclimático generado a partir de las sensaciones térmicas de las personas en los horarios contrastantes del día (07:00 h y 13:00 h 75°W), según los valores de temperatura efectiva y la temperatura efectiva equivalente. Los cálculos se efectuaron para el período 1981-2010, con datos de seis estaciones meteorológicas. Los resultados indican que, en promedio, la temporada en la cual ocurren estas condiciones abarca entre mayo y octubre, con máximos en el bimestre julio-agosto. Se reportan tendencias crecientes de alta significación estadística en el número de días anuales con esta condición en algunas estaciones y puntos de cambios significativos en las series entre 1980 y 1994; asimismo, se observó una intensificación de la temporada con CCI hacia la zona del interior de la provincia.

Palabras clave: condiciones de calor intenso, sensación térmica, Cienfuegos, Cuba

Abstract

In this paper, the extreme conditions by excessive heat in Cienfuegos (Cuba) and their intraseasonal, interannual and seasonal variability are characterized. For this, intense heat condition (IHC), a bioclimatic index generated from thermal sensations of people in contrasting hours (07:00 h and 13:00 h -75 °W) are determined, according to effective temperature and equivalent effective temperature indexes. The calculations were made for the period 1981-2010, with climatic data from six meteorological stations. The results indicate that, on average, the season in which these conditions cover between May and October, with highs in the July-August period they occur. Increasing trends of high statistical significance are reported in the annual number of days with this condition at some stations and points of significant changes in the series between 1980 and 1994; also an intensification of the season was observed with IHC to the inland area of the province.

Key words: intense heat condition, thermal sensations, Cienfuegos, Cuba

✉ Autor para correspondencia: *Claudio S. Castillo Oliva*, Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos, Cuba.
E-mail: claudio@cfg.insmet.cu

Recibido: 20 de octubre de 2016

Aceptado: 2 de marzo de 2016

Introducción

Para caracterizar íntegramente el clima de una determinada región no solo debe tenerse en cuenta aquello que ocurre con regularidad, sino también lo que sucede en raras ocasiones. Los extremos climáticos siempre han sido objeto de atención en muchas investigaciones, puesto que, en general, traen consigo consecuencias negativas para la sociedad. Por ello, todo lo que se investigue acerca de este tema contribuye a la búsqueda de soluciones que, al menos, garanticen disminuir la vulnerabilidad ante sus efectos.

En este sentido, los extremos bioclimáticos también son eventos poco frecuentes y su diferencia con respecto a los fenómenos climáticos extremos radica en que se expresan en términos de indicadores de confort, de estrés térmico, epidemiológicos, económicos, entre otros ([Pérez, 2008](#)). En consecuencia, poseen una gran importancia, dado que su ocurrencia implica una afectación directa o indirecta a la salud o al bienestar de las personas.

Las investigaciones encaminadas al análisis de los extremos bioclimáticos, en específico aquellos que provocan estrés térmico en el individuo, bien sea por frío o por calor, han estado orientadas a las regiones de latitudes medias y altas donde con mayor frecuencia ocurren episodios con cifras alarmantes de fallecidos. No obstante, [la OMM \(2001\)](#), ha alertado sobre situaciones críticas que pudieran producirse en países de la zona tropical y que afecten negativamente el confort de las poblaciones. El aviso se centra, en lo fundamental, en las manifestaciones de la variabilidad climática que propician la aparición de olas de calor en latitudes bajas, en las proyecciones del incremento de la temperatura debido al cambio climático y por el fortalecimiento de algunos fenómenos (como la isla de calor), a causa del crecimiento desmesurado de las zonas urbanas.

[Guevara \(2006\)](#), añade que los habitantes de estas regiones, si bien no están expuestos a valores récords de las variables asociadas con el estado térmico del individuo, soportan condiciones menos estresantes durante períodos más prolongados; por tanto, también debe tenerse en cuenta esa problemática. Dada esta preocupación, en Cuba se han desarrollado algunos trabajos sobre estas temáticas, entre los cuales pueden citarse los de [Guevara \(2006\)](#) y [Guevara et al. \(2009\)](#), en los que se analizaron los extremos bioclimáticos en Ciudad de La Habana, utilizando las estaciones meteorológicas convencionales y mediciones realizadas en la trama urbana. Estos autores recomendaron la expansión de esos estudios a otras unidades político-administrativas fuera de la capital cubana, con la finalidad de mejorar la calidad de vida e incrementar la capacidad de la población para afrontar los impactos de la variabilidad climática.

De acuerdo con las recomendaciones anteriores, [Pérez \(2008\)](#), realizó un análisis de la ocurrencia y la tendencia de extremos bioclimáticos por calor en el municipio de Cienfuegos. La principal limitante de este trabajo radica en que al utilizarse la información de una sola estación meteorológica, los resultados se consideran con un carácter local marcado.

Si a estos elementos se le agrega que la provincia de Cienfuegos ha sido caracterizada desde los puntos de vista bioclimático y climático por [Lecha \(1993\)](#) y [Barcia \(2012\)](#) respectivamente, y que el territorio cuenta con un alto potencial económico, entonces resulta de gran interés e importancia el estudio de las *condiciones de calor intenso* (CCI) como extremos bioclimáticos por calor. En consecuencia, esta investigación se centra en describir las condiciones de calor intenso en la provincia de Cienfuegos en el período 1981-2010.

Materiales y Métodos

La provincia de Cienfuegos se encuentra situada al centro-sur de la isla de Cuba, entre los 21° 22' y 22° 35' de latitud norte y los 80° 20' y 81° 10' de longitud oeste. Se trata de un territorio principalmente llano hacia su parte occidental y montañoso en el este, por la presencia del macizo montañoso Guamuhaya, cuya altitud máxima es de 1 140 m sobre el nivel medio del mar. El tipo de clima predominante en este territorio, según la clasificación de Köppen modificada, es tropical con verano relativamente húmedo, en contraste con la zona montañosa donde, por lo general, es templado cálido, con lluvias todo el año ([Planos et al., 2013](#)).

