

¿OCURREN OLAS DE CALOR EN CUBA?

**Luis B. Lecha Estela¹, Dayro M. García Herrera¹
& Elena Carvajal Ciómina²**

¹Centro de Estudios y Servicios Ambientales (CESAM)
Carretera Central 716, 50200, Santa Clara, Villa Clara, Cuba
luis.lecha@gmail.com, dayro24@nauta.cu

²Unidad de Investigaciones Biomédicas (UNIB), Universidad de Ciencias Médicas
de Villa Clara
Carretera del Acueducto y Circunvalación, 50200, Santa Clara, Villa Clara, Cuba
elenacc@ucm.vcl.sld.cu

Recibido 12 de maio de 2015, aceito 15 de julho de 2015

RESUMEN - La población cubana está adaptada a las condiciones del clima tropical, pero ante un clima futuro más cálido, es necesario considerar la ocurrencia de temperaturas muy elevadas, con la capacidad de generar “olas de calor” con efectos meteoro-patológicos específicos sobre la población local, incluyendo el aumento de la mortalidad. Se estudió la relación entre la temperatura del aire media provincial de Villa Clara en los bimestres julio-agosto desde 2001 a 2014 y el comportamiento de los datos diarios sincrónicos de mortalidad general de toda la provincia, identificándose varios períodos de días consecutivos con temperaturas extremas del aire notablemente altas, en los cuales hubo también una mortalidad en exceso significativa. Los análisis exploratorios y las correlaciones estadísticas entre las sumas de temperaturas para períodos consecutivos de 3, 5 y 7 días y la mortalidad sincrónica acumulada mejoraron en la misma medida que aumentó el período de tiempo considerado, demostrándose que la población cubana tiene un umbral de adaptación mayor al estrés por calor que el reportado en poblaciones de latitudes medias y altas, pero que sobrepasados ciertos límites críticos, también sufre la ocurrencia de efectos meteoro-patológicos extremos, dados en este caso por aumentos de la mortalidad en exceso. El análisis realizado demostró la existencia de grupos de días con régimen térmico que se corresponde con

la ocurrencia de olas de calor en algunos años, por lo que resulta cierta la posibilidad de ocurrencia de tales impactos en las condiciones actuales y futuras del clima de Cuba y de otros países del Caribe.

Palabras-clave: Biometeorología, Clima y Salud Humana, Olas de Calor, Tiempo y Mortalidad.

ABSTRACT - The Cuban population is adapted to the conditions of the tropical climate, but facing a future warmer scenario of the local climate, it will be necessary to consider the occurrence of very high temperatures, with the capacity to generate “heat waves” with specific meteor-pathological effects on the local population, including the increase of mortality. The relationship among the provincial mean air temperature of Villa Clara in the July-August period from 2001 to 2014 and the behavior of the synchronous daily data of general mortality was studied, being identified several periods of consecutive days with very high extreme air temperatures, in which a significant excess mortality was present. The exploratory analyses and the statistical correlations among the sums of temperatures for serial periods of 3, 5 and 7 days and the accumulated synchronous mortality improved in the same way that increased the longitude of the serial day period. It was demonstrated that the threshold of adaptation of the Cuban population to heat stress is higher than the limits reported in populations of middle and high latitudes, but over certain critical limits, the Cubans also suffers the occurrence of severe meteor-pathological effects due to intense heat stress, such as the increase of mortality. The analysis carried out demonstrated the existence of groups of days in some years with similar thermal régime conditions that occurs during heat waves. So, the possibility of occurrence of such impacts under the current and future conditions of the climate of Cuba and other Caribbean countries is certain.

Keywords: Biometeorology, Climate and Human Health, Heat Waves, Weather and Mortality.

INTRODUCCIÓN

El tema del calentamiento global y los posibles impactos potenciales de la variabilidad del clima sobre la salud humana viene ocupando espacios crecientes en la atención de los gobiernos, las autoridades sanitarias y la propia población.

Se reciben testimonios e informaciones debidamente fundamentadas que demuestran el importante efecto que el clima y el tiempo ya tienen en la vida del hombre y en muchas de sus principales actividades socioeconómicas. Especialmente a los efectos de las olas de calor o frío se han dedicado numerosos estudios y reportes técnicos, pues ya resulta innegable su ocurrencia, que se hace sistemática en los veranos de algunas regiones del planeta.

Los efectos del clima y el tiempo sobre el ser vivo dependen de dos factores básicos: del lado físico están la magnitud e intensidad del efecto, por ejemplo un descenso de la temperatura ambiente de 15 grados Celsius 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).

Uno de los efectos meteoro-patológicos más conocidos y recientes es el aumento de la mortalidad asociada a las “olas de calor” (Cohen *et al.*, 2005), fenómeno que ha afectado amplias zonas del planeta en años recientes, con un saldo importante de pérdidas de vidas humanas en Europa (Vandentorren y Empereur-Bissonnet, 2005) y en los Estados Unidos (Kalkstein, 1995). Según la enciclopedia digital Wikipedia (2009):

“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 considera normales para un clima cálido, pueden originar una ola de calor en una región con un clima más templado.”

Precisamente por ello, los límites del bienestar térmico de las poblaciones cambian en sentido latitudinal. Las poblaciones nórdicas presentan una adecuada adaptación al clima frío, mientras las poblaciones tropicales están mejor adaptadas al calor. En España, la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) define las olas de calor como un período de, al menos, 3 días con temperaturas ambientales superiores a los 32,3°C. En los Países Bajos se considera ola de calor al período de, al menos, 5 días consecutivos en el que la temperatura máxima en De Bilt excede 25 °C, con al menos 3 días de ese periodo de temperatura máxima en De Bilt superior a 30 °C. Igual definición es usada en Bélgica, Dinamarca y Luxemburgo. En los Estados Unidos, la canícula u ola de calor es usualmente definida como el período de 3 o más días consecutivos con temperaturas por encima de 32,2 °C. La misma definición vale para México, aunque en líneas generales el territorio mexicano soporta temperaturas superiores.

