

Los extremos climáticos por calor.

Climatic extremes by heat.



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

✉ M. Sc. Sinai Barcia Sardiñas^{1*}, M. Sc. Antonio Vladimir Guevara Velasco²,
Lic. Yosdany Estrada Legrá³, M. Sc. Meylin Otero Martín⁴

¹Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos

²Sociedad Meteorológica de Cuba

³Centro Meteorológico Provincial de Camagüey

⁴Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara

RESUMEN: La presente reseña bibliográfica está referida al tema de los extremos bioclimáticos asociados al calor y su influencia en la salud. La misma forma parte del proyecto de investigación: "Efectos meteorológico-tropicales peligrosos asociados a las sensaciones térmicas extremas en Cuba". La metodología empleada se enmarca dentro del análisis bibliográfico y documental sobre la base de la bibliografía disponible referente al tema objeto de estudio. Fue posible constatar la diversidad de acepciones, conceptos, criterios, índices e indicadores presentes en el ámbito nacional, y más aún a escala global, con respecto los extremos bioclimáticos relacionados con las temperaturas, específicamente por calor y su influencia en la salud. El trabajo realizado sirve de base para el estudio de los extremos térmicos por calor en Cuba y para ello se propone analizar el Índice de Calor Sofocante y el indicador de Condición de Calor Intenso además de los criterios de ola de calor que toman en cuenta umbrales basados en percentiles de manera que pueda ser definido un criterio para el país basado en el comportamiento de las sensaciones térmicas. De esta forma se podrá disponer en una primera aproximación las condiciones extremas por calor potencialmente capaces de producir efectos meteorológico-tropicales peligrosos sobre la población vulnerable en Cuba.

Palabras Clave: evento extremo, confort térmico, sensación térmica, estrés térmico, ola de calor.

ABSTRACT: The present bibliographic review refers to the topic of the bioclimatic extremes associated with heat and its influence on health. It is part of the research project: "Dangerous meteor-tropic effects associated with extreme thermal sensations in Cuba". The methodology used is part of the bibliographic and documentary analysis based on the available bibliography referring to the subject under study. It was possible to verify the diversity of meanings, concepts, criteria, indices and indicators present at the national level, and even more so on a global scale, with respect to the bioclimatic extremes related to temperatures, specifically due to heat and its influence on health. The work carried out serves as a basis for the study of thermal extremes by heat in Cuba and for this purpose it is proposed to analyze the Suffocating Heat Index and the indicator of Intense Heat Condition in addition to the heat wave criteria that consider thresholds based on percentiles so that a criterion can be defined for the country based on the behavior of thermal sensations. In this way, extreme heat conditions potentially capable of producing dangerous meteorological-tropic effects on the vulnerable population in Cuba will be available as a first approximation.

Key Words: extreme event, thermal comfort, thermal sensation, thermal stress, heat wave.

INTRODUCCIÓN

Entre las principales conclusiones del V Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático-IPCC (IPCC, 2013) se vaticinó un alza en la temperatura global superior a 1.5 °C a la del período entre 1850 y 1900. La principal consecuencia del cambio climático es, precisamente, el incremento de la temperatura del sistema climático; pero ello no ocurre de igual forma en todo el mundo debido a la gran diversidad de condiciones físico-geográficas y

tipos de clima existentes, aunque ya resulta evidente que en todas partes está aumentando la temperatura del aire, incluyendo a Cuba.

Las evidencias sugieren que el cambio climático también ha cambiado la magnitud y frecuencia de algunos eventos climáticos extremos en algunas regiones y tendrá un significativo impacto en la severidad y magnitud de estos en el futuro, (IPCC, 2011). Las proyecciones futuras plantean que con más de un 90 % de probabilidad las olas de calor aumentarán globalmente en el presente siglo XXI.

*Autor para correspondencia: sinaibs@gmail.com

Recibido: 27/07/2020

Aceptado: 07/12/2020

En la última década, después de analizado el comportamiento de los valores medios de las variables climáticas, y de acuerdo con las sugerencias realizadas en los últimos informes del IPCC, los estudios sobre el cambio climático se están centrando en el análisis del comportamiento de sus valores extremos y de la fenomenología atmosférica asociada a ellos (Griffiths *et al.*, 2003; Labajo *et al.*, 2004 y 2008). Las variables que están siendo analizadas más minuciosamente son la temperatura y la precipitación (Manton *et al.*, 2001; Salinger y Griffiths, 2001; Klein y Können, 2003).

El tema de los extremos climáticos relacionados con las temperaturas ha sido estudiado desde diferentes puntos de vista tanto a nivel nacional como internacional. El presente trabajo realiza una reseña bibliográfica sobre el tema de los extremos bioclimáticos asociados al calor y su influencia en la salud. El mismo forma parte del proyecto de investigación: "Efectos meteorotrópicos peligrosos asociados a las sensaciones térmicas extremas en Cuba" y pretende realizar una conceptualización de términos relacionados con el tema, útil y necesaria para situar las acciones de la investigación en el contexto específico del campo de los extremos bioclimáticos relacionados con las temperaturas y su influencia en la salud.

La metodología empleada se enmarca dentro del análisis bibliográfico y documental sobre la base de la bibliografía disponible referente al tema objeto de estudio.

DESARROLLO

Extremos climáticos

Según el Glosario del IPCC (IPCC, 2013), un fenómeno meteorológico/climático extremo se define como un fenómeno meteorológico raro en determinado lugar y época del año. Aunque las definiciones de raro son diversas, la rareza normal de un fenómeno meteorológico extremo sería igual o superior a los percentiles 10 ó 90 de la estimación de la función de densidad de probabilidad observada. Por definición, las características de un fenómeno meteorológico extremo pueden variar de un lugar a otro en sentido absoluto. Un comportamiento extremo del tiempo puede clasificarse como fenómeno meteorológico extremo cuando persiste durante cierto tiempo (por ejemplo, una estación), especialmente si sus valores promediados o totales son extremos (por ejemplo, sequía o precipitación intensa a lo largo de una temporada).

A su vez, la OMM (2015) define un evento extremo como la ocurrencia de un valor de una variable climática por encima (o por debajo) de un valor umbral cerca de los extremos superiores (o inferiores) del rango de valores observados de la variable. En muchos casos, un evento meteorológico o climático con alto impacto también se considera como un evento extremo.

Aunque los eventos climáticos extremos no ocurren con elevada frecuencia, pueden ser perjudiciales para la salud, pueden afectar las infraestructuras, la economía, y hasta pueden causar la pérdida de vidas (IPCC, 2012). Es por lo tanto necesario para la comunidad meteorológica mejorar el conocimiento y la caracterización de los eventos extremos del clima, tanto temporal como espacialmente con metodologías consecuentes para su definición y el cálculo de sus umbrales. Así, podrán ser desarrollados sistemas eficientes para el monitoreo y pronóstico de los mismos contribuyendo a la resiliencia y adaptación de las sociedades ante la variabilidad del clima y el cambio climático.

Los extremos climáticos han sido siempre objeto de atención en muchas investigaciones debido a que generalmente traen consigo consecuencias negativas para la sociedad. Es por eso que todo lo que se investigue acerca de este tema contribuye a la búsqueda de soluciones que garanticen, al menos, disminuir la vulnerabilidad ante sus efectos.

El punto de partida para la evaluación de los riesgos climáticos de una determinada zona geográfica implica un conocimiento de los extremos climáticos en términos de frecuencia, para que posteriormente se fijen aquellos valores umbrales que han actuado como factor desencadenante del fenómeno extremo. El carácter adverso de un suceso meteorológico extremo viene condicionado no sólo por el valor de la magnitud que permite evaluarlo (racha de viento, intensidad de la precipitación, temperaturas máximas, déficit de lluvia, etc.), sino también por el impacto que produce en el entorno.

Al hablar de extremos biometeorológicos y bioclimáticos es necesario aludir a los conceptos anteriores, pero tratarlos desde la Biometeorología Humana. O sea, son eventos poco frecuentes, expresados en función de la salud y el bienestar del hombre. Entonces puede inferirse que como los fenómenos meteorológicos o climáticos extremos tienen un potencial de riesgo para la integridad del hombre, también pueden considerarse extremos bioclimáticos.

Confort y sensaciones térmicas

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha definido la salud como ... un estado de completo bienestar, físico, mental y social, y no simplemente la ausencia de enfermedad. Ciertos aspectos de este bienestar son sensibles tanto al tiempo como al clima.

El término confort define aquello que produce bienestar y comodidades (según el diccionario de la Lengua Española) y ha venido variando a lo largo de la historia, de manera que ha tenido distinto significado según el período analizado. El confort, así definido, depende de multitud de factores personales (respuesta a las sensaciones, expectativas para el momento y lugar considerados) y parámetros físicos (visuales, auditivos, térmicos, olfativos, ...). De entre todos los facto-

res, el confort térmico representa el sentirse bien desde el punto de vista del ambiente higrotérmico exterior a la persona (González *et al.*, 2015). Los límites extremos, desde el punto de vista térmico, pueden resultar dañinos e incluso mortales para el ser humano. Ello es debido a que este es homeotérmico, es decir, debe mantener ciertas partes vitales a temperatura aproximadamente constante.

Según la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE según siglas en inglés), el confort térmico es aquella condición de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico (ASHRAE, 1997).

Por su parte Givoni (1989) lo define, como “la ausencia de irritación o malestar térmico”, definida por las condiciones climáticas consideradas como aceptables y cómodas en el interior de los edificios. Ello implica una ausencia de cualquier sensación térmica (calor o frío).

En cambio, Fanger y Jonassen (1974), definen al confort térmico como “las condiciones mentales que expresan satisfacción en relación con determinada condición del medio ambiente”. Por lo que la sensación de comodidad, al estar influenciada por parámetros físicos y varios factores personales, entra dentro del dominio de lo subjetivo y representan sólo una parte del amplio espectro de las sensaciones percibidas por el organismo.