Para especificar las principales zonas físico-geográficas de la provincia desde el punto de vista de los extremos bioclimáticos por calor, se seleccionaron seis estaciones meteorológicas pertenecientes a la red del Instituto de Meteorología (INSMET), de

las cuales tres caracterizan la zona costera sur de la provincia (Playa Girón (GR), Cienfuegos (CF) y Trinidad (TR)), una la zona montañosa (Topes de Collantes (TP)) y el resto corresponde a regiones del interior, tales como Aguada de Pasajeros (AG) y Santo Domingo (SD) (Figura 1).

Para cada estación seleccionada se tomaron los datos de la temperatura del aire, la humedad relativa y la velocidad del viento en el período 1981-2010, medidos a las 7:00 a.m. y la 1:00 p.m. del meridiano 75° W. Se consideró *a priori* que ambos horarios son representativos de los momentos más frío y cálido del día, respectivamente. No obstante, este criterio fue comprobado mediante el cálculo de la correlación lineal entre los valores de la temperatura a las 7:00 a.m. y la temperatura mínima diaria, y entre las series de temperatura a la 1:00 p.m. y la máxima diaria, y se obtuvo un coeficiente mayor a 0.90 en todos los casos, con lo cual se justifica lo planteado.

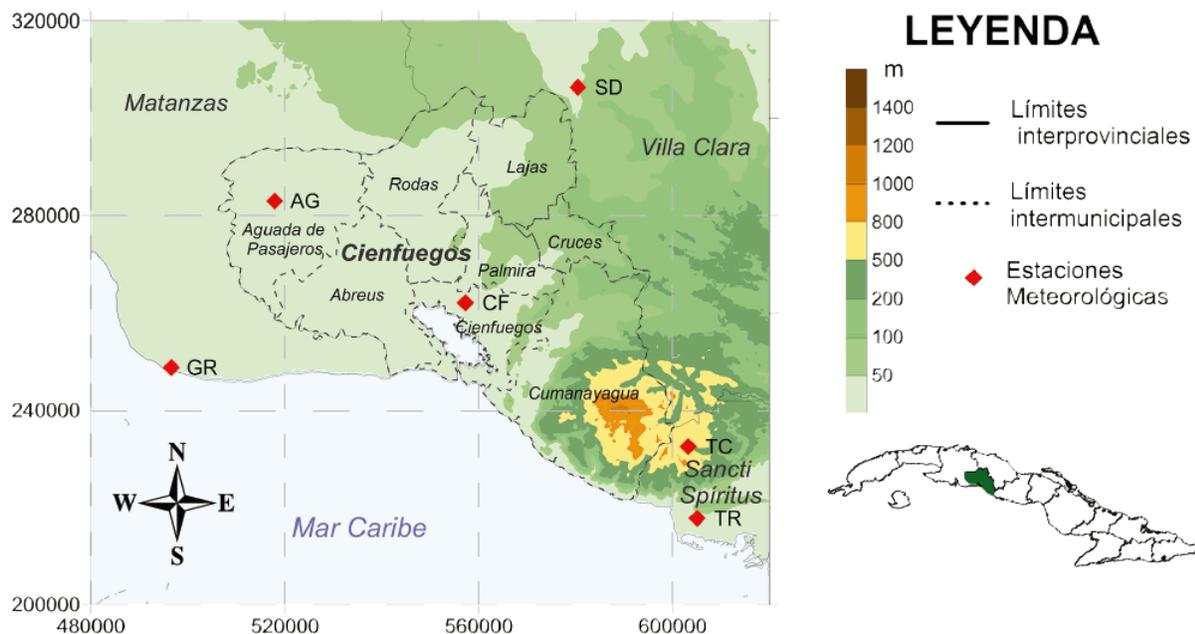


Figura 1. Mapa físico-político de la provincia de Cienfuegos. Incluye la ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas en el estudio

Con esta información, mediante la fórmula de Brooks, se calcularon los valores de *temperatura efectiva* (TE) y *temperatura efectiva equivalente* (TEE) a las 7:00 a.m. y la 1:00 p.m. para cada día del período escogido (Bútieva et al., 1984). Sus expresiones completas son:

$$TE = t - \frac{G}{80} (0.004397T^2 + 0.4567T + 9.5) \quad (1)$$

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

donde:

t, es la temperatura del aire;

$G = 100 - r$ (r es la humedad relativa del aire en %);

$T = t - 37$ es la diferencia entre las temperaturas del aire y el cuerpo humano

W es la velocidad del viento a 2 m de altura, que proviene de la relación $0.667V$ (V es la velocidad del viento a 10 m de altura, al nivel de la estación meteorológica, en m/s).

Conocidas la TE y la TEE se establecieron las sensaciones térmicas correspondientes a los distintos intervalos (Tabla 1) propuestos por León (1988), los cuales, en una primera aproximación, pueden considerarse adecuados para la población cubana, aclimatada a las condiciones cálidas y húmedas imperantes durante la mayor parte del año en Cuba.

La *condición de calor intenso* es un indicador bioclimático propuesto por Guevara (2006), el cual permite la evaluación de los extremos bioclimáticos vinculados con el calor. Como indicador, las CCI fueron concebidas en las variantes siguientes:

♦ *Condición de calor intenso sin viento* (CCIsv): Muestra la presencia de sensaciones calurosas y muy calurosas (León, 1988), a partir de los valores de TE a las 7:00 a.m. y 1:00 p.m.; o sea, sin tener en cuenta el efecto refrescante del viento.