En el caso 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 diarreicas agudas, pero no existen reportes de aumentos de la mortalidad general o por causas específicas asociados a olas de calor en el país.

Entre los años transcurridos del actual siglo se encuentran los 8 años más cálidos a nivel global desde que se iniciaron los registros climáticos en 1880; y resulta lógico plantear para Cuba la hipótesis siguiente: si continúa el proceso de calentamiento global y ya ocurren olas de calor en diversas regiones de latitudes medias y altas durante el verano, es posible que en países tropicales como Cuba tengan lugar episodios estivales extremos de calor sofocante, capaces de producir efectos meteoro-patológicos específicos en la población más vulnerable.

El presente trabajo pretende analizar este interesante problema en el contexto de la población cubana, tomando como muestra la provincia de Villa Clara para comparar el comportamiento de la temperatura del aire del bimestre julio-agosto, representativo del pleno verano, con la mortalidad total diaria durante los 14 veranos del período 2001 a 2014.

PROCEDIMIENTOS EJECUTADOS

Es conocido que la temperatura del aire no es la única variable meteorológica que actúa de forma específica sobre la fisiología humana, también influyen otras variables en las sensaciones de calor del hombre; pero en el presente estudio se pondrá el énfasis en determinar si ocurren o no intensos episodios de estrés térmico, equivalentes al impacto de olas de calor sobre la población local, y por esa razón se han obviado considerar los efectos de otros elementos climáticos o variables meteorológicas sobre la salud humana.

Se consideraron dos fuentes de información fundamental para el trabajo. De una parte el archivo de mapas sinópticos digitales 2001-2014 y los datos diarios de las temperaturas extremas del aire de las cinco estaciones meteorológicas del Instituto de Meteorología ubicadas en la provincia de Villa Clara, a saber: Santa Clara (Yabú), Sagua la Grande, Caibarién, Santo Domingo y Manicaragua (La Piedra) desde 1979 al 2014. Con ayuda del archivo de mapas sinópticos digitales

se clasificaron los tipos de situaciones sinópticas (TSS) influyentes cada día en todos los bimestres de pleno verano bajo análisis. Las situaciones sinópticas se clasificaron por simple inspección, según los mapas-esquemas predeterminados de los tipos y subtipos propuestos por Lapinel (1988).

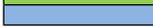
Los datos diarios de las temperaturas extremas del aire fueron clasificados según el método propuesto por Lecha y Florido (1989), que utiliza la tabla de relación del complejo temperatura máxima – temperatura mínima de cada día (Tabla 1), determinándose así las categorías, tipos y subtipos del régimen térmico correspondientes a los $868 \times 5 = 4,340$ días del bimestre julio – agosto de todos los 14 años considerados en las cinco estaciones meteorológicas.

Con los datos diarios de temperaturas máximas y mínimas se calculó la media diaria de este elemento mediante la semisuma de los valores extremos diarios,

Tabla 1: Clasificación del complejo temperatura máxima – mínima

		Máximas		<= 15	<= 20	<= 25	<= 30	<= 35	> 35
		1	2	3	4	5	6		
Mínimas	> 25	A					A4	A5	A6
	<= 25	B			B3	B4	B5	B6	
	<= 20	C		C2	C3	C4	C5	C6	
	<= 15	D	D1	D2	D3	D4	D5	D6	
	<= 10	E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	
	<= 5	F	F1	F2	F3	F4	F5	F6	

Legenda:

	Días muy cálidos
	Días cálidos con pequeña oscilación térmica
	Días cálidos con marcada oscilación térmica
	Días confortables
	Días frescos, fríos y muy fríos

método que garantiza la homogeneidad de dicho parámetro estadístico cuando existen faltas de información en los horarios nocturnos o se han reubicado algunas estaciones, como en este caso.

También se calcularon las anomalías diarias de las temperaturas extremas y media del aire en todas las estaciones, con respecto a sus medias respectivas del bimestre julio-agosto (2001-2014); y se trabajó en la definición del período de incubación de una ola de calor para la población local, pues como no hay referencias previas al respecto para Cuba, fue necesario calcular las sumas de las temperaturas extremas y medias diarias, así como en grupos de 3, 5 y 7 días sucesivos, para valorar el efecto acumulativo del régimen térmico diario, diurno o nocturno, indistintamente, sobre el sistema termorregulador del hombre y estimar correctamente su capacidad potencial para generar estrés por calor intenso entre la población más vulnerable, al sobrepasar determinados umbrales máximos.

Para establecer el umbral crítico máximo de los elementos del régimen térmico de la provincia que pudieran indicar la ocurrencia de episodios de intenso estrés térmico que cumplan con la definición de “olas de calor”, se consideró el valor del 90 percentil de las distribuciones estadísticas de las temperaturas máximas, mínimas y medias diarias provinciales, así como las sumas respectivas de temperatura para cada uno de los intervalos de 3, 5 y 7 días sucesivos. Dichos umbrales críticos fueron muy útiles para analizar la relación del régimen térmico con la mortalidad en exceso y para buscar retrospectivamente en los últimos 50 años la posible ocurrencia de episodios extraordinarios del régimen térmico, que pudieran ser considerados como “olas de calor” que pasaron desapercibidas.

Por la parte médico-epidemiológica, se trabajó con la información también diaria del registro oficial de mortalidad general y por causas de toda la provincia de Villa Clara, disponible en el Departamento de Estadísticas del Sectorial Provincial de Salud de Villa Clara; pero se utilizaron sólo los datos del bimestre

julio – agosto desde el año 2001 hasta el 2014. Se consideró, específicamente: la fecha de defunción, la edad, el sexo, el municipio donde falleció y el código de la primera causa de muerte, según el Clasificador Internacional de Enfermedades (CIE-10).