Como se ha visto, el concepto de confort térmico, por tanto, admite varias definiciones, pero en todas el término está ligado a la sensación térmica y al estado neutral del balance térmico. Es por ello que el bienestar o confort térmico se alcanza sólo si hay equilibrio entre el calor producido por el metabolismo y las diferentes formas de disipación. Según Oke (1978) estas son:

- Transferencias conductivas, por contacto entre el cuerpo y otros sólidos.
- Transferencias convectivas, por intercambio de calor entre el individuo y el aire.
- Transferencias por radiación, desde la piel o la ropa hacia el entorno.
- Transferencias latentes debido a los procesos de respiración, o evaporación-transpiración.

Las continuas variaciones de los elementos climáticos (temperatura, precipitación humedad, viento, insolación, etc.) provocan en el organismo humano un amplio espectro de sensaciones térmicas que, además, están influenciadas por factores como la edad, el sexo, la alimentación, la cantidad y tipo de vestuario, nivel de actividad física, entre otros. De este modo, la temática de las sensaciones térmicas ha sido ampliamente investigada con fines prácticos en el mundo desde las primeras décadas del siglo XX para utilizar sus manifestaciones en beneficio de la humanidad.

La sensación térmica se define 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” (Urriola, 2009).

Estrés térmico

El estrés térmico se sitúa en los extremos de la escala de sensaciones lo cual provoca un distanciamiento del estado de comodidad. Según León (1988) “es el grado de mayor tensión del sistema termorregulador ante la carga térmica del medio ambiente”.

Se explica como la sensación de malestar que se experimenta cuando la permanencia en un ambiente determinado exige esfuerzos desmesurados a los mecanismos de que dispone el organismo para mantener la temperatura interna, mientras se efectúa el intercambio de agua y demás sustancias.

La presión que se ejerce sobre el organismo humano al estar expuesto a temperaturas extremas presenta para cada persona una respuesta distinta dependiendo de la susceptibilidad del individuo y su aclimatación. Es esta última una de las peculiaridades de la respuesta fisiológica del hombre ante la exposición al calor o frío.

La aclimatación y la aclimatización usualmente son términos que se usan para referirse al proceso por el cual un organismo se adapta fisiológicamente a los cambios en su medio ambiente, que en general tienen relación directa con el clima.

No obstante, suelen diferenciarse y según el glosario de términos de fisiología térmica (IUPS Thermal Commission, 2001), la aclimatación describe los cambios adaptativos que se producen en un organismo en respuesta a cambios inducidos experimentalmente, en particular a factores climáticos, como la temperatura en un ambiente controlado.

Mientras, la aclimatización describe los cambios adaptativos que ocurren en el organismo como respuesta a los cambios en el clima natural. Son los cambios fisiológicos y de comportamiento del organismo que transcurren en el tiempo y que reducen la presión causada por los cambios estresantes del clima.

Extremos de sensación térmica

Las situaciones que provocan estrés térmico en las personas, ya sea por frío o por calor, generalmente devienen de la ocurrencia de extremos bioclimáticos asociados a las sensaciones térmicas. La OMM (1999) alerta que sensaciones de desagrado, desgaste fisiológico, trastornos de salud y agotamiento por calor son algunos de los desórdenes que aparecen en ese mismo orden al sobrepasarse los márgenes de tolerancia del

organismo, con peligro para la vida si se rebasa el límite de 40.6° C en la temperatura basal del cuerpo.

Guevara (2006) afirma que estas condiciones han resultado menos investigadas que los extremos de las variables climáticas por separado. Al tratarse el tema, debe mostrarse el bioclima humano no tanto con un enfoque de recurso natural, sino como un factor de riesgo ambiental.

El mismo autor plantea que los estudios sobre el disconfort pueden acometerse con el empleo de los índices objetivos y también con el uso de los índices subjetivos de sensación térmica más comunes, pero sólo con la consideración de los rangos extremos de sus respectivas escalas. Vale considerar también el desarrollo de índices de carácter subjetivo para evaluar el grado de disconfort, e inclusive, de estrés térmico de los seres humanos. Al respecto, Smoyer-Tomic y Rainham (2001) reconocen que existen diversas variantes para determinar por esta vía el estrés térmico del individuo: o sea, utilizando índices univariados, bivariados y multivariados.

Las magnitudes univariadas ilustran generalmente puntos de vista subjetivos, sobre los cuales se espera que ocurran ciertos efectos en la salud. Ejemplo de esto son los valores de temperatura media o máxima predeterminados, o la cantidad de horas o días consecutivos por encima de alguna variable específica, casi siempre asociada al régimen térmico. Al respecto, Whitman *et al.* (1997), Smoyer (1998), Nakai *et al.* (1999) y Jendritzky *et al.* (2000) opinan que los umbrales desde los cuales comienzan las afectaciones al bienestar y la salud del hombre se definen en función de las temperaturas máxima y mínima del aire, o de ambas inclusive, y de índices que tienen en cuenta también la humedad relativa del aire.

Otro enfoque relacionado con el uso de magnitudes univariadas es la no utilización de umbrales fijos, sino relativos, sobre la base de percentiles apropiados. Esto supone, atenderse más al aspecto “sociológico” del calor excesivo, en que se tiene en cuenta la adaptación al clima reinante en un determinado lugar, que al aspecto “fisiológico”, que gira en torno al proceso de termorregulación del cuerpo humano (y para el que tiene sentido considerar umbrales fijos).

Los índices bivariados relacionan usualmente la temperatura y la humedad del aire. En algunos casos tienden a incorporar algunas combinaciones de velocidad del viento y/o radiación solar, variables que intervienen en la posibilidad del cuerpo de disipar calor. En el mundo se cuenta con una gran cantidad de estudios orientados en esta dirección y algunos de ellos resaltan por sus resultados satisfactorios.

Por último, los índices multivariados tienden a incorporar algunas combinaciones de velocidad del viento y/o radiación solar, variables que afectan la posibilidad del cuerpo de disipar calor. Ej: temperatura aparente o índice de calor.

Smoyer - Tomic y Rainham (2001) , citado por Pérez (2008), afirman que los índices más complejos y representativos para enfrentar el estudio del estrés por calor son los que se apoyan en las masas de aire (Kalkstein y Greene, 1997). Las tipologías creadas con este fin emplean una combinación de variables para identificar las masas o cuerpos de aire de características similares y evaluar luego cuales de ellas se asocian con un incremento estadísticamente significativo de la mortalidad o morbilidad de las personas.

La ola de calor como extremo de sensación térmica

Con el objetivo de desarrollar la *Guía sobre la definición y monitoreo de eventos extremos del clima* en el 2015, la OMM aplicó una encuesta a los países miembros solicitando información sobre las definiciones y los criterios utilizados para caracterizar estos fenómenos en cada uno de los Servicios Meteorológicos Nacionales. La encuesta se enfocó en cuatro eventos extremos de gran impacto: ola de calor, ola de frío, sequía y lluvias intensas. De los 53 países que respondieron, 7 reconocieron no contar con criterios en ninguno de los eventos extremos analizados. La Figura 2 muestra el número de países con y sin las definiciones para cada evento extremo. Según los resultados publicados (OMM, 2016) en el caso de la ola de calor y la ola de frío, todos los países de clima tropical reconocieron que no tenían definición o criterios para esos eventos.

Los países ubicados en las latitudes más altas asumían el siguiente criterio sobre las olas de calor: *la temperatura excede cierto umbral (sobre la base de valor total o percentiles) y persiste en una cierta cantidad de días*. Por el contrario, para las olas de frío, el criterio fue que *la temperatura es menor que cierto umbral y persiste más tiempo que cierta cantidad de días*.

Como se puede ver en la Figura 1, alrededor del 65 % de los países que respondieron la encuesta poseen criterios o definiciones sobre la ola de calor, y aproximadamente el 50 % tiene criterios sobre la ola de frío. Otro aspecto interesante es que entre estos países aproximadamente el 60 % plantearon que para definir la ola de calor usaban valores absolutos de temperatura como umbrales, mientras que un 30 % utilizaban umbrales basados en percentiles. Mientras para las olas de frío la proporción fue de 60 % vs 25 %.

Ola de calor

La ola de calor (*heat wave* en inglés), es el extremo bioclimático por calor más conocido en el mundo debido a sus impactos en la salud humana. Autores como Páldy *et al.* (2005) afirman que “las olas de calor son eventos poco frecuentes, que varían en carácter e impacto aún en una misma localidad. También admite

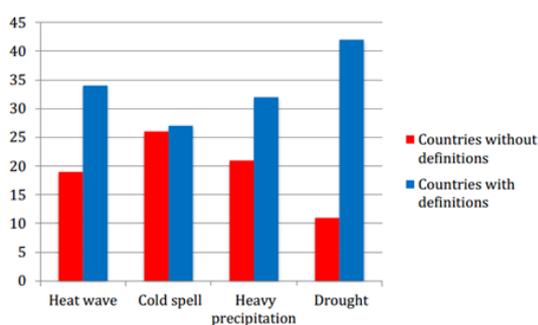


Figura 1. Resultado de la encuesta aplicada por la OMM. Fuente: OMM, 2016

que “arribar a una definición estándar de ola de calor es difícil” y expresa que “muchos países sólo tienen definiciones operativas para alertas sanitarias u otros fines”

Moço (2005), reafirma el criterio anterior y expresa que “el fenómeno ola de calor se corresponde con un período caracterizado por temperaturas anormalmente elevadas, en el cual se observa un calentamiento del aire en superficie”. También indica que “la característica esencial de una ola de calor es el registro de temperaturas anormalmente altas en relación con la época del año considerada, así como su persistencia en el tiempo”

Según Lecha *et al.* (2015) “Una ola de calor es un periodo prolongado de tiempo excesivamente cálido, que puede ser también excesivamente húmedo. El término depende de la temperatura considerada “normal” en la zona, pues temperaturas que se consideran normales para un clima cálido, pueden originar una ola de calor en una región con un clima más templado.”

Precisamente por ello los índices utilizados internacionalmente para definir la ocurrencia de este extremo meteorológico son disímiles y muy heterogéneos ya que los límites del bienestar térmico de las poblaciones cambian en sentido latitudinal. Por ejemplo, las poblaciones nórdicas presentan una adecuada adaptación al clima frío, mientras las poblaciones tropicales están mejor adaptadas al calor (Lecha *et al.*, 2015).