♦ *Condición de calor intenso con viento* (CCIcv): Representa la ocurrencia de sensaciones calurosas y muy calurosas (León, 1988), sobre la base de las magnitudes de TEE en los mismos horarios; es decir, con la consideración de la rapidez del viento. Cuando se presentan, significa que las sensaciones calurosas no se revierten ni siquiera asumiendo el papel refrigerante del mismo.

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

Intervalo de TE/TEE	Sensación térmica
TE - TEE ≤ 12 °C	Muy fría
12.0 < TE - TEE ≤ 17.0	Fría
17.0 < TE - TEE ≤ 22.0	Ligeramente fría o fresca
22.0 < TE - TEE ≤ 25.0	Confortable
25.0 < TE - TEE ≤ 28.0	Calurosa
TE - TEE > 28.0 °C	Muy calurosa

Fuente: León (1988)

Las CCI se expresan en tres categorías: comunes para sus dos variantes, denotadas ascendientemente según la intensidad y la duración diarias de las sensaciones calurosas y muy calurosas (Tabla 2). Para la formulación de estas categorías, se utilizó el plazo temporal diario, en atención a que en los climas tropicales, las variaciones experimentadas por la mayoría de los elementos climáticos durante el día suelen ser de mayor significación que aquellas correspondientes al plazo anual.

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

Categoría	Sensaciones a las 0700 horas	Sensaciones a las 1300 horas
CCI 1	Confortables	Muy calurosas
CCI 2	Calurosas	Calurosas
CCI 3	Calurosas	Muy calurosas

Fuente: Guevara (2006)

Una vez identificados los días en que se presentaron las CCI, se aplicó la estadística descriptiva, y mediante los estadígrafos de posición y dispersión (media, mediana, desviaciones estándar, coeficientes de variación, cuartiles superior e inferior, asimetría y curtosis) se realizó la caracterización de las CCI como extremo bioclimático.

A continuación, se procedió a graficar cada serie en los distintos plazos temporales para todas las variantes y categorías. Estos gráficos fueron la base con miras al análisis de las marchas anuales de la cantidad promedio de días con CCI y las marchas multianuales de la frecuencia absoluta de días con CCI. Asimismo, se identificaron las fechas de inicio y fin de las temporadas donde se presentan días con CCI, sus duraciones media, máxima y mínima.

El análisis de las tendencias y de la existencia de puntos de cambio en las series de CCI se efectuó a través del Programa para Cálculo de Índices de Tendencia en Series Temporales Winstat (versión 2.0-Beta), ([Mellado & Borrajero, 1997](#)). La existencia de tendencia se determinó, fundamentalmente, según el estadígrafo de Mann-Kendall ([Sneyers, 1975](#)), en sentidos directo e inverso. Luego, con el *test* de Pettitt ([Vannitsem & Demaree, 1991](#)), se reafirmó la existencia de puntos de cambio significativos en las series de las variables seleccionadas, bajo un nivel de significación de 5 %, en todos los casos.

Resultados y Discusión

En la provincia de Cienfuegos, las CCI se reafirman como un indicador de extremos bioclimáticos por excesivo calor en la provincia. Las CCI resultan relativamente poco frecuentes, con aproximadamente 15 % del total de días del año en la mayor parte de las zonas de la provincia en las que estas se presentan. Constituye una excepción la parte sur oriental del territorio, donde la frecuencia anual de este fenómeno alcanza, en promedio, 29 %. En la zona montañosa no se presentan estas condiciones, dada la permanencia de sensaciones frescas en horas de la mañana, que solo cambian hacia confortables o calurosas en horas de la tarde.

En el período 1981-2010 se reportaron anualmente de 36 a 105 días con CCIsv, en dependencia de la zona de la provincia, lo que representa de 10 a 29 % de los días del año. Estos valores se reducen a la mitad si se tiene en cuenta el efecto del viento, el cual provoca que estas condiciones solo se presenten, en promedio, de 14 a 56 días y abarcan de 4 % a 16 % de las jornadas del año.

La tabla 3 presenta los valores para diferentes estadígrafos de posición y dispersión correspondientes a las series multianuales del número de días con CCIsv, donde se agrupan todas las categorías. Resalta el hecho de que, exceptuando la estación de *TR*, las medianas, aunque relativamente cercanas a los valores promedios, son menores que estos, por lo

Tabla 3. Estadística descriptiva de las series multianuales de la cantidad de días con CCIsv. Período 1981-2010

Estaciones	Años	Media	Mediana	Suma	Mín.	Máx.	C.Inf.	C.Sup.	D.V.	C.V.	Asim.	Curt.
AG	30	62.9	62.5	1886	20	111	53	71	20.7	32.9	0.1	0.3
SD	30	35.7	34.5	1072	7	79	27	44	14.6	40.7	0.6	1.6
GR	30	52.4	51.0	1573	8	122	33	69	27.4	52.2	0.4	0.1
CF	30	46.1	48.0	1384	10	93	33	56	20.2	43.8	0.3	0.3
TR	30	105.2	110.5	3155	53	143	97	117	22.2	21.0	-0.8	0.3

cual, en poco más de 50 % de los años, la ocurrencia de esta variante de CCI tiende a ubicarse entre valores medios y bajos.

La mayor variabilidad de este fenómeno se localiza hacia el litoral sur occidental, con un coeficiente de variación de 52.2 %; sin embargo, la región sur oriental presenta la menor magnitud de este estadígrafo, con 21.0 %. Otra característica de estas series es la presencia de asimetría, generalmente positiva, que muestra distribuciones asimétricas con cola a la derecha. Además, en todas las zonas de la provincia, los valores de la curtosis son positivos, y las distribuciones son leptocúrticas, o sea, con un alto grado de esbeltez en relación con la curva normal, según [Spiegel \(1987\)](#).