Una peculiaridad importante de la mortalidad en Villa Clara es que los registros por municipios están sesgados por las heterogéneas facilidades del sistema de atención primaria en los distintos municipios y la desigual disponibilidad de servicios de urgencia médica, especialmente para los casos más graves, con riesgo para la vida.

Muchos de los pacientes graves que sufren una crisis de salud en un municipio pequeño son trasladados a hospitales situados en otros municipios o en la propia capital provincial y si mueren, entonces aparecen reportados como fallecidos en el municipio donde ocurrió el deceso. Ello sobreestima el registro de mortalidad de los municipios con hospitales importantes y subestima las estadísticas de los municipios con menor desarrollo del sistema de salud.

Por esta razón, al comparar la mortalidad reportada en los municipios pequeños, con menos de 50,000 habitantes, pero que tienen estaciones meteorológicas (todos menos Santa Clara), con los datos del régimen térmico de esos municipios, los resultados no fueron representativos de la realidad por el subregistro de los datos de mortalidad. Tampoco son representativos de la mortalidad provincial los datos del municipio de Santa Clara solamente, por lo que fue necesario calcular la mortalidad provincial diaria en todos los bimestres julio-agosto, a partir de la suma diaria de los 13 valores municipales, para obtener un valor provincial único y ciertamente representativo.

Entonces se aplicó el mismo criterio para calcular los datos provinciales de temperatura del aire, lo que se justificó plenamente porque los efectos del

clima o del tiempo actuando como un factor externo sobre la salud humana, tienen una extensa zona de influencia. Ellos actúan sobre toda la provincia y no afectan sólo a un municipio en particular. En consecuencia, los datos diarios de las temperaturas extremas del aire en las cinco estaciones utilizadas fueron promediados para obtener también valores provinciales únicos y comparables con el registro de mortalidad.

La “mortalidad en exceso” es un indicador que se emplea para determinar el número extraordinario de fallecidos que pudiera estar asociado a determinado factor externo influyente (epidemias, guerras, migraciones, ambientales, etc.); y para el cálculo del valor límite se consideró el promedio provincial del total de fallecidos más la desviación estándar correspondiente a cada uno de los intervalos de tiempo considerados, según proponen Matzarakis y Mayer (1991).

Entonces, para establecer la posible influencia del estrés térmico intenso como factor externo predisponente del aumento de la mortalidad en exceso, se aplicó a los conjuntos de datos disponibles un filtro simultáneo con los umbrales críticos de los datos diarios y de las sumas de las temperaturas extremas del aire y de la mortalidad provincial en períodos de 3, 5 y 7 días consecutivos, lo que permitió identificar la ocurrencia sincrónica de grupos de días con mortalidad en exceso y con temperaturas extremas y medias provinciales superiores al 90 percentil en cada intervalo de tiempo.

Finalmente, se efectuó el análisis exploratorio de los datos, se confeccionaron los meteorogramas respectivos de cada estación y se realizó el análisis estadístico multivariado entre los diferentes conjuntos de datos disponibles. Los primeros resultados obtenidos se describen a continuación, aunque aún continúa el proceso de análisis de la amplia base de datos existente, lo que debe generar nuevos e interesantes resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de la mortalidad en Cuba y en Villa Clara

Cuba se encuentra entre los países de América Latina que comenzaron tempranamente la Transición Demográfica, y junto con la Argentina, Uruguay y Chile, se ubica en las etapas más avanzadas de este proceso, con una estructura demográfica invertida: actualmente casi la mitad de su población está por encima de los 50 años y la tercera parte por encima de los 60 años (ONE, 2013).

Según Valido (1993):

A partir de 1910 se inicia una declinación de la mortalidad en Cuba, que por su comportamiento anual, permite diferenciar tres períodos principales: un descenso gradual entre 1910 y 1943, una disminución más rápida entre 1944 y 1962 y una disminución lenta desde 1963 a 1990, con tasas al final de este período entre 7.5 y 6 fallecidos por cada 1,000 habitantes.

Los datos demográficos indican que a partir del año 1990 la mortalidad en Cuba entra en un período de relativa estabilidad, con valores anuales alrededor de 7 fallecidos cada 1,000 habitantes; pero a partir de los años iniciales del presente siglo se observa una tendencia al aumento que situaba la tasa bruta de mortalidad en el año 2013 en 8.3 fallecidos por cada 1,000 habitantes (MINSAP, 2014a).

La tasa de mortalidad en la provincia de Villa Clara ha venido aumentando también de forma gradual desde 1990 hasta el presente. En el año 2013 la tasa de mortalidad en los hombres era de 8.9 fallecidos por 1,000 habitantes, y entre las mujeres era de 7.6 fallecidos por 1,000 habitantes. La población de Villa Clara al cierre del año 2013 contaba con 173,554 habitantes mayores a 60 años,

equivalentes al 22 % de la población total de la provincia, lo que la convierte en la provincia más envejecida de Cuba.

En el año 2013 el total de fallecidos en Villa Clara fue de 7,168 personas. De ellos, la mortalidad entre adultos mayores a 50 años fue el 93.6 % de la mortalidad total, y para el grupo de adultos mayores a 64 años representó el 78.9 % de la mortalidad total en la provincia (MINSAP, 2014b). Resulta evidente que el grupo etario del adulto mayor es uno de los más vulnerables a los efectos potenciales del clima y el tiempo, especialmente ante la ocurrencia de eventos extremos asociados al frío o calor excesivos.