De forma general, tal y como se evidenció en la encuesta realizada por la OMM, los enfoques que más predominan para la definición de la ola de calor en el mundo son el uso de umbrales de temperatura máxima, como el México (Jáuregui, 2000), el del Instituto Meteorológico Real de Holanda (Huynen *et al.*, 2001), Panamá (Urriola, 2009); el empleo de umbrales basados en percentiles, como los criterios utilizados en España (Almarza, 2004; AEMET, 2017), los propuestos por Lecha *et al.* (2015) para Cuba y el Equipo de Expertos para la Detección del Cambio Climático (ETCCDI, 2016).

Estos índices y criterios solo evalúan un elemento meteorológico: la temperatura (en un grado adverso) y sus variaciones temporales, pero según Guevara (2006), existen otros enfoques y concepciones del problema. Por un lado, hay autores que analizan el

tema desde una perspectiva más general, o sea consideran el efecto de variables tales como la humedad, la radiación solar y el viento. En este sentido D'Ippoliti *et al.* (2010) definen el fenómeno a partir de la temperatura máxima aparente ('Tappmax', en inglés), interacción entre la temperatura máxima del aire y la humedad. En los Estados Unidos de América, *Florida Storm Watch - Heat Wave* vinculan el concepto no sólo con la magnitud de la temperatura, sino con el Índice de Calor, en función de la sensación térmica percibida, al incluir el efecto de la humedad relativa.

En otra dirección están los que toman en consideración el factor meteorológico, incluso factores tales como los socioculturales y los adversos para la salud.

Así, García de Pedraza (2004), considera que para España una ola de calor “es una irrupción de aire tropical continental, inducida por un flujo del Sur o Sudeste y procedente de la región del Sahara, en el cercano continente africano” y que “suele presentarse al final de la primavera y en pleno verano”. Además, explica que en superficie sobre la región de origen se mantiene estacionario un mínimo barométrico de carácter térmico; por encima de él, a partir de los 800 a 1 000 metros, aparece un anticiclón con marcada subsidencia.

En Nicaragua, país situado en plena zona tropical, se le llama ola de calor al “estado del tiempo atmosférico determinado por la presencia de una zona de alta presión atmosférica, con vientos débiles o movimiento del aire casi nulo y por temperaturas máximas entre los 38 °C y 42 °C, con un porcentaje de humedad relativa entre los 69 y 82 %” (INETER, 2005).

Nimbus (2001) referenciado por Guevara (2006), enuncia como ola de calor al “fenómeno meteorológico adverso, asociado a un período amplio en el que se produce una subida muy significativa de temperaturas estresantes en una vasta zona geográfica, que causa temporalmente importantes modificaciones en la forma de vida de las personas y crea condiciones adversas para la salud en ciertos grupos de riesgo de individuos”. A criterio de los autores esta definición es la que más se ajusta para caracterizar este fenómeno, ya que la misma es amplia y generalizadora, no está cuantificada numéricamente, por lo que es flexible y útil desde el punto de vista conceptual. En ésta sobresalen elementos fundamentales que la diferencian de otras connotaciones asociadas a la elevación de la temperatura (periodo cálido, anomalía cálida, temperaturas altas y superiores a lo normal, etc.). Según la definición anterior, las componentes o factores característicos de las olas de calor son:

1. *Factor meteorológico:* Alude al incremento significativo de las temperaturas durante un período temporalmente amplio. En la definición se incluye expresamente el término de "adverso", lo que implica que la existencia de dicho fenómeno puede causar pérdidas humanas o generar entornos dañinos al hombre, pérdidas materiales, afectación económica

significativa, etc. Las autoridades competentes deben establecer los mecanismos adecuados para alertar a la ciudadanía sobre este tipo de eventos.

2. *Factor espacial*: Supone que el incremento en la temperatura, o del rango en la escala de sensaciones térmicas, debe afectar a grandes áreas geográficas, más allá de las unidades político - administrativas de menor nivel.
3. *Factores socioculturales*: Presupone que las modificaciones temporales en los hábitos del comportamiento de los seres humanos en estos períodos deben ser notables. Evidentemente, los cambios tienen un carácter local y van a depender en cierta forma de cómo la sociedad esté preparada para soportar la elevación de la temperatura (por su idiosincrasia, tipos de ciudades y pueblos, hábitos, formas de vida, etc.).
4. *Factores adversos para la salud*: Asume que una ola de calor se vincula con una problemática específica y adversa a la salud humana, debiéndose tomar precauciones y cuidados en grupos de individuos en riesgo (adultos mayores, niños pequeños, personas con problemas respiratorios, etc.). El aumento de ciertas enfermedades debe relacionarse con el incremento de las temperaturas.

Los autores enfatizan en que para que una elevación de temperaturas sea catalogada como ola de calor, se deben dar las cuatro condiciones simultáneamente.

En relación con los procesos asociados a la ocurrencia de *olas de calor*, también Nimbus (2001) citado por Guevara (2006) identifica tres grupos fundamentales:

- *Procesos de advección*: Las *olas de calor* más importantes son aquellas que llevan aire muy cálido desde sus orígenes (zonas desérticas y tórridas) a latitudes más altas. Es un factor fundamental para generar olas de calor persistentes y amplias.
- *Procesos de subsidencia generalizada y "tapaderas" atmosféricas*: En general, cuando el aire desciende de manera brusca o marcada desde niveles superiores a inferiores (condiciones de subsidencia) se produce entonces un calentamiento. Si, además, no existe nubosidad o es escasa, se tendrá entonces otro incremento de temperatura, esta vez por el efecto del calentamiento diurno. Normalmente, la presencia de dorsales o altas presiones muy bien definidas en todos los niveles (500 y 700 hPa) impiden que el aire recalentado de capas bajas ascienda, actuando como verdaderas "tapaderas" a los ascensos turbulentos del aire próximo a la superficie.
- *Procesos por calentamiento diurno*: Las situaciones sinópticas que no van acompañadas de nubes tienden a incrementar la temperatura en superficie, por el calentamiento propio del aire que descansa

sobre la tierra caldeada eficientemente por el sol en días despejados.

No obstante, todos estos criterios y enfoques la OMM (2015) recomienda usar una de definición práctica y cualitativa de ola de calor, quedando de la siguiente manera:

"Un tiempo anormalmente caluroso sobre una región, que persista al menos dos días consecutivos durante el período caluroso del año, sobre la base de las condiciones climáticas locales, con condiciones térmicas que sobrepasen los umbrales establecidos"

Llámesse la atención la especificación que se hace al plantear que la condición debe estar presente en el *período caluroso del año* lo cual crea una diferencia entre el término *período cálido*. Este último se define como un persistente período de tiempo anormalmente cálido. El mismo puede ser definido en relación con el 5^{to} o 10^{mo} percentil superior de la temperatura máxima de la época del año que se analice. Este ocurre generalmente durante el período frío del año y no durante el período climatológicamente caluroso (OMM, 2015).

Para reflejar cuantitativamente un evento de ola de calor, el documento citado propone que la definición debe ser complementada por la caracterización de las siguientes 4 métricas:

1. **Magnitud**: debe ser computada sobre la base de un índice o un conjunto de índices de condición (es) térmica (s) excediendo cierto (s) umbral (es). Tal índice térmico puede ser tan simple como un elemento meteorológico (ej: Tmax) o tan complicado como un índice combinado por variables múltiples como la temperatura, la humedad o incluso incluir la velocidad del viento. El umbral refleja la condición anormal o la extremidad del evento. Índices, criterios y umbrales deben ser definidos por los Servicios Meteorológicos Nacionales a la escala nacional y sub-nacional, de acuerdo con sus propias condiciones de clima y aplicaciones. Deben ser mantenidos y actualizados en una base de datos oficial; y comunicados a la OMM.
2. **Duración**: deberá permitir el cálculo de la persistencia de la ola de calor y basarse en la determinación del inicio y final del evento.
3. **Severidad**: medida que integra dos aspectos del evento, su magnitud y su persistencia.
4. **Extensión**: es calculado para informar sobre el área geográfica afectada y la extensión espacial de la ola de calor.

Tanto la severidad como la extensión de la ola de calor, deben ser monitoreados y comunicados a los usuarios para informarlos de los riesgos. Para vigilar un evento de ola de calor en la práctica, la OMM recomienda computar ciertos valores pertinentes para estas métricas y reflejar la caracterización física, temporal y espacial de la ola de calor.

Como se puede apreciar, la OMM no establece un índice determinado para distinguir la manifestación del suceso. No obstante, y los autores consideran tal propuesta como adecuada para su aplicación en Cuba al enunciar las pautas a seguir para su determinación según las condiciones climáticas de cada lugar, con la flexibilidad necesaria según las circunstancias nacionales de cada país. La propuesta mantiene el criterio de que la ola de calor, como evento extremo del clima, se presenta en la estación cálida del año y su magnitud puede ser establecida tanto a través de índices que analicen una sola variable meteorológica como por aquellos donde se combinan varias variables meteorológicas, como pueden ser los índices bioclimáticos que caracterizan las sensaciones térmicas.

Los extremos climáticos asociados a la temperatura y su influencia en la salud humana

“Los efectos del tiempo y el clima sobre el ser vivo dependen de dos factores básicos: físico y biológico. Del lado físico están la magnitud e intensidad del efecto, por ejemplo, un descenso de la temperatura ambiente de 15 °C no produce el mismo efecto si éste ocurre en 4 horas o en 4 días. Del lado biológico está la capacidad de adaptación del ser vivo, que en el caso del hombre es regulada por el proceso de homeostasis, pero cuando el impacto del factor meteorológico externo es muy fuerte, la capacidad individual de adaptación puede ser sobrepasada y se manifiestan entonces determinados efectos fisiológicos específicos, conocidos como respuestas meteoro-patológicas” (Lecha, 2013 y Lecha *et al.*, 2015).

“Se entiende por **efecto meteoro-trópico** a la acción compleja y diversa que la variabilidad del estado del tiempo produce sobre la salud de las personas, mientras que a la sensibilidad (reacción) de cada persona ante la variabilidad del tiempo se denomina **meteoro-labilidad**, y esta depende de la capacidad de adaptación de la cada individuo, que a su vez, es función de varios factores, entre ellos: el estado general de salud, factores genéticos, la edad, el sexo, la raza, la época del año, el lugar de residencia, entre otros” (Lecha, 2015).