La tabla 4 resume la información de diferentes estadígrafos utilizados para caracterizar las series multianuales de la cantidad de días con CCIcv. Lo más significativo resulta el aumento de los coeficientes de variación, lo cual muestra que el viento es un factor favorable al aumento de la variabilidad de las CCI, sobre todo hacia el suroeste de la provincia, donde esta medida de dispersión alcanza 92.7 %. Conjuntamente, sobresale el ascenso en los valores de asimetría y curtosis, todos positivos, y ello evidencia que en las zonas de la provincia en la cual suceden estas condiciones es más frecuente

que ocurran cada año CCIcv por debajo de la media.

A pesar de que las CCI como extremo bioclimático presentan valores medios relativamente bajos en las series totales, la distribución de esos valores en el transcurso del año es bastante desigual y, como cabe esperar, las mayores magnitudes se localizan en los meses más cálidos, aunque no se descarta la posibilidad de presentarse algún evento que genere este tipo de condiciones en cualquier momento del año.

En todas las zonas de la provincia donde se producen CCI, estas mantienen comportamientos anuales similares de acuerdo con el período en que se presentan; este último se estableció desde mayo a octubre para las CCIsv (Figuras 2 y 3, izquierda), y coincide con los meses de inicio y fin de la estación lluviosa del año, y desde junio a octubre para las CCIcv (Figuras 2 y 3, derecha). Las áreas del litoral cienfueguero, caracterizadas por las estaciones de GR, CF y TR, han registrado situaciones extremas desde marzo hasta noviembre; incluso, en la estación de GR se reportaron CCIsv (categoría 2) el 14 de enero de 1983 y el 27 de diciembre de 1997, que constituyen las respectivas fechas más temprana y más tardía en que han ocurrido estas situaciones dentro del período estudiado.

Tabla 4. Estadística descriptiva de las series multianuales de la cantidad de días con CCIcv. Período 1981-2010

Estaciones	Años	Media	Mediana	Suma	Mín.	Máx.	C.Inf.	C.Sup.	D.V.	C.V.	Asim.	Curt.
AG	30	35.9	37.5	1077	5	89	21	51	19.5	54.3	0.6	0.6
SD	30	14.1	12.0	423	3	44	9	17	8.5	60.3	1.9	4.7
GR	30	13.7	10.0	411	1	60	5	19	12.7	92.7	1.9	5.0
CF	30	22.4	22.0	672	5	62	12	29	12.0	53.7	1.2	2.7
TR	30	56.8	59.5	1703	17	108	43	69	22.3	39.2	0.2	0.3

Marcha anual de las CCI

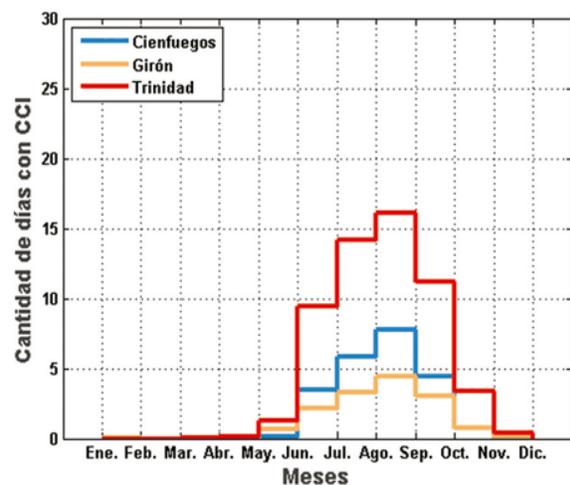
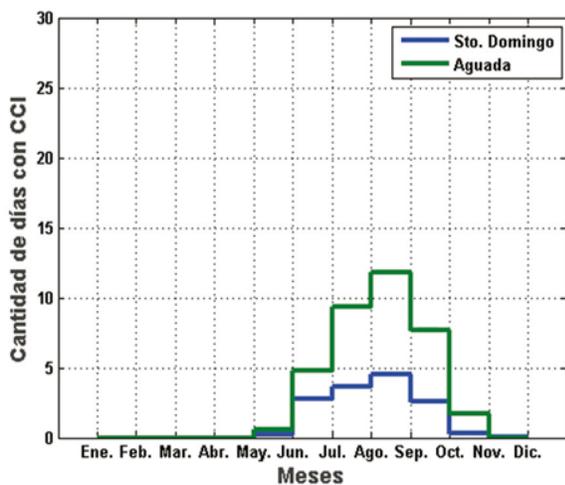
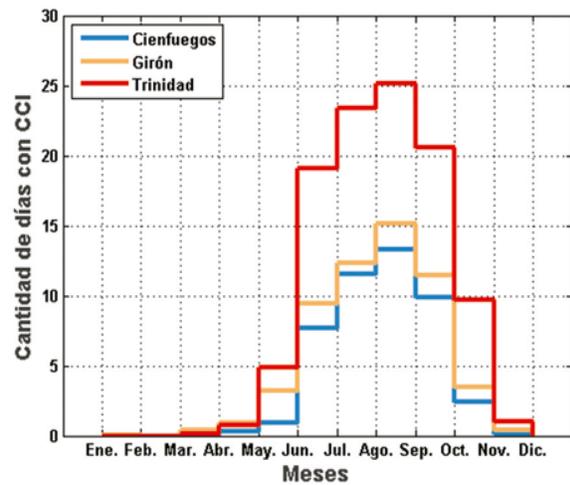
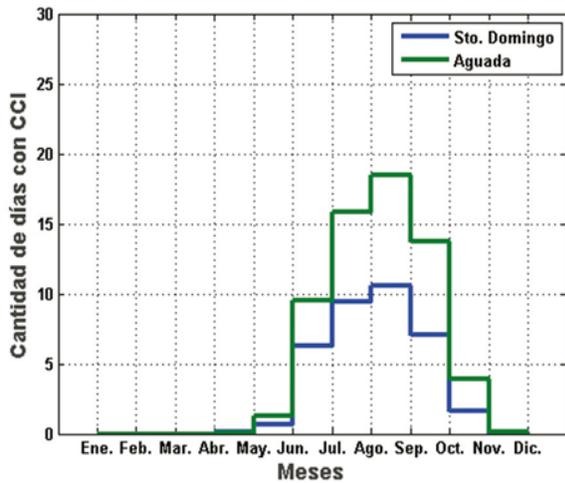