En la provincia de Villa Clara, las causas de muerte más frecuentes están asociadas a los tumores malignos (205 fallecidos cada 100,000 hab.) y a las enfermedades del corazón (210 fallecidos cada 100,000 hab.) y entre ambas representaron el 56 % del total de fallecidos en el año 2013. Si se valora la mortalidad asociada a causas que pueden estar vinculadas a la variabilidad extrema del clima o del tiempo, como son las enfermedades del corazón ya mencionadas, las cerebrovasculares, la influenza, las neumonías y las enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores, entre todas representan el 54 % del total de fallecidos, lo que hace evidente que los pacientes portadores de cualquiera de estas enfermedades constituyen también grupos de personas vulnerables a los impactos de las olas de calor o frío extremos.

Las enfermedades del corazón se agrupan en un conjunto de trastornos del corazón y de los vasos sanguíneos, que constituyen una de las causas más frecuente de invalidez y muerte prematura en el mundo. Dentro de este grupo de patologías destaca el infarto agudo de miocardio, la hipertensión arterial y las insuficiencias cardíacas, afectando fundamentalmente a los grupos de edad superiores a 65 años, sin distinción de sexo.

Las enfermedades cerebrovasculares (ECV) se definen como todo trastorno en el cual un área del encéfalo se afecta de forma transitoria o permanente por una isquemia o hemorragia, estando uno o más vasos sanguíneos cerebrales afectados por un proceso patológico, con una subsecuente discapacidad de las funciones físico-motoras del paciente.

En la provincia de Villa Clara, las ECV constituyen la cuarta causa de muerte, solo precedida por las enfermedades del corazón, los tumores malignos, la influenza y las neumonías. Presentan una tasa bruta de mortalidad de 77.5 x 100,000 habitantes (MINSAP, 2013) y las personas mayores de 65 años tienen un riesgo siete veces mayor de morir de un accidente cerebrovascular que la población en general.

La influenza y las neumonías se incluyen dentro de las infecciones respiratorias agudas. Tienen una elevada presencia en Cuba y la mortalidad por esta causa afecta, generalmente, a las personas de edad más avanzada. La influenza es una infección aguda del tracto respiratorio producida por algunos subtipos de virus influenza o virus de la gripe. La infección por el virus influenza A puede dar lugar a infección respiratoria grave y al síndrome de estrés respiratorio agudo. Se comporta de modo más agresivo en los subgrupos de pacientes cuyo sistema inmune se ve comprometido, así como en los niños menores de 5 años y adultos mayores de 65, que con gran frecuencia contraen neumonía (Marsh *et al.*, 2008).

La neumonía es una inflamación de los bronquios y los alveolos pulmonares, con una amplia gama de agentes causales. La provincia de Villa Clara presenta desde el 2009 la mayor tasa de mortalidad del país para esta causa de muerte, con un total anual de 77.2 fallecidos cada 100,000 habitantes (MINSAP, 2013).

Las enfermedades crónicas respiratorias de las vías inferiores son un grupo de patologías cuyo periodo de duración es superior a las 4 semanas, sin mejorar;

o que se presentan de forma reiterada con las mismas características en un periodo de pocos meses o años, y que pueden presentar, o no, un agente causal infeccioso. Dentro de estas patologías se incluyen el asma, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y las alergias respiratorias. En la provincia de Villa Clara se observó en el año 2013 una tasa bruta de mortalidad de 36.1 por cada 100, 000 habitantes (MINSAP, 2013).

Relación entre las condiciones sinópticas influyentes y la mortalidad diaria

En los bimestres julio-agosto del período 2001-2014 se observó la influencia casi absoluta de tipos de situaciones sinópticas característicos de esta época del año, con sólo 15 días de ocurrencia de TSS característicos de procesos extratropicales dentro de la muestra, equivalentes a 1.7 % del total de días. Los subtipos 2 y 7 fueron los predominantes, con el 46 % del total de días del período. La influencia cercana del anticiclón oceánico resultó el tipo de proceso sinóptico más frecuente, al corresponder 132 días al TSS 1 y 240 días al TSS 2, para un total de 372 días (42.9 %); 104 días al TSS 3 y 78 días al TSS 4, con 182 días de influencia lejana del anticiclón oceánico o flujo extendido (21.0 %).

En general, la influencia de altas presiones oceánicas en este bimestre del año resulta claramente predominante con una suma total de 554 días, equivalentes al 63.8 % de los casos. Además, las situaciones de gradientes de presión débiles se manifestaron en 61 días del período (7 %), la influencia de ciclones tropicales se observó en igual número de días, las ondas tropicales y hondonadas en el flujo del Este influyeron en 160 días (18.4 %), las hondonadas, líneas de tormentas y las cizalladuras en el flujo del Oeste tuvieron menor frecuencia con sólo 17 días (2%). La mayor mortalidad promedio ocurre asociada a la influencia de los TSS 1, 2, 3, 5, 8 y los subtipos extratropicales, mientras que la mínima mortalidad media diaria se observa en los subtipos 4, 6 y 7 (**Figura 1**).

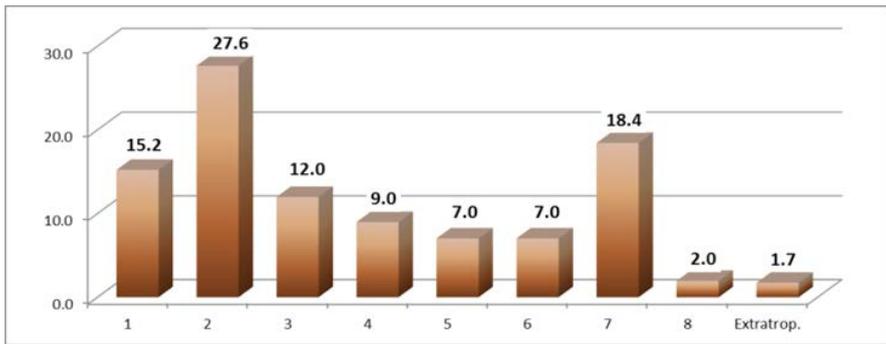


Figura 1: Frecuencia (%) de los TSS influentes en Villa Clara durante los veranos de 2001 a 2014

Más información se obtuvo al respecto cuando se calcularon los histogramas de la mortalidad diaria en función de cada TSS influente sobre la provincia. Como se observa en la **Figura 2**, las distribuciones de los casos correspondientes a los subtipos 1, 2 y 5 tiene su moda bien definida en el intervalo de 15 a 20 casos y se ajustan a una distribución normal clásica, pero en los restantes subtipos las distribuciones de los histogramas cambian de forma significativa entre los distintos TSS. Las distribuciones de los subtipos 3 y 4, correspondientes a la influencia lejana del anticiclón oceánico, muestran una dispersión notable de los casos de mortalidad, así como máximos secundarios importantes en los intervalos altos de la distribución, lo que justifica que este tipo de situación sinóptica sea el que mejor se relaciona con los máximos diarios de mortalidad, entre todos los TSS analizados.