Las relaciones entre temperatura y su afección a la salud han sido ampliamente estudiadas en la comunidad científica internacional. Trabajos como el del **Eurowinter Group (1997)** ponen de manifiesto las relaciones entre el frío y mortalidad en determinadas enfermedades relacionadas con el sistema circulatorio humano en diferentes regiones de Europa. Por su parte, **García y Alberdi (2006)** analizan la mortalidad en Madrid durante la ola de calor del 2003 determinando una relación estadística significativa y positiva entre la situación de salud de la población y la mortalidad por efecto del calor

Los impactos del calor y la mortalidad han sido ampliamente estudiados, entre otros, por (Kalkstein *et*

al. 1996; Keatinge *et al.*, 2000; Hajat, 2002 y Kovats *et al.*, 2005). Es conocido que la morbi-mortalidad presenta una dinámica estacional caracterizada por la aparición de un máximo invernal y un pico estival de menor amplitud, aunque a veces más intenso desde el punto de vista de sus efectos en salud que el exceso de morbi-mortalidad invernal (Mackenbach *et al.*, 1992 y Anderson, 1985).

El resultado de numerosas investigaciones indica que la relación entre la temperatura y la morbi-mortalidad suele tener forma de “U” o de “V” con una temperatura de mínima incidencia que varía de unos lugares a otros (Kunst *et al.* 1993, Sáez *et al.* 1995, Ballester *et al.* 1997, Alberdi *et al.* 1998, Paldy *et al.* 2005 y Lecha *et al.* 2015) y que depende de la adaptación de la población al rango de temperaturas a las que se encuentran expuestas (Curreiro *et al.* 2002 y García-Herrera, 2005)

Enfermedades relacionadas con el calor

Las enfermedades reconocidas como resultado directo de la exposición a períodos prolongados de alta temperatura ambiental son: el golpe de calor (*heat stroke*), el agotamiento por calor, el síncope y los calambres por calor (Kilbourne, 2000). Además de las ya mencionadas existen otras afecciones relacionadas con las temperaturas altas y que son padecimientos bien descritos en la medicina en los que no es necesario que aparezca una temperatura corporal elevada, tales como la tetania (contracciones dolorosas de los músculos), el edema (inflamación de partes del cuerpo por acumulación de líquido) y el sarpullido (Hernández, 2015).

Las olas de calor también incrementan la morbilidad y la mortalidad debido a otras enfermedades que ocurren aún en ausencia del estrés por calor, como por ejemplo, el infarto del miocardio.

El golpe de calor ocurre cuando la transpiración y las respuestas vasomotoras, hemodinámica y adaptativa del comportamiento son insuficientes para evitar una elevación importante en la temperatura corporal central. Algunos autores clasifican el golpe de calor según las dos manifestaciones clínicas en que se presentan: forma clásica y en relación con el ejercicio (Kilbourne, 2000, Piñeiro *et al.*, 2004)). La primera afecta típicamente a ancianos o individuos enfermos que se han expuesto a períodos prolongados de estrés por calor. Estos pacientes tienen frecuentemente algún deterioro del control termorregulador y la temperatura aumenta fácilmente con el incremento del ambiente térmico. Los ancianos muestran normalmente un descenso en la capacidad de sudar y una dificultad en la respuesta cardiovascular a la exposición al calor cuando se compara con individuos jóvenes. Sprung (1979) considera que su incapacidad para sudar eficazmente es probablemente el factor etiológico más importante.

El agotamiento por calor quizás es el más frecuente de los síndromes por hipertermia ambiental. Piñeiro *et al.* (2004) lo definen como la debilidad, fatiga, cefalea, confusión, cuadros vegetativos y anorexia en jóvenes tras ejercicios o ancianos con reserva cardíaca limitada. La temperatura suele ser menor de 38 °C y predomina la depleción de agua y sal.

Este padecimiento es mucho menos severo que el golpe de calor y su causa parece ser el desequilibrio hidroelectrolítico debido al incremento de la transpiración, como respuesta al intenso calor. De ahí que el tratamiento esté dirigido hacia su reposición y el pronóstico es generalmente bueno (Knochel, 1989).

El síncope por calor hace referencia a la pérdida súbita de conciencia en quienes no se han aclimatado al calor. La pérdida de conciencia revierte rápidamente al recostarse. Su causa parece ser una inestabilidad circulatoria debida a la vasodilatación superficial en respuesta al calor y el problema es benigno según el *National Institute for Occupational Safety and Health* (1986).

Los calambres por calor es la forma más leve y temprana de lesión por calor. Resultan de los desequilibrios electrolíticos luego de ejercicios extremos en medio del calor. Se presentan calambres musculares intermitentes de las extremidades tras el ejercicio con elevación mínima de la temperatura corporal (Piñeiro *et al.*, 2004). Suelen afectar a individuos jóvenes que pueden estar altamente aclimatados y ser capaces de perder grandes cantidades de líquidos y electrolitos por transpiración. La desproporcionada depleción de fluidos y sal lleva al desequilibrio (Knochel, 1989).

Causas de muerte

Las temperaturas muy altas pueden desbordar los mecanismos de regulación de la temperatura corporal y ocasionar graves consecuencias para la salud de las personas expuestas. Numerosos estudios han puesto de manifiesto el aumento significativo del número de fallecimientos que se produce cuando la temperatura supera un determinado umbral. De hecho, en muchas regiones y países esta es la primera causa de muerte asociada a fenómenos meteorológicos.

La mayor parte de esta mortalidad se produce en personas mayores, muchos de los cuales arrastran graves problemas de salud (cardíacos, respiratorios, etc.) que por sí mismos podrían explicar el fallecimiento, pero que se ven agravados por efecto de las altas temperaturas. De hecho, el aumento de la frecuencia cardíaca por el calor, por un lado, incrementa el trabajo del corazón; por otro, la deshidratación como consecuencia de la pérdida de líquidos aumenta la viscosidad de la sangre y favorece la formación de trombos en el aparato circulatorio. Por la misma razón el moco bronquial se hace más espeso, la expectoración más difícil y mayor la dificultad para que el aire entre en los pulmones. Todo ello puede favorecer y precipitar el fallo cardiopulmonar en personas muy mayores o que padecen insuficiencia cardíaca o respiratoria crónica.

De los síndromes ocasionados por los ambientes calientes, el golpe de calor es el único con una letalidad importante. Por tanto, uno podría suponer que la gran mayoría de muertes atribuidas al calor representa la mortalidad debida al golpe de calor. Algunos estudios apoyan esta suposición (Schuman, *et al.* (1964), Henshel *et al.* (1969), Ellis *et al.* (1980), Jones *et al.* (1982) y en algunos casos se plantea que puede ser superior al 70 % Gauss *et al.* (1917).

Schuman *et al.* (1964) encontraron que la apoplejía (infarto o hemorragia cerebral) es una causa importante de muerte atribuida al calor. Este resultado se sustenta en las evidencias de un incremento en la coagulabilidad de la sangre en personas con estrés por calor, la cual puede ser la base biológica para un incremento en la apoplejía trombótica y embólica en la época de calor (Keatinge *et al.*, 1986 y Strother *et al.*, 1986).

La frecuencia de muertes atribuidas a enfermedades cardíacas también se incrementa durante las olas de calor, principalmente debido a un incremento en las muertes por enfermedad cardíaca isquémica (Schuman, *et al.*, 1964; Bridger *et al.*, 1968; Applegate *et al.*, 1981; Henshel *et al.*, 1969; Schuman, *et al.*; 1972 y Gover, 1938). Estos investigadores subrayan la importancia del calor como factor que exagera los problemas cardíacos previos y refuerza la opinión de que el golpe de calor no siempre es la causa principal del exceso de muertes durante estos eventos extremos.

Muchos decesos no son el resultado claro y directo de una mayor carga de estrés por calor, ni tampoco clasifican en las categorías de enfermedad mencionadas. Han sido vistas como un aparente exceso de muertes por una amplia variedad de causas subyacentes (por ejemplo, nefritis, diabetes) que no tienen ninguna relación obvia con el calor. El exceso de mortalidad en cada una de esas categorías no ocurre consistentemente durante las olas de calor. Además, cada diagnóstico tiende a ocasionar una relativamente pequeña proporción del exceso de muertes (Gover, 1938, Schuman, *et al.*, 1964 y Schuman, *et al.*, 1972). Se ha sugerido que la mortalidad relacionada con las olas de calor en este amplio grupo de categorías puede reflejar una facultad del estrés por calor para precipitar la muerte de personas debilitadas, que están enfermas de una gran variedad de entidades crónicas y morirían en cualquier momento futuro.

Morbilidad asociada a una ola de calor

Las enfermedades no fatales como resultado de las olas de calor se han cuantificado menos que las muertes. No obstante estudios realizados por Jones *et al.* y Applegate *et al.* en la década del 80 del siglo XX en Estados Unidos, mostraron estadísticas relacionadas con la admisión de pacientes consultados que llegaban a las salas de urgencia por enfermedades relacionadas con el calor. La pérdida de conciencia fue una queja frecuente y afectó a casi la mitad de los pacientes vistos en el hospital de Memphis, (Applegate *et al.*, 1981). Los mareos, las náuseas y los calambres fueron otros síntomas comunes.

Principales índices/indicadores de extremos climáticos asociados a las temperaturas

Según Goguishvili (1969), referido por Lecha *et al.* (1988), la Sensación de Calor Sofocante fue propuesto como parámetro de utilidad para conocer el grado de estrés térmico en los climas cálidos y húmedos. Este índice expresa el grado de incapacidad del medio aéreo para evaporar el sudor de la superficie de la piel del ser humano, por lo que constituye un indicador del poder de refrescamiento natural del cuerpo humano.

El indicador Condición de Calor Intenso (CCI), propuesto por Guevara (2006), permite la evaluación de los extremos bioclimáticos vinculados con el calor. Representa "aquella condición donde, subjetivamente, las sensaciones térmicas por excesivo calor 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 genera sobre la base de las sensaciones térmicas de las personas en horarios contrastantes del día (07:00 y 13:00 horas del meridiano 75°W), según los valores de los índices de temperatura efectiva y temperatura efectiva equivalente.