Figura 2. Marcha anual de la cantidad promedio de días con CCIsv (arriba) y CCIcv (abajo) (total de todas las categorías) en zonas del interior de la provincia de Cienfuegos. Período 1981-2010

Al analizar la cantidad de días con CCI que acontecen anualmente, se encontró que de 50 % a 55 % de las CCIsv y de 55 % a 60 % de las CCIcv ocurren en julio-agosto, el bimestre más cálido del año. En las figuras 2 y 3 puede observarse este plazo temporal como el de mayor ocurrencia de ambos tipos de CCI, con lo cual se evidencia que el advenimiento de las temperaturas medias más elevadas del año y el descenso relativo en la fuerza del viento propios de este período, repercuten de forma ascendente en la frecuencia de situaciones extremas por calor en la provincia.

Figura 3. Marcha anual de la cantidad promedio de días con CCIsv (arriba) y CCIcv (abajo) (total de todas las categorías) en las zonas costeras de la provincia. Período 1981-2010

La marcha anual de las CCIsv correspondientes a las zonas del interior cienfueguero puede alcanzar máximos de diez a 19 días en agosto, que, en promedio, se registran en las estaciones de SD y AG respectivamente, pero estos se reducen a magnitudes entre los cinco y 12 días cuando se tiene en cuenta el efecto refrescante del viento (Figura 2). En estas localidades, la categoría 1 es más frecuente para los dos tipos de CCI, debido en lo fundamental, a los altos contrastes térmicos que acontecen en estas localidades distantes de la influencia marina.

El comportamiento anual de las series de CCIsv en áreas cercanas a la costa, representadas por las estaciones de GR, CF y TR, pueden presentar máximos en agosto, entre las 14 y 25 jornadas; no obstante, al observarse la marcha anual de las CCIcv, el rango desciende considerablemente de cinco a 16 jornadas (Figura 3). Aunque la categoría 1 continúa siendo la de mayor ocurrencia en esta zona, también está presente la categoría 3 hacia el sur oriental de la provincia, sobre todo en los meses más cálidos del año, como es de esperar de la más intensa de las categorías.

Marcha multianual de las CCI

Al realizar el análisis de la marcha multianual de la cantidad de días con CCI, se encontraron diferencias en cada zona de la provincia de Cienfuegos. Hacia el interior occidental, representado por la estación de AG, las CCI, en sus dos variantes, han mostrado una gran variabilidad, pero a partir de la década de los noventa del siglo XX se percibe una tendencia al aumento de estas condiciones, dadas en lo fundamental, por el incremento de la categoría 1, que como se había mencionado, ocurre con más frecuencia en esta zona. Las series de CCIsv presentan, en promedio, una frecuencia de más de 60 días al año, y las temporadas de 1998 y 2010 exhiben los mayores valores de este indicador (Figura 4 arriba). Las CCIcv se restringen a solo 10 % del año (36 días), y las temporadas donde ocurren los máximos de frecuencia coinciden con los de las CCIsv (Figura 4 abajo).

Si bien es cierto que la categoría 3 en este emplazamiento no es decisiva en el total de días con CCI, urge subrayar que cerca de 50 % de las jornadas en que se ha presentado esta categoría ha ocurrido en la última década del período estudiado.

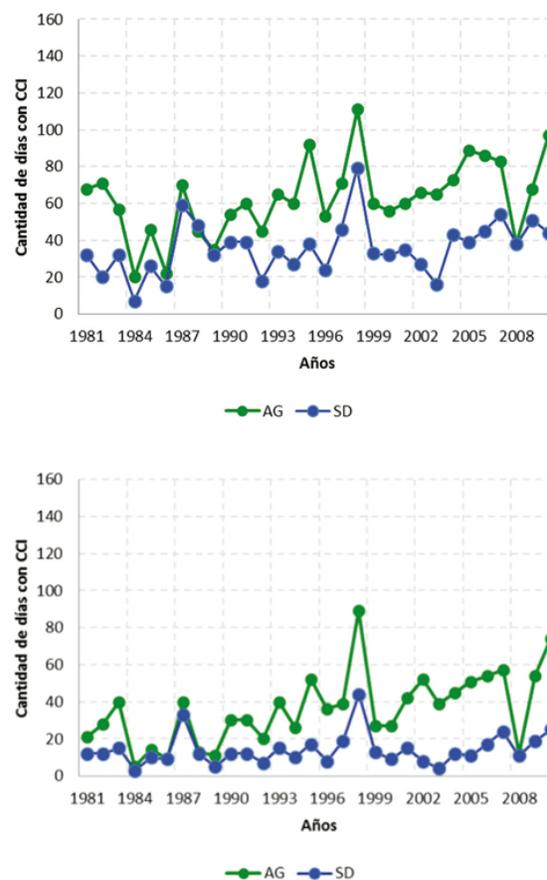


Figura 4. Marcha multianual de la cantidad promedio de días con CCIsv (izquierda) y CCIcv (derecha) (total de todas las categorías) en zonas del interior de la provincia de Cienfuegos. Período 1981-2010

Hacia el norte de la provincia, caracterizado por la estación de SD, se hallan las más bajas frecuencias de CCI. En promedio, los valores de CCIsv son de 36 días al año, y se destaca la temporada de 1998, con cerca de 80 días (Figura 4 arriba). Aunque la intensidad del viento en esta zona es baja, logra disminuir la ocurrencia de extremos bioclimáticos por calor. La mayoría de los valores de la muestra de CCIcv no superan 20 días anuales, con excepción de 1998, cuando se superan los 40 días (Figura 4 abajo).