Las distribuciones de los TSS 6 y 7 son bimodales, pero sus máximos absolutos están claramente ubicados en intervalos de mortalidad diaria inferiores a la media general, aunque en ambos TSS se observan máximos secundarios en el intervalo de 20 a 22 fallecidos, por encima de la media general de 18. Otro elemento interesante relacionado con la influencia del TSS 6 fue el notable

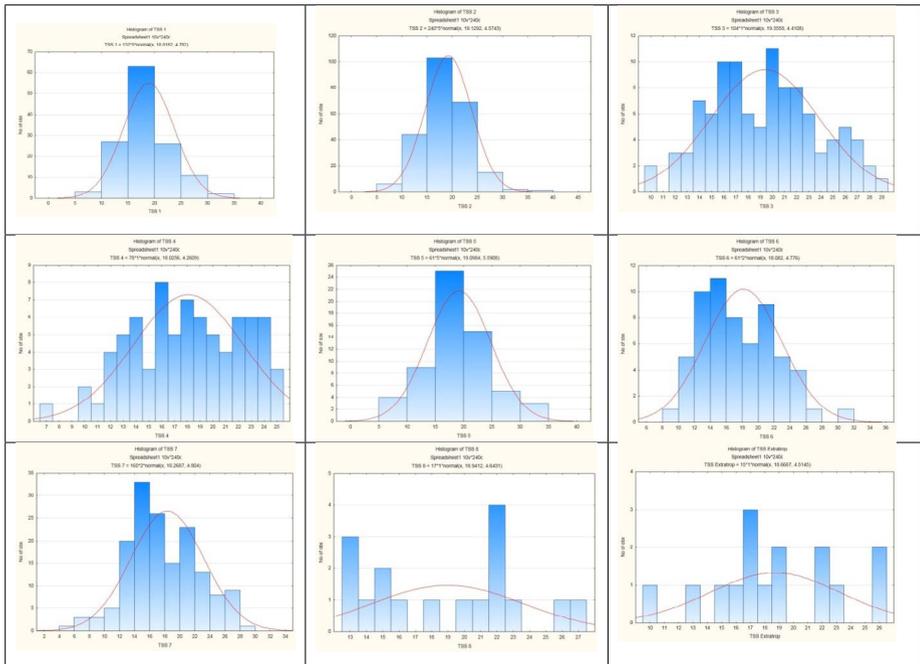


Figura 2: Histogramas de la mortalidad diaria en el bimestre de julio- agosto, según el tipo de situación sinóptica influyente desde 2001 a 2014

enfriamiento diurno asociado a la influencia de los ciclones tropicales, dado por la disminución de la temperatura máxima en todos los casos observados. Ello se explica por las condiciones del estado del tiempo que acompañan a estos sistemas tropicales: escasa insolación, cielos cubiertos, abundante precipitación, etc.

A pesar de la baja frecuencia del TSS 8 y de los subtipos extratropicales, sus histogramas muestran una gran dispersión de los casos, con máximos de frecuencia ubicados en los intervalos más altos de la mortalidad diaria. Los 15 TSS extratropicales observados en la muestra estudiada fueron 5 días con influencia de bajas extratropicales en agosto de los años 2004 y 2010, 2 días con influencia de sistemas frontales cercanos en agosto de 2009 y 2013, así como la influencia de anticiclones continentales en 8 días de los años 2004 y

2010. Nótese que la mayoría de los días con TSS extratropicales ocurrió en el año 2004, por lo que el verano de ese año resultó atípico con respecto al resto de los veranos analizados.

Al margen de un análisis climatológico, la población cubana pudiera pensar que todos los veranos presentan características similares año tras año, pero la realidad demuestra lo contrario. En la **Figura 3** se muestra la creciente influencia cercana del anticiclón oceánico sobre la provincia a lo largo de los últimos 42 años y muy especialmente en los años del actual siglo XXI. Como se explicará más adelante, este comportamiento de los procesos sinópticos que determinan importantes características del clima cubano puede estar muy relacionado con la aparición de los episodios de intenso estrés térmico observados en los años más recientes.

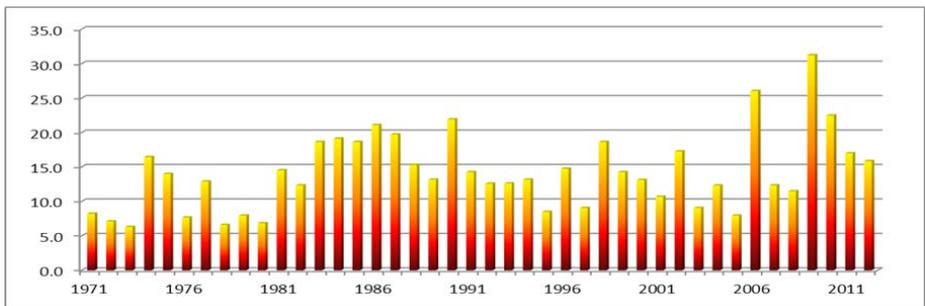


Figura 3: Frecuencia anual del TSS 1 influyente sobre Villa Clara desde 1971 a 2012