El índice formulado por Almarza *en el 2004*, con el propósito de caracterizar, incluso vaticinar, la llegada del fenómeno ola de calor, se sustenta en el cálculo de los percentiles 95% de las temperaturas máximas diarias, y de las máximas y mínimas absolutas de los meses del verano en localidades con influencia marítima, como criterios umbrales para lanzar alertas por ola de calor en una región determinada. Lógicamente, en estos eventos existe una tendencia general y mantenida de subida de las temperaturas, no solo de las máximas, sino las correspondientes a cualquier hora del día y, sobre todo las mínimas nocturnas, que pueden superar los límites de las temperaturas medianamente soportables para conciliar el sueño (22 - 25° C ó más).

Este índice no tiene en cuenta exactamente el valor de la variable, sino que trabaja con valores percentílicos muy altos, por ello resulta apropiado. A ello le favorece el hecho de que el mismo incorpora indirectamente el análisis de la oscilación térmica diaria de los valores extremos, junto con las características propias de cada localidad, a partir de la distribución percentilica, lo que significa que pueda ser aplicado para cualquier región del planeta, independientemente de su ubicación geográfica (Estrada, 2011).

Otro de los métodos utilizados en España para la definición de la ola de calor utiliza igualmente los percentiles como umbrales, pero esta vez es el percentil 95 de la temperatura máxima en los meses de julio y agosto definiendo como "episodio cálido" el período de 3 o más días consecutivos en que se supera este valor. Aspecto interesante de esta metodología es que además incorpora el análisis de la extensión espacial del fenómeno, definiendo como ola de calor el período de 3 o más "días cálidos" consecutivos, considerando como tal aquel en que el 10 % de las estaciones anali-

zadas estén dentro de un "episodio cálido" (AEMET, 2017). Esta metodología también incluye la caracterización de la ola de calor determinando su duración, intensidad y áreas afectadas.

El criterio analizado por Urriola *para Panamá en el 2009*, evalúa el comportamiento de las temperaturas máximas por décadas, agrupando los valores de la variable por rangos que van desde los 30° C, con una amplitud de 1° C, hasta los límites superiores determinados por los valores más altos de las series. Calcula la frecuencia con que se repitieron los valores de la variable para cada uno de estos rangos. Luego contabiliza estos resultados, según los siguientes criterios:

Criterio A: Dos días consecutivos en que el valor de la temperatura máxima esté dentro de los rangos determinados como límites.

Criterio B: Tres días consecutivos en que el valor de la temperatura máxima esté dentro de los rangos determinados como límites.

Este criterio permite hacer un análisis del comportamiento de la temperatura máxima por décadas y fue evaluado en la misma zona geográfica de Cuba, donde las características climáticas responden a un clima tropical muy similar al nuestro. El mismo fue aplicado por Estrada (2011) en algunas estaciones meteorológicas de Cuba mostrando un incremento de la frecuencia de temperaturas máximas en los rangos a partir de los 32°C en las dos últimas décadas, constituyendo un signo llamativo para Cuba. Cuando estos máximos se extienden por más de tres días, se afecta el bienestar de las personas, con un aumento de las sensaciones de intenso calor en la población. Cabe recordar que la temperatura de la piel es de alrededor de 33 °C y que el paso de la temperatura del aire por encima de ese valor está muy relacionado con el rápido deterioro del confort de las personas.

El criterio planteado por la OMM y referenciado por Jáuregui (2004), analiza la ola de calor a partir de un período de tres o más días en los cuales la temperatura máxima excede los 32° C o más en México, un país de latitudes medias cercano a Cuba, pero con características climáticas diferentes a las nuestras. El estudio realizado por Estrada (2011) mostró que este índice no es apropiado para Cuba pues, aunque este índice tiene como umbral de temperatura máxima un valor más alto que otros tomados como referencia en otros países, tampoco discrimina correctamente los altos valores de temperatura máxima que se registran en las estaciones cubanas, dadas sus características.

Lecha *et al.* (2015) propone una definición del período de incubación de una ola de calor para la población de Cuba a partir del cálculo de las sumas de las temperaturas extremas y medias diarias, en grupos de 3, 5 y 7 días sucesivos. De esta forma se valora el efecto acumulativo del régimen térmico diario, diurno o nocturno, indistintamente, sobre el sistema termorregulador del hombre y estimar correctamente su capaci-

dad potencial para generar estrés por calor intenso entre la población más vulnerable, al sobrepasar determinados umbrales máximos. Para establecer este umbral crítico máximo que pudiera indicar la ocurrencia de episodios de intenso estrés térmico y que cumplieran con la definición de “ola de calor”; consideró el valor del 90 percentil de las distribuciones estadísticas de las temperaturas máximas, mínimas y medias diarias, así como las sumas respectivas de temperatura para cada uno de los intervalos de 3, 5 y 7 días sucesivos.

En la última década un nuevo set de indicadores climáticos ha ganado prominencia en el estudio de los extremos climáticos. Los 27 indicadores propuestos por el Equipo de Expertos para la Detección del Cambio Climático (ETCCDI, 2016), también incluyen el uso de los percentiles como umbrales para evaluar los extremos climáticos.

En particular, en el estudio de las olas de calor, el más popular indicador es la Duración del período cálido (WSDI). Este indicador expresa el total de días, en intervalos de por lo menos 6 días consecutivos, en que la temperatura máxima es mayor al 90 percentil respecto a la norma. Este indicador ha sido utilizado tanto en latitudes medias, como en la zona tropical.

El estudio de los extremos climáticos por calor en Cuba

“En las condiciones de Cuba, cuya población está bien adaptada al calor, no existen referencias de ocurrencia de olas de calor en el sentido antes descrito. O sea, hace mucho calor en el verano, pero hasta ahora esa condición estacional del clima local sólo se ha relacionado con aumentos del consumo energético, la disminución de las producciones agropecuarias, limitaciones para realizar ejercicios físicos y trabajos fuertes al aire libre y la ocurrencia de algunas enfermedades transmisibles como las diarreas agudas, pero no existen reportes de aumentos de la mortalidad general o por causas específicas asociados a olas de calor en el país” (Lecha *et al.*, 2015).

Tradicionalmente el Instituto de Meteorología de Cuba ha manifestado la opinión de que en nuestro país “no puede hablarse de ola de calor, porque ese fenómeno se refiere a situaciones atmosféricas muy particulares que ocurren en latitudes medias y zonas continentales, donde las temperaturas alcanzan valores extremos por encima de los 40°C, lo que unido a la baja humedad reinante, provocan la muerte de personas por deshidratación y otras causas”. (Dr. Ramón Pérez Suárez en Artículo del diario Granma, 24 junio de 2004).

Más recientemente, el mismo investigador ratificó que: “En el caso específico de Cuba, su condición insular hace sumamente improbable la ocurrencia de tales eventos, pues la brisa marina siempre será un factor atenuante para que no se registren escenarios tan extremos, a lo cual se suma el usual refrescamien-

to de la atmósfera causado por las típicas lluvias de las tardes veraniegas”. (Artículo del diario Granma, 22 julio de 2018)

No obstante, resultados obtenidos por González (2005) arrojaron que, en Casablanca, La Habana, la cantidad de días cálidos presenta una tendencia creciente significativa durante el período 1961 - 2003, constatada en la mayor parte del verano, al igual que en noviembre y diciembre. También crecen significativamente los valores del indicador de duración de episodios cálidos (WSDI) reportados en esa estación en el mismo intervalo, encontrándose períodos entre 6 y 11 días, con un valor máximo en 2003. En general, en los últimos años se ha experimentado un calentamiento notable en nuestra área, con mayor frecuencia de días muy cálidos agrupados consecutivamente, como señalan Centro Nacional del Clima (1998; 1999a; 1999b; 2004).

Por su parte, Guevara (2006) también consideró que “en Cuba no se habían producido olas de calor hasta ese momento, aunque no debía asegurarse de forma categórica que este fenómeno no constituyera un problema para el país, o que no se producirían en un futuro”. Insistió en que, si se aplicasen definiciones usadas internacionalmente, las condiciones extremas por calor en el país sin duda clasificarían dentro de las reconocidas como propias de una ola de calor en diferentes regiones o países, dentro y fuera del área geográfica.

Más adelante, Estrada (2011) concluyó que, en los años más recientes, “se ha producido en Cuba la aparición o incremento de episodios con características semejantes a las olas de calor, aun cuando no se hayan registrado consecuencias catastróficas”. Además, recomienda el WSDI, el CCI y el índice propuesto por Almarza (2004) como los más adecuados para caracterizar las condiciones extremas por calor en nuestro país.

La Segunda Comunicación Nacional de Cuba sobre el Cambio Climático (2012) plantea que se ha producido un aumento de los episodios de extremos térmicos en el país, expresados en el incremento significativo en la cantidad de días con temperaturas máximas por encima del 90 percentil (Tx90), la cantidad de días con temperaturas máximas por encima de los 30 °C y en el total de días consecutivos, en intervalos de por lo menos 6 días, en que la temperatura máxima sobrepasó el 90 percentil (WSDI).

A escala más local se encuentran los trabajos de Castillo (2014) y Castillo y Barcia (2016) los cuales demuestran la intensificación de la temporada con CCI dado el incremento de los días con estas condiciones en zonas del interior de la provincia Cienfuegos. Resultado similar obtuvieron Guevara *et al.* (2017) para la Isla de la Juventud.

En el caso del estudio realizado en la provincia Villa Clara por Lecha *et al.* (2015), se infiere que en los últimos años han ocurrido en esta provincia episodios

de estrés térmico intensos durante el verano, con la capacidad de producir efectos meteoro-patológicos específicos en la población local, incluyendo el aumento de la mortalidad en exceso, los que se pueden definir como olas de calor típicas. Estas no ocurren todos los veranos, sino bajo ciertas condiciones sinópticas que favorecen la presencia de varios días consecutivos con poca nubosidad, soleados, con vientos débiles y escasas precipitaciones, generalmente bajo la influencia de centros anticiclónicos oceánicos o en el sector divergente de las ondas tropicales.