La zona sur occidental y central de la provincia, caracterizada por las estaciones de GR y CF, muestra, en promedio, una frecuencia de 50 jornadas al año, lo que representa poco más de 10 % del mismo. Aunque la categoría 1 es más frecuente en ambos emplazamientos, solo en la de CF se observa una tendencia ascendente que influye de igual manera en el total de días con CCI (Figura 5). Las series multianuales de las CCI en GR (Figura 5) exhiben un movimiento ascendente en sus valores a principios de la década de los noventa del siglo XX, con un descenso posterior en los últimos años del período estudiado. Para las CCIsv, la mencionada configuración se observa más claramente en las series del total de categorías.

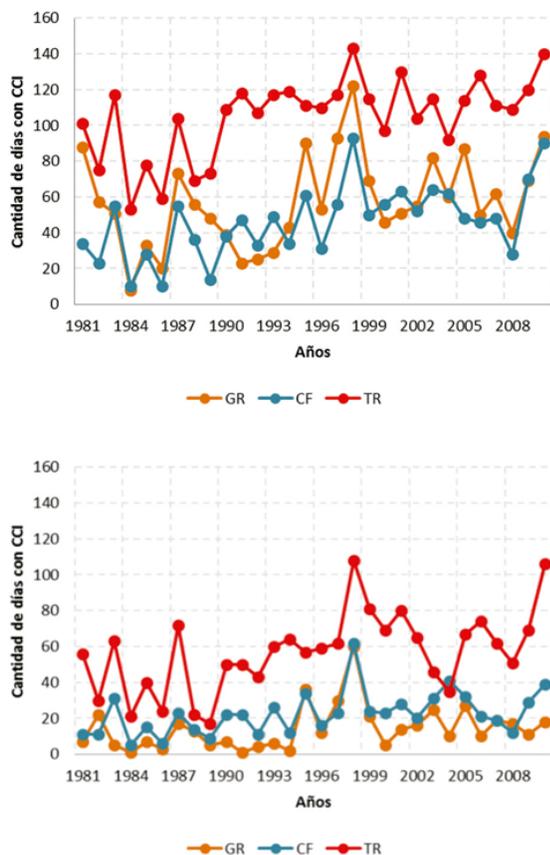


Figura 5. Marcha multianual de la cantidad promedio de días con CCIsv (arriba) y CCIcv (abajo) (total de todas las categorías) en las zonas costeras de la provincia. Período 1981-2010

Las mayores magnitudes de este indicador, incluyendo sus dos variantes, se hallan en el litoral sur oriental de la provincia, el cual es representado por la estación de TR (Figura 5), con una media de más de 100 días al año.

En toda la zona costera, las CCI que se producen aun en presencia del viento disminuyen considerablemente, con lo cual las series multianuales de este tipo de indicador en CF y GR ocurren en menos de 10 % del año y en TR alcancen solo 15 %; de este modo, se demuestra que la acción de las brisas marinas es uno de los factores responsables de la disminución de la frecuencia de extremos por calor en estas zonas. Es importante resaltar que la mayor frecuencia de días con estas condiciones en todo el territorio aconteció en 1998, en correspondencia con los altos valores de temperatura registrados a nivel mundial, según el [IPCC \(2007\)](#).

Sobre la base de las evidencias observadas en los gráficos y con el conocimiento del carácter marcadamente estacional de las CCI, se procedió a comprobar la existencia de componentes de tendencia en las series anuales del total de días con este indicador. Los valores del estadígrafo de Mann-Kendall expuestos en la tabla 5, demuestran la presencia generalizada de tendencias crecientes en ambas condiciones (CCIsv y CCIcv), sin delimitarlas por categorías. Mediante la prueba de Pettitt se establece que el final de los años ochenta y principios de los noventa del siglo XX es el período en que se produjeron los puntos de cambios correspondientes a estas series. En particular, las estaciones de AG, CF y TR presentan tendencias altamente significativas en el total de días con CCI.

Tendencias y puntos de cambio de las series multianuales del inicio, el fin y la duración de la temporada con CCI

Al efectuar el análisis de la tendencia y los puntos de cambio en las series anuales de duración de la temporada de días con CCI, se arriba a que en la mayor parte de la provincia de Cienfuegos no se encontraron tendencias significativas relacionadas con el aumento o la disminución de esa serie. Solo hacia el sur del territorio representado por las estaciones de Cienfuegos y Trinidad se hallaron tendencias altamente significativas al incremento de la duración de esa temporada. Este ascenso corresponde, en lo fundamental,

a un comienzo más temprano y una retirada más tardía de las CCI dentro del año, lo cual se hace significativo en Cienfuegos (Tabla 6), y coincide con los resultados obtenidos por Pérez (2008), quien realizó un estudio similar para la estación de CF, pero en el período de 1977-2004.

Las series multianuales de las fechas de inicio y fin de la temporada con CCI en la estación de TR, aunque no muestran pendientes abruptas, tienen el mismo comportamiento que las descritas para CF, lo cual evidencia también en este emplazamiento un aumento significativo en la duración de la temporada de CCIsv (Tabla 7).