Características generales del complejo temperatura máxima-mínima del aire en el bimestre julio – agosto desde el año 2001 hasta el 2014

Como es típico del pleno verano en Cuba, la estructura del complejo temperatura máxima-mínima resulta dominada por el intervalo de interconexión B5, correspondiente a los días muy cálidos. Los días muy cálidos con mínimas superiores a 25°C (intervalo A5) ocuparon solamente el 0.6 % de la muestra,

mientras que los días cálidos, con máximas inferiores a 30°C y mínimas entre 20.1°C y 25.0°C se observaron en el 2.2 % de los días del período estudiado. Sin embargo, la mortalidad promedio en los días con mayor estrés térmico nocturno (intervalo A5) fue el doble más alta que la asociada a las condiciones predominantes del régimen térmico característico de los meses del pleno verano y tres veces más elevada que la mortalidad promedio en los días menos calurosos del verano.

Entonces, el aumento del estrés térmico nocturno puede ser una condición predisponente para la ocurrencia potencial de reacciones meteoro-patológicas significativas en los grupos de población más vulnerables, y aunque la frecuencia de tales días es baja, hay que considerar su impacto en la salud de la población.

Este resultado es muy importante desde el punto de vista práctico, porque cuando el estrés térmico intenso se manifiesta de forma continua y durante todo el día, la marcha diaria de la temperatura del aire se mantiene permanentemente por encima de la zona de bienestar térmico a que está adaptada la población local; y en tal situación, las personas no pueden recuperarse durante la noche de las intensas sensaciones de estrés térmico diurno a que estuvieron expuestas en el período diurno.

Entre las localidades de Villa Clara analizadas, Caibarién resulta el caso más representativo del estrés diario, pues allí el intervalo A5 tiene una frecuencia de 15% en los días del bimestre julio-agosto. En el caso de los días con estrés diurno, las estaciones más representativas de este comportamiento son Santa Clara y Santo Domingo, situadas lejos de la costa, con una oscilación térmica mayor a 10°C y mayor probabilidad de ocurrencia de tormentas eléctricas vespertinas, que con su influencia alivian por la noche las intensas sensaciones de calor diurno.

Como opción para prevenir y mitigar el estrés diurno se debe considerar el pronóstico del tránsito del intervalo B5 al B6, mientras que para el estrés diario se requiere del pronóstico del tránsito del intervalo B5 al A5. Cuando es posible que se cumplan ambas condiciones y el complejo máxima-mínima pronosticado quede en el intervalo A6, se deben esperar significativos efectos meteoro-patológicos entre la población más vulnerable.

Relación entre la mortalidad en exceso y el estrés térmico intenso en varias secuencias diarias de días sucesivos

Para expresar la acumulación del estrés térmico sobre la población local se calcularon las sumas provinciales de las temperaturas extremas y medias diarias del aire, así como en secuencias de 3, 5 y 7 días consecutivos. El análisis de los datos diarios se hizo implícitamente. Las secuencias de 3 y 5 días consecutivos concuerdan con intervalos de tiempo similares de exposición al calor extremo utilizados en estudios de olas de calor que han afectado a países de Europa y los Estados Unidos. Pero la secuencia más larga de 7 días se agregó por los autores del trabajo, asumiendo la mayor adaptación al calor de la población cubana, por lo que sería necesaria una exposición más prolongada de la población local al estrés térmico, para generar respuestas meteoro-patológicas extraordinarias, con la capacidad de aumentar la mortalidad diaria.

El análisis estadístico descriptivo de la muestra general permite establecer relaciones preliminares significativas entre la mortalidad general y el comportamiento del régimen térmico extremo, tanto para los valores diarios como para las sumas acumuladas en 3, 5 y 7 días consecutivos (**Tabla 2**), pero no se trata de relaciones lineales.

Como se observa en los diagramas de la **Figura 4**, el comportamiento de la mortalidad general se representa en el eje Z, la temperatura mínima en el eje

Tabla 2: Coeficientes de correlación entre los valores de mortalidad y la temperatura del aire para diferentes periodos de tiempo (los valores en rojo resultan significativos para $p < 0.0500$)

Tipo de Datos	TSS	Tmax	Tmin	Tmed
Diarios	-0.050100	0.147737	0.088681	0.161398
Suma 3 días	-0.021318	0.250800	0.162472	0.282080
Suma 5 días	0.003732	0.278019	0.206470	0.326466
Suma 7 días	0.028832	0.290110	0.209622	0.333861

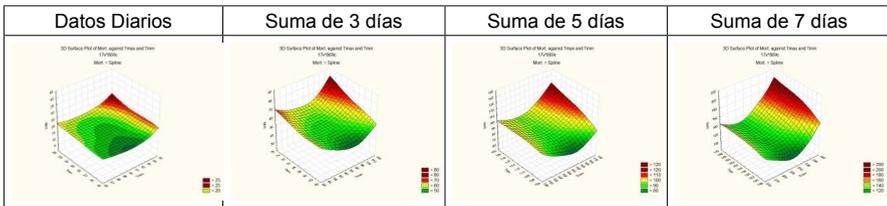


Figura 4: Relación entre la mortalidad provincial de Villa Clara (Z), la temperatura máxima (Y) y la temperatura mínima (X) del aire en periodos de 1, 3, 5 y 7 días sucesivos en el bimestre de Julio - Agosto de 2001 a 2014

“X” y la máxima en el eje “Y”; y los diagramas muestran de izquierda a derecha los intervalos de tiempo de 1, 3, 5 y 7 días.

Es evidente la típica forma de “V” ó “U” que toma la superficie que representa la mortalidad en el diagrama 3D, especialmente por el comportamiento de la temperatura máxima, lo cual resulta consistente con los resultados referidos en otros estudios similares (Paldy *et al.*, 2005). Las zonas en rojo y carmelita de cada diagrama se corresponden con las condiciones de estrés diario intenso y las zonas naranjas y amarillas con las condiciones de estrés diario.