El mes de julio del 2015 fue considerado el 3ro más cálido en el país; sin embargo, se rompieron 11 récords de temperatura máxima absoluta en Cuba y se igualaron otros 2 (BVC, julio 2015). Con excepción del ocurrido en la estación de Cienfuegos el día 6, el resto ocurrió en la última decena, evidenciando un período de varios días consecutivos con temperaturas anómalamente cálidas. Otro elemento importante que de ellos 7 igualaron o superaron los 37°C.

Para evidenciar lo ocurrido en el verano del 2015 en Cuba, los autores de este informe aplicaron uno de los criterios encontrados en la literatura para definir la ola de calor, en específico se utilizó el propuesto por AEMET (2017). Para ello utilizaron los datos de temperaturas extremas diarias de 63 estaciones meteorológicas pertenecientes al INSMET. El cálculo del percentil 95 de la temperatura máxima en el bimestre julio-agosto se hizo considerando el período climático 1981-2010.

La ola de calor, según este criterio, tuvo una duración de 7 días comenzando el 26 de julio y terminando el 1ro de agosto de 2015. Llámese la atención que desde el día 23 condiciones similares se venían presentando en el país, muy cercanas al umbral mínimo para la definición de la misma, Figura 2.

La máxima extensión de este evento se alcanzó los días 30 y 31 de julio. En este caso el 25 % de las estaciones analizadas se encontraban en un “episodio cálido”, Figuras 3 y 4.

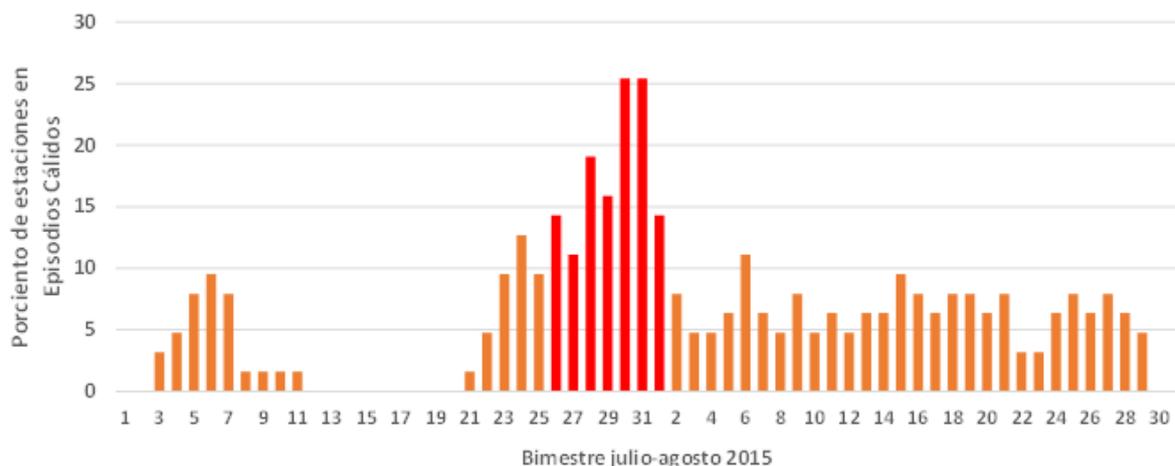


Figura 2. Ola de calor en Cuba (26 julio-1ro agosto de 2015) según el criterio del AEMET (2017).

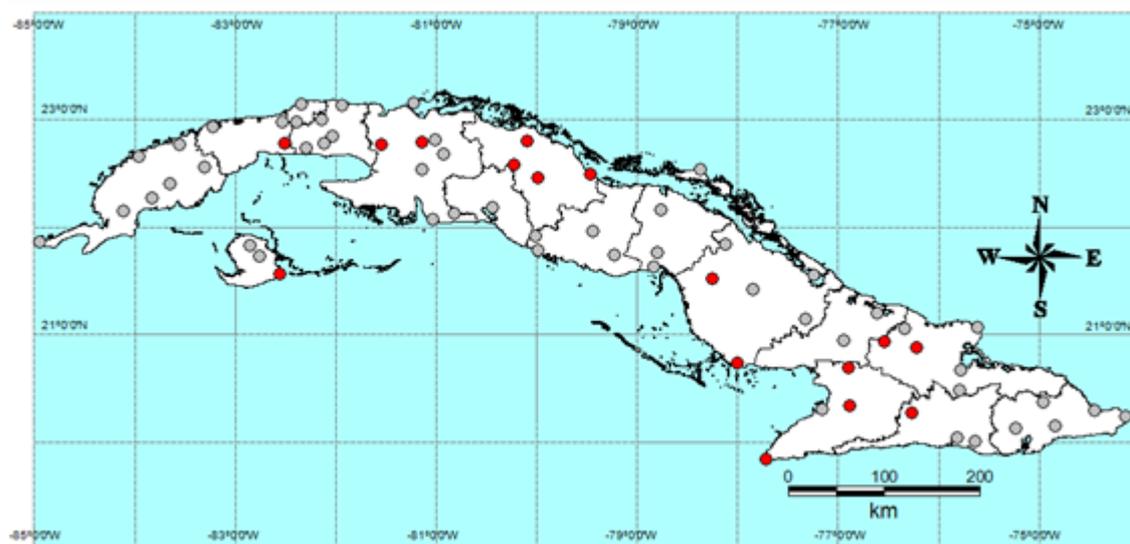


Figura 3. Estaciones meteorológicas en episodios cálidos (rojo), 30 de julio de 2015.

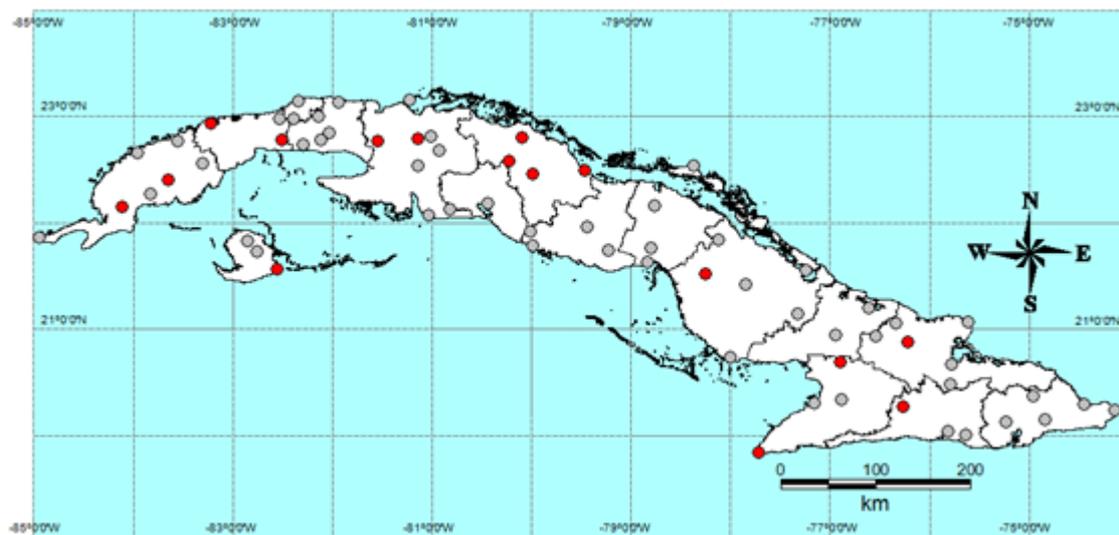


Figura 4. Estaciones meteorológicas en episodios cálidos (rojo), 31 de julio de 2015.

No obstante, a los resultados mostrados en este ejemplo los autores coinciden que, si se aplica cualquier otro de los índices o criterios basados en los percentiles, descritos anteriormente se llegaría a conclusiones semejantes.

La determinación de umbrales a partir de los cuales debe considerarse la presencia o no de la ola de calor, como se ha visto, es el aspecto más polémico del tema en cuestión. Para el caso de la ola de calor según [Nimbus \(2001\)](#), desde el punto de vista meteorológico, estos pueden dividirse en:

a) Umbrales térmicos regionales y temporales:

un criterio general al respecto puede ser: una ola de calor, durante el mes M, se define como una subida de temperatura de N grados en un período de H horas y que se mantuviera al menos D días con máximas de $T_{m\acute{a}x}$ grados y mínimas de $T_{m\acute{i}n}$ grados. Los valores térmicos, $T_{m\acute{a}x}$ y $T_{m\acute{i}n}$, deben ser tales que garanticen cierto grado de adversidad para el individuo. Ej.: una ola de calor para una región determinada, durante los meses cálidos, podría ser aquella en que existe un aumento de temperatura de 6°C en 24 horas, alcanzándose máximas de 40°C y mínimas de 25°C durante al menos 2 días.

Al respecto, también se han desarrollado varias metodologías que incluyen el uso de umbrales relativos basados en los percentiles de las temperaturas extremas para definir el fenómeno, como el de [Almarza \(2004\)](#), [ETCCDI \(2016\)](#), [AEMET \(2017\)](#), [Lecha et al. \(2015\)](#) entre otros.

b) Índices de calor y temperaturas aparentes: Se basa en el punto de vista del "confort ambiental o de la tensión térmica y de humedad que soportan los seres humanos". Presupone la inclusión de otros elementos del clima (humedad, viento, radiación solar). Dentro de ellos se encuentran las llamadas temperaturas efectivas y aparentes del aire.

En este sentido se incluyen las definiciones enunciadas por D'Ippoliti en Europa y el Sistema de Vigilancia de Olas de Calor de Estados Unidos que usan la temperatura aparente y el índice de calor respectivamente.

c) Por su impacto en la salud: Está entre los criterios más utilizados al momento de determinar los umbrales desde los cuales comienzan las afectaciones al bienestar y la salud del hombre. Por ejemplo, en este caso figuran las temperaturas máximas diarias a partir de las cuales se observa un incremento acusado de la mortalidad en las personas.