Tabla 5. Estadígrafos representativos de la tendencia y los puntos de cambio de las series del número de días anuales con CCI (total de categorías)

Tipo de CCI	Estación	Mann-Kendall	Pruebas estadísticas Nivel de significación $\alpha_0 = 0.05$		
			Tendencia	Pettitt	Punto de cambio
CCIsv	Aguada	2.658314 $\alpha_1 = 0.0079$	↑↑	-133.0 $\alpha_1 = 0.0223$	1994
	Cienfuegos	3.086498 $\alpha_1 = 0.0020$	↑↑	-159.0 $\alpha_1 = 0.0044$	1994
	Santo Domingo	2.283652 $\alpha_1 = 0.0224$	↑	-110.0 $\alpha_1 = 0.0741$	1986
	Girón	0.285456 $\alpha_1 = 0.7753$		-95.0 $\alpha_1 = 0.1436$	1994
	Trinidad	2.890247 $\alpha_1 = 0.0038$	↑↑	-158.0 $\alpha_1 = 0.0047$	1990
CClcv	Aguada	3.693093 $\alpha_1 = 0.0002$	↑↑	-160.0 $\alpha_1 = 0.0041$	1994
	Cienfuegos	2.890247 $\alpha_1 = 0.0038$	↑↑	-150.0 $\alpha_1 = 0.0079$	1994
	Santo Domingo	1.445124 $\alpha_1 = 0.1484$		0.2888 $\alpha_1 = 0.0500$	2005
	Girón	1.248872 $\alpha_1 = 0.2117$		-140.0 $\alpha_1 = 0.148$	1994
	Trinidad	2.961611 $\alpha_1 = 0.0031$	↑↑	-156.0 $\alpha_1 = 0.0053$	1992

Nota: ↑ Significativa, ↑↑ altamente significativa

Tabla 6. Estadígrafos representativos de la tendencia y los puntos de cambio del inicio, el fin y la duración de la temporada con CCIsv (total de categorías) en Cienfuegos. Período 1981-2010

		Mann-Kendall	Pruebas estadísticas Nivel de significación $\alpha_0 = 0.05$		
			Tendencia	Pettitt	Punto de cambio
CCIsv	Inicio	-2.551267 $\alpha_1 = 0.0107$	↓↓	129.0 $\alpha_1 = 0.0318$	1994
	Fin	2.247970 $\alpha_1 = 0.0246$	↑	-138.0 $\alpha_1 = 0.0166$	1992
	Duración	2.622632 $\alpha_1 = 0.0087$	↑↑	-143.0 $\alpha_1 = 0.0123$	1990
CClcv	Inicio	-2.569108 $\alpha_1 = 0.0102$	↓	126.0 $\alpha_1 = 0.0329$	1992
	Fin	1.766262 $\alpha_1 = 0.0774$		-79.0 $\alpha_1 = 0.2613$	1997
	Duración	2.801042 $\alpha_1 = 0.0051$	↑↑	-144.0 $\alpha_1 = 0.0116$	1992

Tabla 7. Estadígrafos representativos de la tendencia y puntos de cambio del Inicio, Fin y Duración de la temporada con CCIsv (total de todas las categorías) en Trinidad. Período 1981-2010

Pruebas estadísticas sobre tendencias y puntos de cambio en las series					
Nivel de significación $\alpha_0 = 0.05$					
		Mann -Kendall	Tendencia	Pettitt	Punto de Cambio
CCIsv	Inicio	-1.659216 $\alpha_1 = 0.0971$		92.0 $\alpha_1 = 0.1620$	1987
	Fin	1.908990 $\alpha_1 = 0.0563$		-113.0 $\alpha_1 = 0.0642$	1992
	Duración	2.622632 $\alpha_1 = 0.0087$	↑↑	-114.0 $\alpha_1 = 0.0611$	1988
CCIcv	Inicio	-1.409441 $\alpha_1 = 0.1587$		79.0 $\alpha_1 = 0.2613$	2002
	Fin	0.820687 $\alpha_1 = 0.4118$		-95.0 $\alpha_1 = 0.1436$	1993
	Duración	0.963416 $\alpha_1 = 0.3353$		-94.0 $\alpha_1 = 0.1495$	1993

↑ Significativa ↑↑ Altamente significativa

Las variaciones detectadas en la duración de la temporada con CCI en la provincia de Cienfuegos no mantienen un patrón común en todas sus zonas, sino que se diferencian las alejadas de las costas con respecto a las adyacentes al litoral; en estas últimas, el aumento de la temporada con CCI está aparejado de un ascenso significativo de la cantidad de días que ocurren anualmente. Sin embargo, en toda la llanura interior de la provincia, al no evidenciarse una tendencia significativa hacia el aumento o la disminución de la duración de la temporada con CCI, pero al estar presentarse un ascenso importante en los días con estas situaciones, puede concluirse que existe una intensificación del período del año en que tienen lugar esas condiciones.

Los puntos de cambio de todas las series de CCI con tendencias significativas se sitúan entre finales de los años ochenta y principios de los noventa del siglo XX. Estos resultados

son consistentes con los obtenidos por [León \(2003\)](#), [Santana \(2004\)](#), [Guevara \(2006\)](#) y [Pérez \(2008\)](#). Estos años se enmarcan dentro de un período que ha manifestado un notable calentamiento en las condiciones climáticas de Cuba, con un aumento de las temperaturas media y mínima, y una disminución del rango diurno de temperatura ([Centella et al., 1997](#)). Asimismo, [Planos et al. \(2013\)](#), muestran que a pesar de que las tendencias en el comportamiento de las temperaturas máximas no son significativas, se evidencia un incremento significativo en la cantidad de días con temperaturas máximas por encima del 90 percentil (Tx90 o cantidad de días con temperaturas máximas por encima de 30 °C) y en el total de días consecutivos, en intervalos de por lo menos seis días, en que la temperatura máxima sobrepasó el 90 percentil (WSDI). Otro cambio importante reportado en este período fue una notable disminución

de la rapidez del viento durante la década de los noventa ([Álvarez et al., 2000](#)), con un menor efecto refrescante del viento, lo cual pudo haber repercutido en el aumento de la frecuencia de días con CCIv.