Como en este trabajo sólo se analizan las condiciones de estrés por calor que ocurren durante el verano, los valores mínimos de las temperaturas máximas no llegan a tener un impacto meteoro-tropical significativo por frío excesivo,

aunque sí representan un contraste con el patrón estival de adaptación térmica de la población local.

Luego, se puede afirmar que los episodios de 3, 5 y 7 días consecutivos con intenso estrés térmico diario o diurno, durante el pleno verano, pueden generar una respuesta meteoro-patológica en la población de Villa Clara, capaz de expresarse de forma específica en el aumento de la mortalidad general, con valores crecientes de la mortalidad en exceso, más evidente según se prolongue la duración del período de días sucesivos con estrés térmico intenso.

En consecuencia con lo anterior, se aplicó un filtró combinado a la base de datos provincial existente desde el año 2001 hasta el 2014 en busca de los episodios sincrónicos de 5 y 7 días sucesivos con sumas de las temperaturas extremas por encima del 90 percentil acompañados de mortalidad en exceso. Como resultado de dicho procedimiento se identificaron varios episodios que cumplen con la definición de ola de calor. Los de 5 días sucesivos se ubican en los años 2001, 2005, 2009, 2010, 2011, 2013 y 2014. Los de 7 días sucesivos acumulan mayor mortalidad en exceso y se presentan en los mismos años, con la excepción del 2013 .

Los episodios de estrés diario en 5 días sucesivos tienen una mortalidad en exceso equivalente al 12.7 % de la mortalidad general reportada en esos mismos días, mientras que los episodios de estrés diurno en 5 días sucesivos tienen una mortalidad en exceso proporcional al 13.3 % de la mortalidad general ocurrida en esos días. En el caso de los episodios de 7 días sucesivos, las cifras correspondientes son de 14.9 % para el estrés diario y 12.1 % para el estrés diurno, respectivamente, o sea, bajo el impacto de olas de calor la mortalidad en exceso manifiesta aumentos entre el 12 % y 15 % de la mortalidad general, bajo las condiciones estudiadas.

Tabla 3: Episodios sincrónicos de temperaturas del aire muy elevadas con mortalidad en exceso, identificados en la provincia de Villa Clara entre los años 2001 y 2014

Años	Mortalidad en 5 días sucesivos				Mortalidad en 7 días sucesivos			
	Estrés Diario		Estrés Diurno		Estrés Diario		Estrés Diurno	
	Total	Exceso	Total	Exceso	Total	Exceso	Total	Exceso
2001	104	10	735	77			1004	87
2002								
2003								
2004								
2005	228	40	334	52	780	125	780	125
2006								
2007								
2008			95	1			266	4
2009	1662	252	1988	296	2484	388	3434	421
2010	192	4	499	29			684	29
2011			1384	256			2123	420
2012								
2013			101	7				
2014	399	23	1262	134	275	13	1691	119
Sumas	2585	329	6398	852	3539	526	9982	1205

En el período 2001-2014 la mortalidad en exceso asociada a períodos de intenso estrés térmico fue de 1,181 personas para los episodios de 5 días y de 1,731 fallecidos para 7 días, siendo notable la ola de calor del año 2009 (**Figura 5**) con dos episodios bien definidos entre los días 12 y 23 de julio y después entre los días 2 y 8 de agosto de 2009. El primero arrojó una mortalidad total de 1,914 fallecidos, de ellos 138 en exceso, y el segundo episodio tuvo una mortalidad total de 1,220 personas, de ellas 47 consideradas en exceso.

Las cifras de mortalidad general y en exceso antes expuestas son solamente para la provincia de Villa Clara, por lo que se puede suponer que el impacto total en todo el país asociado a estos episodios de intenso estrés térmico durante el pleno verano puede ser considerable y requiere de atención inmediata, en función de diseñar y adoptar las medidas preventivas y de mitigación que sean oportunas.

Como la base de datos de mortalidad diaria utilizada comienza en el año 2001 y se dispone de datos de temperaturas extremas del aire de los últimos 50 años, se hizo una búsqueda retrospectiva hasta 1965 de la ocurrencia de condiciones del régimen térmico similares a las descritas anteriormente, potencialmente

capaces de generar olas de calor.

Como se observa en la **Figura 6**, no se encontraron episodios similares antes de 1985; fueron poco frecuentes y débiles los que se observaron entre 1986 y 2005; pero su frecuencia e intensidad crecen rápido desde 2006 hasta el presente.

CONCLUSIONES

De los anteriores resultados se infiere que en los últimos años han ocurrido en Villa Clara episodios de estrés térmico intensos durante el verano, con la capacidad de producir efectos meteoro-patológicos específicos en la población

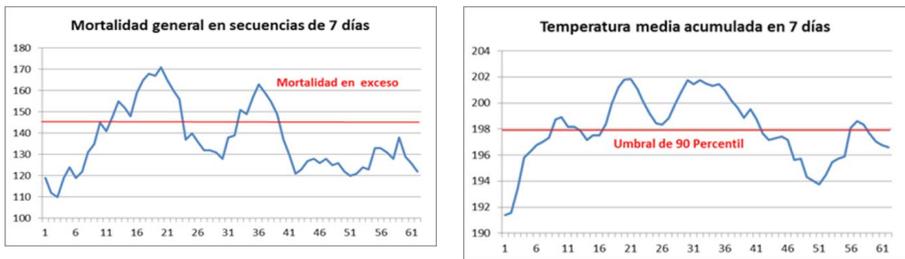


Figura 5: Mortalidad general acumulada en 7 días y suma de la temperatura media en 7 días para la provincia de Villa Clara durante julio y agosto de 2009