Para la aplicación del mismo resulta necesario contar con estadísticas de salud que incluyan no solo datos sobre la mortalidad y sus causas sino también datos sobre la morbilidad asociada a las enfermedades descritas en la literatura que son producidas por el calor. Según [Campbell et al. \(2018\)](#) en los estudios que relacionan la ola de calor y su impacto en la salud predominan aquellos que evalúan la mortalidad como principal indicador. Y es que la mortalidad es usada como una medida contundente del impacto de la ola de calor en la población ([Chan et al., 2001](#)) mientras que la morbilidad es una medida más sutil ([Bi et al., 2011](#)) y su análisis depende de la existencia de estadísticas de salud más específicas. Por otro lado, la investigación sobre cómo el calor extremo afecta la productividad o rendimiento de trabajadores que laboran al aire libre; el consumo energético; entre otros impactos, está menos explorada, sin embargo, tiene el potencial de afectar la economía.

Las investigaciones relacionadas con el impacto en la salud de las olas de calor son poco frecuentes en los climas tropicales. En la revisión hecha por [Campbell et al. \(2018\)](#) se encontraron estudios realizados en Viet Nam, la India, Puerto Rico y Burki-

na Faso. Estos autores afirman que los resultados combinados de estos estudios tienden a sugerir que las regiones tropicales también son propensas a los impactos en la salud relacionados con el calor extremo, pero se necesita una mejor caracterización de los riesgos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la presente reseña es posible constatar la diversidad de acepciones, conceptos, criterios, índices e indicadores presentes en el ámbito internacional y nacional con respecto a los extremos bioclimáticos relacionados con el calor y su influencia en la salud. Sin una visión propia, ajustada a las condiciones tropicales insulares del archipiélago cubano y, además, sobre la base del devenir histórico y el estado actual del conocimiento local, regional y mundial, resultaría imposible ofrecer una valoración seria, coherente y sólida de esta problemática en el país. Así, se dificultaría su reconocimiento y la toma de acciones apropiadas para enfrentarla con éxito.

De acuerdo a la revisión realizada se considera apropiado para el estudio de los extremos térmicos por calor en Cuba analizar el Índice de Calor Sofocante y el indicador de Condición de Calor Intenso además de los criterios de ola de calor que toman en cuenta umbrales basados en percentiles de manera que pueda ser definido un criterio para el país basado en el comportamiento de las sensaciones térmicas. De esta manera se podrá disponer en una primera aproximación las condiciones extremas por calor potencialmente capaces de producir efectos meteoro-tropicos peligrosos sobre la población vulnerable en Cuba.

REFERENCIAS

- AEMET 2017. *Olas de calor en España desde 1975*. Servicio de Banco Nacional de Datos Climatológicos, España: Agencia Estatal de Meteorología, 15 p. Available: <https://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/estudios/Olas_Calor_ActualizacionOctubre2017.pdf> [Consulted: Septiembre 5, 2018]
- Alberdi, J. C.; Díaz, J.; Montero J. C. & Mirón, I. J. 1998. "Daily mortality in Madrid community 1986-1992: Relationship with meteorological variables". *European Journal of Epidemiology*, 14(6): 571-8.
- Almarza, C. 2004. "Olas de calor en España". *Ambienta*, pp.58-59.
- Applegate, W. B.; Runyan, J. W. Jr.; Brasfleid, L.; Williams, M. L.; Konigsberg, C. & Fouche, C. 1981. "Analysis of the 1980 heat wave in Memphis". *Journal of the American Geriatrics Society*, 29(8): 337-42.
- ASHRAE, 1997. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers Handbook Fundamentals Volume, Chap. 8. Thermal Comfort, 8.1-8.28
- Ballester, F.; Corella, D.; Pérez-Hoyos, S.; Sáes, M. & Hervás, A. 1997. "Mortality as a function of temperature. A study in Valencia, Spain 1991-1993". *International Journal of Epidemiology*, 26(3): 551-61.
- Bi, P.; Williams, S.; Loughnan, M.; Lloyd, G., Hansen, A.; Kjellstrom, T.; Dear, K. & Saniotis, A. 2001. "The effects of extreme heat on human mortality and morbidity in Australia: implications for public health". *Asia Pac. J. Public Health*, 23 (2 SUPPL).
- Bridger, C.A. & Helfand, L.A. 1968. "Mortality from heat during July 1966 in Illinois". *International Journal of Biometeorology*, 12(1): 51-70.
- Campbell, S.; Remenyi, T. A.; White, C. J. & Johnston, F. H. 2018. "Heatwave and health impact research: A global review". *Health & Place*, 53: 210-218.
- Castillo, C. 2014. *Sensaciones térmicas y extremos bioclimáticos por calor en la provincia Cienfuegos*. Tesis de Licenciado, La Habana: Instituto Superior de Tecnología y Ciencias Aplicadas, 80 p.
- Castillo, C. y Barcia, S. 2016. Condiciones de calor intenso en la provincia de Cienfuegos, Cuba. *Revista Cubana de Meteorología*, 22(1): 26-38, ISSN: 0864-151X.
- Centro Nacional del Clima: Boletín de la Vigilancia del Clima. Centro del Clima; Instituto de Meteorología; Agencia del Medio Ambiente; Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. República de Cuba. Vol. 27/Nº 7, Julio 2015, ISSN - 1029 - 204.
- Chan, N. Y.; Stacey, M. T.; Smith, A. E.; Ebi, K. L. & Wilson, T. F. 2001. "An empirical mechanistic framework for heat-related illness". *Climate Research*, 16 (2): 133-143.
- Curreiro, F. C.; Heiner, K. S.; Samet, J. M.; Zeger, S. L.; Strug, L. & Patz, J. A. 2002. "Temperature and mortality in 11 cities of the Eastern of the United States". *American Journal of Epidemiology*, 155(1): 80-87.
- Ellis, F. P.; Prince, H. P.; Lovatt, O. & Whittington, R. M. 1980. "Mortality and morbidity in Birmingham during the 1976 heatwave". *Q J Med*, 49(1): 1-8. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.qjmed.a067600>
- Estrada, Y. 2011. *Análisis de índices de ola de calor en las condiciones de Cuba*. Tesis de Licenciado, La Habana: Instituto Superior de Tecnología y Ciencias Aplicadas, 56 p.
- ETCCDI (Expert Team on Climate Change Detection and Indices). 2016. Climate and Ocean - Variability, Predictability, and Change. [Consultado: 24 de febrero de 2018], Available: <

- <http://www.clivar.org/clivar-panels/etccdi/indices-data/indices-data> >.
- Eurowinter Group 1997. "Cold Exposure and Winter Mortality from Ischaemic Heart Disease, Cerebrovascular Disease, Respiratory Disease, and All Causes in Warm and Cold Regions of Europe". *Lancet*, 349: 1341-1346, [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(96\)12338-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(96)12338-2)
- Fanger, P.O. & Jonassen, N. 1974. *Physical parameters of living and working quarters of man*. Prog. Biometeorol. 1.
- García de Pedraza, L. 2004. "Contrastes térmicos atmosféricos. Invasiones frías - olas de calor". *Revista del Aficionado a la Meteorología*. 18 (Febrero), Available: < <http://www.meteored.com> >, [Consulted: 17 de septiembre de 2018].
- García, J. C. y Alberdi, J. C. 2006. "Mortalidad en la ciudad de Madrid durante la ola de calor del verano 2003". *GeoFocus*, 5: 19-39. Available: < https://www.researchgate.net/publication/28097372_Mortalidad_en_la_ciudad_de_Madrid_durante_la_ola_de_Calor_del_verano_de_2003 >, [Consulted: 12 de octubre de 2018].
- García-Herrera R.; Díaz J.; Trigo R. M. & Hernández, E. 2005. "Extreme summer temperature in Iberia: health impacts and associated synoptic conditions". *Annales Geophysicae*, 23: 239-251.
- Gauss, H. & Meyer, K.A. 1917. "Heat Stroke: a report of 158 cases from Cook County Hospital, Chicago". *American Journal of Medical Science*, 104(547): 554-564.
- Givoni, B. 1989. Urban design in different climates. WCAP-10, WMO/TD-NO. 346.
- Goguishvili, K. S. 1969. Las zonas de calor sofocante en el planeta. In *Fundamentos de la Geografía Física de Georgia* (p. 257). Tbilisi: Editorial AC - RSFG.
- González, A.; Diez, A. M.; Martín, M. S.; Vega, B. y De la Puente, A. 2015. *Manual práctico de climatización en edificios*. Editorial Paraninfo
- González, I. 2005. Evaluación de índices climáticos extremos derivados de datos diarios. Tesis de Maestría, La Habana: Instituto Superior de Tecnología y Ciencias Aplicadas, 102 p.
- Gover, M., 1938. "Mortality during periods of excessive temperature". *Public Health Reports*, 53: 1122-43.
- Granma (2000 - 2018): Diversos artículos. Órgano oficial del Comité Central del Partido Comunista de Cuba (Diario). ISSN - 0864 - 0424.
- Griffiths, G. M.; Salinger, M. J. & Leleu, I. 2003. "Trends in extreme daily rainfall across the south Pacific and relationship to the south Pacific convergence zone". *International Journal of Climatology*, 23: 847-869.
- Guevara, A. V. 2006. *Las condiciones de calor intenso como indicador de extremos bioclimáticos en Ciudad de La Habana*. Tesis de Maestría, La Habana: Instituto Superior de Tecnología y Ciencias Aplicadas, 110 p.
- Guevara, V.; León, A. y Hernández, D. 2017. "Sensaciones térmicas en la Isla de la Juventud". *Revista Cubana de Meteorología*, 23(3): 328-340, ISSN: 0864-151X.
- Hajat, S.; Kovats, R. S.; Atkinson, R. W. & Haines, A. 2002. "Impact of hot temperatures on death in London: a time series approach". *Journal of Epidemiology & Community Health*, 56(5): 367-372.
- Hernández, J. 2015. "Ahí está el calentamiento..." *Periódico Granma*, La Habana.
- Huynen, M. M.; Martens, P.; Schram, D.; Weijenberg, M. P. & Kunst, A. E. 2001. "The Impact of Heat Waves and Cold Spells on Mortality Rates in the Dutch Population". *Environmental Health Perspectives*, 109(5): 463-470.
- INETER 2005. Temperaturas máximas y olas de calor en el período seco de Nicaragua. Nota de Prensa # 7 - 15 de marzo de 2005. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. <http://www.ineter.gob.ni/>
- IPCC, 2012. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp
- IPCC, 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth 1412 Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M., Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, 1414 Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, doi: [10.1017/CBO9781107415324](https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324).
- Jáuregui, E. 2000. *El clima de la ciudad de México*. 1ra ed. México D.F. Plaza y Valdés editores. 129 p.
- Jáuregui, E. 2004. Heat Waves in Northern Mexico. Center of Atmospheric Sciences, National University Mexico. Circuito Exterior. Cd. Universitaria C.P. 04510, México D. F. Aceptado por Merchavim, Israel Oct, 2 p.
- Jendritzky, G.; Staiger, H.; Bucher, K.; Graetz, A. & Laschewski, G. 2000. The Percived Temperature. Internet Workshop on Wind Chill.
- Jones, T. S.; Liang, A. P. & Kilbourne, E. M. 1982. "Morbidity and mortality associated with the July 1980 heat wave in St. Louis and Kansas City, Missouri". *Journal of the American Medical Association*, 247(24): 3327-31.