Conclusiones

- ◆ La aplicación de las condiciones de calor intenso como un indicador bioclimático mostró coherentemente, tanto el comportamiento medio, como la variabilidad de los extremos bioclimáticos por excesivo calor en la provincia de Cienfuegos. Se concluye lo siguiente:
- ◆ En la zona montañosa de la provincia no se presentan condiciones de calor intenso (CCI) debido a que no permanecen sensaciones térmicas por calor excesivo durante gran parte del día.
- ◆ En general, las CCI se presentan de mayo a octubre, con una mayor frecuencia durante los meses más cálidos del año (julio y agosto).
- ◆ En gran parte de la provincia, la categoría 1 resultó determinante, con más de 90 % de la cantidad de días con CCI. Debe destacarse el litoral sur oriental, donde la categoría 3 posee una alta significación, la cual junto con la 1, está presente en más de 85 % de los casos.
- ◆ Los puntos de cambio de todas las series de CCI con tendencias significativas se sitúan entre finales de los años ochenta y principios de los noventa del siglo XX.
- ◆ La llanura interior de la provincia muestra una intensificación de la temporada con CCI, causada por el incremento de los días con estas condiciones y por la ausencia de tendencia en la duración de la temporada.

Referencias

- Álvarez, L.; Álvarez, R. & Roque, A. 2000. “Caracterización del efecto de acumulación para el cálculo de la dispersión de contaminantes y sus aplicaciones a lo largo de la Isla de Cuba”. *Revista Cubana de Meteorología*, 7(1): 8–13, ISSN: 0864-151X.
- Barcia, S. 2012. *Nueva Guía Climática de la Provincia de Cienfuegos*. Cuba: Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos-Instituto de Meteorología, 83 p.
- Bútieva, I. V.; Ilichiova, E. M. & Kornilova, R. P. 1984. “Régimen de tiempo y sensación térmica del hombre en diferentes zonas naturales de la URSS en el período cálido del año”. *Materiales de Investigaciones Meteorológicas*, 8: 74–81.
- Centella, A.; Naranjo, L.; Paz, L.; Cárdenas, P.; Lapinel, B.; Ballester, M.; Pérez, R.; Alfonso, A.; González, C.; Limia, M. & Sosa, M. 1997. *Variaciones y cambios del clima en Cuba*. La Habana, Cuba: Instituto de Meteorología, 63 p.
- 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: 0872-8941.
- Guevara, V. 2006. *Las condiciones de calor intenso como indicador de extremos bioclimáticos en Ciudad de La Habana*. Tesis de Maestría, La Habana, Cuba: Instituto Superior de Tecnología y Ciencias Aplicadas, 110 p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge: Cambridge University Press, 142 p., ISBN: 978-92-9169-121-0.

- Lecha, E. L. B. 1993. Estudio bioclimático de la provincia de Cienfuegos. La Habana, Cuba: Academia, 131 p., ISBN: 978-959-02-0027-4.
- León, A. 1988. Las sensaciones de calor en el occidente de Cuba. Tesis de Licenciatura, La Habana, Cuba: Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, 88 p.
- León, A. 2003. “Estacionalidad y tendencias actuales de las sensaciones térmicas de los individuos en las provincias habaneras”. In: X Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología, La Habana, Cuba: Academia, ISBN: 978-959-270-014-7.
- Mellado, E. & Borrajero, I. 1997. Winstats. version 2.0-Beta, [Windows], La Habana, Cuba, Available: <<http://math.exeter.edu/rparris/winstats.html>>.
- OMM (Organización Meteorológica Mundial). 2001. Informe final abreviado con resoluciones y recomendaciones. Ginebra: Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial, 185 p., ISBN: 978-92-63-30923-5, no. 938, OCLC: 80140623.
- Pérez, L. 2008. Las condiciones de calor intenso en el municipio Cienfuegos. Tesis de Licenciatura, La Habana, Cuba: Instituto Superior de Tecnología y Ciencias Aplicadas, 68 p.
- Planos, E.; Rivero, R. & Guevara, V. 2013. “Variaciones y cambios del clima”. In: Impacto del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba, La Habana, Cuba: Agencia de Medio Ambiente, pp. 43–97, ISBN: 978-959-300-039-0.
- Santana, M. 2004. Estudio de las sensaciones térmicas en la provincia Ciego de Ávila. Tesis de Maestría, La Habana, Cuba: Instituto Superior de Tecnología y Ciencias Aplicadas, 82 p.
- Sneyers, R. 1975. Sur l’analyse statistique des series d’observations. Geneve: Organización Meteorológica Mundial, 192 p., ISBN: 92-63-20415-2, Available: <<http://library.wur.nl/WebQuery/clc/155885>>, [Consulted: October 25, 2016].
- Spiegel, M. R. 1987. Teoría y problemas de estadística. Madrid: McGraw-Hill, 357 p., ISBN: 978-84-7615-077-1.
- Vannitsem, S. & Demaree, G. 1991. “Détection et modélisation des sécheresses au Sahel”. Hydrologie continentale, 6(2): 155–171, ISSN: 0246-1528.