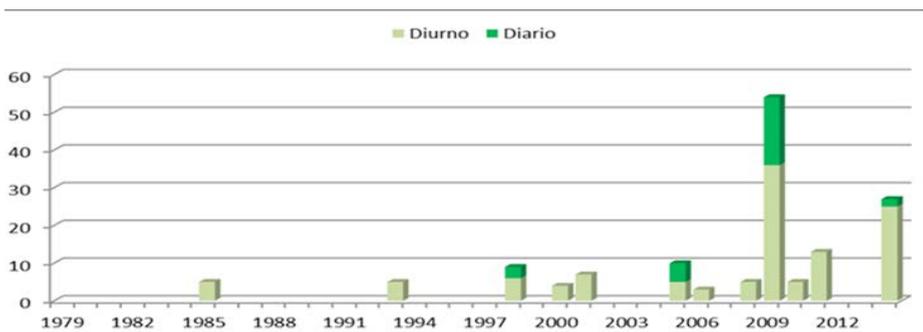


Figura 6: Episodios potenciales de olas de calor en Villa Clara durante los últimos 50 años (no se encontraron evidencias antes de 1985)

local, incluyendo el aumento de la mortalidad en exceso, los que se pueden definir como olas de calor típicas. Éstas 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 estrés térmico se debe considerar como un peligro creciente para la salud de la población cubana y puede actuar como un factor de riesgo importante para el incremento de la mortalidad en los grupos de individuos más vulnerables.

El incremento progresivo en el futuro de la temperatura del aire en Cuba, en el contexto de la variabilidad del clima global, puede dar lugar a episodios de este tipo cada vez más intensos y frecuentes, equivalentes a las olas de calor ya observadas en otros países, durante los meses del pleno verano.

El aumento de la mortalidad, como respuesta meteoro-patológica extrema ante el impacto de estas olas de calor sobre la población local, no ocurre en días aislados y no está claramente definida para episodios de 3 días o menos. Se requieren de 5 a 7 días de exposición continua al calor intenso para que sea estadísticamente significativo el aumento de la mortalidad en exceso por esta causa.

La mortalidad en exceso asociada a las olas de calor calculada para Villa Clara en los últimos años fue considerable, por lo que es válido suponer que para el resto del país puede llegar a tener valores realmente significativos, especialmente entre los adultos mayores a 50 años, por lo que se requieren medidas de mitigación apropiadas.

Los presentes resultados son aún preliminares y será necesario ampliar los estudios a muestras anuales completas para tener en consideración toda la

variación estacional del régimen térmico, incluyendo los efectos potenciales del régimen térmico invernal sobre la mortalidad. También habrá que considerar el comportamiento de la mortalidad asociada a determinadas enfermedades crónicas que se conoce están vinculadas con la variabilidad del estado del tiempo, ya que más del 40 % de los fallecidos reportados en la mortalidad general mueren por causas que no pueden vincularse directamente con las condiciones meteorológicas. Ello afectó en parte la calidad de los actuales resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COHEN, J. C.; VEYSSEIRE J. M. Y BESSEMOULIN P. (2005). Bio-climatological Aspects of Summer 2003 over France. In KIRCH, W.; MENNE, B.; BERTOLLINI, R. (org.) Extreme Weather Events and Public Health Responses. Springer Verlag, Berlin: 33-46.
- KALKSTEIN, L. S. (1995). Lessons from a very hot summer. *Lancet*, n. 346, p. 857-859.
- LAPINEL, B. (1988). La circulación atmosférica y las características espacio-temporales de las lluvias en Cuba. 147p. Tesis (Doctorado en Ciencias Geográficas) – Instituto de Meteorología, La Habana.
- LECHA, L.; FLORIDO, A. (1989). Principales características climáticas del régimen térmico del archipiélago cubano. Academia: La Habana.
- LECHA, L. (2013). Elementos Básicos de la Biometeorología Humana: curso de posgrado. La Habana: Esc. Latinoamericana de Medicina.
- MARSH, R. D.; GILROY K. E.; VANDE WEERDT, R.; WANSI, E.; QAZI, S. (2008). Community case management of pneumonia: at a tipping point? *Bulletin of the WHO*, v. 86, n. 5, p. 381-389. In: http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0042-96862008000500016&lng=en
- MATZARAKIS, A.; MAYER, H. (1991). The extreme heat wave in Athens in July 1987 from the point of view of human biometeorology. *Atmospheric Environment*, v.

25B, n. 2, p. 203-211.

MINSAP (2013). Anuario Estadístico de Indicadores de Mortalidad. La Habana: Ministerio de Salud Pública.

MINSAP (2014a). Dirección de Registros Médicos y Estadísticas de Salud. Cuadro 10, año 2013. La Habana: Ministerio de Salud Pública.

MINSAP (2014b). Dirección de Registros Médicos y Estadísticas de Salud. Cuadro 13, año 2013. La Habana: Ministerio de Salud Pública.

ONE (2013). Oficina Nacional de Estadísticas. Anuario Estadístico de Cuba 2013, La Habana.

PALDY, A., BOBVOS, J.; VÁAMOS, A.; KOVATS, R. S.; HAJAT, S. (2005). The effects of temperature and heat wave on daily mortality in Budapest, Hungary, 1970-2000. In KIRCH, W.; MENNE, B.; BERTOLLINI, R. (Org.) Extreme Weather Events and Public Health Responses. Springer Verlag, Berlin: 99-108.

VALIDO, S. (1993). La mortalidad en Cuba en los últimos 80 años. Grupo Interdisciplinario de Estudios de Salud. La Habana: ISCM.

VANDENTORREN, S.; EMPEREUR-BISSONNET, P. (2005). Health impacts of the 2003 heat wave in France. In KIRCH, W.; MENNE, B.; BERTOLLINI, R. (Org.) Extreme Weather Events and Public Health Responses. Springer Verlag, Berlin: 81-88.