- Kalkstein, L. S. & Greene, J. S. 1997. "An evaluation of climate/ mortality relationship in large U.S. cities and the possible impacts of a climate change". *Environmental Health Perspectives*, 105(1): 84-93.
- Kalkstein, L. S.; Jamason, P. F.; Scott, G.; Libby, J. & Robinson, L. 1996. "The Philadelphia hot weather-health watch/warning system: development and application, summer 1995". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77(7): 1519-1528.
- Keatinge, W. R.; Coleshaw, S. R. K.; Easton, J. C.; Cotter, F.; Mattock, M. B. & Chelliah, R. 1986. "Increased platelet and red cell count, blood viscosity, and plasma cholesterol levels, during heat stress, and mortality from coronary and cerebral thrombosis". *American Journal of Medicine*, 43: 353-60.
- Keatinge, W. R.; Donalson, G. C.; Cordioli, E.; Martinelli, M.; Kunst, A. E.; Mackenbach, J. P.; Nayha, S. & Vuori, I. 2000. "Heat related mortality in warm and cold regions of Europe: observational study". *British Medical Journal*, 321: 670-673.
- Kilbourne E. M. 2000. Oleadas de Calor y Ambiente Calurosos. En "Impacto de los Desastres en la Salud Pública" (OPS; 2000; 460 páginas) pp. 245-268.
- Klein, A. M. G. & Können, G. P. 2003. "Trends in Indices of Daily Temperature and Precipitation Extremes in Europe, 1946-99". *Journal Climate*, 16: 3665-3680.
- Knochel, J. P. 1989. "Heat stroke and related heat stress disorders". *Dis Mon*; 35: 301-78.
- Kovats, R. S. & Koppe, C., 2005. Heat waves: past and future impacts on health, in Ebi, K. L., Smith, J.B. y Burton, I. (Eds.): *Integration of Public Health with Adaptation to Climate Change*. Taylor & Francis, Leiden, pp. 136-160.
- Kunst, A. E.; Looman, C. W. N. & Mackenbach, J. P. 1993. "Outdoor air temperature and mortality in The Netherlands: a time series analysis". *American Journal of Epidemiology*, 137(3): 331-41.
- Labajo, J. L.; Martín, Q.; Labajo, A. L.; Piorno, A.; Ortega, M. T.; & Morales, C. 2008. "Recent Trends in the Frequencies of Extreme Values of Daily Maximum Atmospheric Pressure at Ground Level in the Central Zone of the Iberian Peninsula". *International Journal of Climatology*, 28: 1227-1238.
- Labajo, J. L.; Martín, Q.; Piorno, A.; Labajo, A. L.; Morales, C.; y Ortega, M. T. 2004. Primeros resultados del análisis del comportamiento de los valores extremos de la presión atmosférica, a nivel del suelo, en Castilla y León. En *El Clima entre el Mar y la Montaña*. García Codrón J.C., Diego C.; Fernández de Arróyabe P., Garmendia C. y Rasilla D. (Eds.), Publicaciones de la AEC, Serie A, nº 4, 313-321.
- Lecha, L. B. 1988. *Los recursos climatoterapéuticos de Cuba*. La Habana: Dpto. de Climatología. Instituto de Meteorología de La Academia de Ciencias de Cuba.
- Lecha, L. B. 2013. *Elementos Básicos de la Biometeorología Humana: curso de posgrado*. La Habana: Escuela Latinoamericana de Medicina.
- Lecha, L. B.; García, D. M. y Carvajal, E. 2015. "¿Ocurren olas de calor en Cuba?" *Revista Espaço & Geografia*, 18(3): 517-541.
- León, A. 1988. *Las sensaciones de calor en el occidente de Cuba*. Tesis de Licenciado, La Habana: Universidad de la Habana, 28 p.
- Mackenbach, J. P.; Kunst, A. E. & Looman, C. W. N. 1992. "Seasonal variation in mortality in The Netherlands". *Journal Epidemiology Community Health*, 46: 261-265.
- Manton, M. J.; Della-Marta, P. M.; Haylock, M. R.; Hennessy, K. J.; Nicholls, N.; Chambers, L. E.; Collins D. A.; Daw, G.; Finet, A.; Gunawan, D.; Inape, K.; Isobe, H.; Kestin, T.S.; Lefale, P.; Leyu, C.H.; Lwin, T.; Maitrepierre, L.; Ouprasitwong, M.; Page, C. M.; Pahalad, J.; Plummer, N.; Salinger, M. J.; Suppiah, R.; Tran, V.L.; Trewin, B.; Tibig, I. & Yee, D. 2001. "Trends in extreme daily rainfall and temperature in Southeast Asia and the South Pacific: 1961-1998". *International Journal of Climatology*, 21: 269-284.
- Moço, S. M. 2005. *Paroxismos térmicos e desconforto bioclimático em Portugal Continental - Incidência, causas sinópticas e contrastes espaciais - o caso particular das vagas de calor*. Tesis de Maestría, Portugal: Universidad de Coimbra.
- Nakai, S.; Itoh, T.; & Morimoto, T. 1999. "Deaths from heat-stroke in Japan: 1968-1994". *International Journal of Biometeorology*, 43(3): 124-127.
- Nimbus, 2001. *Olas de calor. Consideraciones básicas*. Junio 2001. Versión 1.0. <http://www.meteored.com/articulos/artolocalor.htm>
- Oke, T. R. 1978. *Climates of Animals. The Humans*. In *Boundary Layer Climates* (First Edition). Methuen y Co. Ltd.
- OMM 1999. *El tiempo, el clima y la salud humana* (No. 892) (p. 36). Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial.
- OMM 2011. *Guía de Prácticas Climatológicas*. Edición 2011. OMM Nº 100
- OMM 2015. *Guidelines on the definition and monitoring of extreme weather and climate events*. Draft version - first review by tt-dewce december 2015.
- Páldy, A.; Bobvos, J.; Vámos, A.; Kovats, S. & Hajat, S. 2005. The Effect of Temperature and Heat Waves on Daily Mortality in Budapest, Hungary, 1970 - 2000. In: *Extreme Weather Events and Public Health Responses*. Eds: Kirch, W.; Menne, B. and Bertollini, R. Springer. pp. 99 - 107. 2005.

- Pérez, L., 2008. *Las condiciones de calor intenso en el municipio Cienfuegos*. Tesis de Licenciado, La Habana: Instituto Superior de Tecnología y Ciencias Aplicadas, 68 p.
- Piñeiro, N.; Martínez, J. L.; Alemparte, E. y Rodríguez, J. C. 2004. "Golpe de calor". *Emergencias*, 16: 116-125.
- Sáez, M.; Sunyer, J.; Castellsagué J.; Murillo, C. & Antó, J.M. 1995. "Relationship between weather temperature and mortality: a time series analysis approach in Barcelona". *International Journal of Epidemiology*, 24(3): 576-82.
- Salinger M. J. & Griffiths G. M. 2001. "Trends in New Zealand daily temperature and rainfall extremes". *International Journal of Climatology*, 21: 1437-1452.
- Schuman, S. H. 1972. "Patterns of urban heat-wave deaths and implications for prevention: data from New York and St. Louis during July, 1966". *Environment Research*, 5: 59-75.
- Schuman, S. H.; Anderson, C.P. & Oliver, J. T. 1964. "Epidemiology of successive heat waves in Michigan in 1962 and 1963". *Journal of the American Medical Association*, 189(10): 733-738.
- Smoyer - Tomic, K. E. & Rainham, D. G. C. 2001. "Beating the Heat: Development and Evaluation of a Canadian Hot Weather Health - Response Plan". *Environmental Health Perspectives*, 109: 1241-1248.
- Smoyer - Tomic, K. E. 1998. "A Comparative Analysis of Heat Waves and Associated Mortality in St. Louis, Missouri - 1980 and 1995". *International Journal of Biometeorology*, 42(1): 44-50.
- Sprung, C. L. 1979. "Hemodynamic alterations of heat stroke in the elderly". *Chest*, 75: 362-6.
- Strother, S. V.; Bull, J. M. C. & Branham, S. A. 1986. "Activation of coagulation during therapeutic whole body hyperthermia". *Thromb Research*, 43: 353-60.
- Urriola, E. 2009. *Índice de Confort, Sensación Térmica e Impacto de Olas de Calor en las Personas*. Panamá: Empresa de Transmisión Eléctrica (ETESA).
- Whitman, S.; Good, G.; Donoghue, E. R.; Benbow, N.; Shou, W.; & Mou, S. 1997. "Mortality in Chicago attributed to the July 1995 heat wave". *Annual Journal of Public Health*, 87: 1515-8.

M. Sc. *Sinaí Barcia Sardiñas* Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos. E-mail: sinaibs@gmail.com

M. Sc. *Antonio Vladimir Guevara Velazco* Sociedad Meteorológica de Cuba

Lic. *Yosdany Estrada Legrá* Centro Meteorológico Provincial de Camagüey

M. Sc. *Meylin Otero Martín* Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara

Conflictos de intereses: Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Contribución de autoría: Concepción de la idea: **Sinaí Barcia Sardiñas**. Obtención de datos y elaboración de artículo: **Sinaí Barcia Sardiñas; Yosdany Estrada Legrá; Meylin Otero Martín**. Revisión crítica: **Antonio Vladimir Guevara Velazco**.

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/)