

Mortalidad en exceso asociada a los efectos meteoro-tropicos que influyen sobre Cuba

Excess mortality associated to meteor-tropic effects that influence Cuba

¹Luis B. Lecha Estela, ²Luis O. Pichardo Moya, ³Enardo Pena Alonso, ⁴Andrés Guevara Rincón

¹Investigador Titular, Instituto de Meteorología, Cuba (luis.lecha@gmail.com)

²Especialista en Desastres, Delegación Provincial del CITMA de Villa Clara, Cuba (pichardo@dcitma.vcl.cu)

³Especialista en Cartografía, Agencia GeoMix, Empresa GeoCuba Investigación y Consultoría, Villa Clara, Cuba (enardopena@gmail.com)

⁴Especialista en programación, Instituto de Meteorología, Cuba (andresongr@gmail.com)

RESUMEN: Es un hecho que el clima de Cuba ya experimenta algunos impactos específicos del cambio climático global. Entre ellos, la incidencia creciente de efectos meteor-tropicos extremos, que además de los ya conocidos peligros hidrometeorológicos (huracanes, intensas lluvias, penetraciones del mar, fuertes vientos y sequías), incluyen ahora las sensaciones intensas de calor y frío, los eventos notables de contaminación atmosférica y los cambios bruscos del estado del tiempo. Estos peligros tienen orígenes distintos y ocurren de manera diferenciada en el transcurso de las épocas del año, casi todos son factores predisponentes de diversas meteoropatías, y en los casos más notables, contribuyen al aumento de la mortalidad diaria en exceso. El presente artículo trata de establecer relaciones específicas entre los procesos sinópticos influyentes y las condiciones locales del régimen térmico, con la mortalidad en exceso de las mitades occidental y oriental de Cuba, partiendo de una base de datos de estas variables para el período 2001-2020. Se encuentran relaciones bien definidas entre los días con mortalidad en exceso y la presencia de efectos meteor-tropicos extremos, identificados entre los tipos y subtipos de situaciones sinópticas influyentes sobre Cuba, los cambios contrastantes del contenido de oxígeno del aire y el comportamiento extremo de la temperatura del aire. Estas relaciones tienen diferencias estacionales en la génesis, características y duración de los máximos de mortalidad, las cuales se explican por diferentes factores que actúan simultáneamente. Se identifican las condiciones de inicio de las posibles meteoropatías asociadas a los extremos del régimen térmico, llegando a una estimación preliminar de la ocurrencia de las olas de calor y frío en las mitades occidental y oriental de Cuba. Dada la amplitud del tema tratado, se recomienda su continuación, en el contexto del desarrollo de los servicios de pronóstico biometeorológico como herramienta operativa esencial para enfrentar los impactos de la variabilidad del clima y del estado del tiempo.

Palabras Clave: Impactos del cambio climático. Temperaturas extremas del aire. Mortalidad en exceso.

ABSTRACT: It is a fact that Cuba's climate is already experiencing some specific impacts of global climate change. These include the increasing incidence of extreme meteor-tropic effects, which, in addition to the already known hydrometeorological hazards (hurricanes, heavy rains, sea penetrations, strong winds, and droughts), now include intense sensations of heat and cold, notable events of atmospheric pollution and sudden weather changes. These hazards have different origins and occur differently during the seasons of the year, almost all of them are predisposing factors of various meteor-pathologies, and in the most notable cases, a contribution to the increase of daily excess mortality is observed. This article attempts to establish specific relationships between the influential synoptic processes and the local conditions of the thermal regime, with the excess mortality of the western and eastern halves of Cuba, based on a database of these variables for the period 2001-2020. Well-defined relationships are found between days with excess mortality and the presence of extreme meteor-tropic effects, identified by the types and subtypes of synoptic situations influencing Cuba, the contrasting changes in the oxygen content of the air, and the extreme behavior of air temperature. These relationships have seasonal differences in the genesis, characteristics, and duration of the mortality maxima, which are explained by different factors that act simultaneously. The starting conditions of the possible meteor-pathologies associated with the extremes of the thermal regime are identified, leading to a preliminary estimation of the occurrence of heat and cold waves in the western and eastern halves of Cuba. Given the breadth of the topic addressed, its continuation is recommended, in the context of the development of biometeorological forecast services, as an essential operational tool to face the impacts of climate variability and weather conditions.

Keywords: Impacts of climate change. Extreme air temperatures. Excess mortality.

1. INTRODUCCIÓN

Desde los 80s del siglo XX comienzan en Cuba las investigaciones encaminadas a identificar los vínculos entre la variabilidad del estado del tiempo y la salud humana (LECHA Y CHUGAEV, 1989; LECHA, 1992; TOLEDO 1992). Al mismo tiempo se desarrollan los estudios sobre los principales procesos sinópticos que influyen sobre el clima de Cuba, estableciendo sus características estacionales y regionales (LECHA, 1984; LAPINEL, 1987). La mayoría de estos resultados se incluyeron en el contenido del Nuevo Atlas Nacional de Cuba (1987) y en el libro El Clima de Cuba (LECHA *et al.*, 1994).

A partir de estos resultados iniciales se crearon los fundamentos del primer sistema de alerta temprana para la salud utilizado en Cuba (LECHA y DELGADO, 1996), el cual fue ampliado y mejorado por Estrada *et al.*, (2011), dando lugar al actual modelo de pronósticos biometeorológicos *PronBiomet*. En los años posteriores y hasta el presente, las investigaciones biometeorológicas en el país han tenido dificultades por la falta de datos sanitarios diarios, lo cual dificulta la imprescindible evaluación de los efectos a corto plazo de las condiciones meteorológicas, actuando como un importante factor predisponente de la incidencia diaria de las meteoropatías, especialmente cuando se trata de enfermedades crónicas no transmisibles.

Desde el inicio del siglo XXI, el reconocimiento gradual de los impactos del cambio climático sobre la población cubana, fue dando mayor prioridad al estudio de los vínculos entre el clima, el tiempo y la salud humana, los cuales identificaron nuevos escenarios muy preocupantes (RAMÍREZ *et al.*, 2008; ORTIZ *et al.*, 2009).

Progresivamente, se obtienen nuevos resultados que avalan y ratifican la importante influencia que tienen el clima y el estado del tiempo sobre la salud de la población cubana (DE LA VEGA *et al.*, 2010; DE LA VEGA *et al.*, 2011; FERNÁNDEZ-ARRÓYABE y LECHA, 2011; DE LA VEGA y LECHA, 2011; ARRASTÍA y LIMIA, 2011). Así, la Segunda Comunicación Nacional de Cuba a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC), incorpora un capítulo completo dedicado al análisis de los efectos del cambio climático sobre la salud de la población cubana (PLANOS, VEGA Y GUEVARA, 2013).

Ya en la Tercera Comunicación Nacional de Cuba a la CMNUCC, se expresa:

“Para esta Tercera Comunicación Nacional, se actualizaron los hallazgos obtenidos en los informes antes mencionados, y se tuvieron en cuenta los resultados alcanzados en varios proyectos de investigación desarrollados recientemente. Todo ello permite mantener la hipótesis de que el clima en Cuba está transitando hacia un estado con características similares a un sistema climático con un efecto invernadero intensificado en la atmósfera terrestre. En particular, se señala el incremento de la temperatura superficial del aire, la reducción del rango diurno de la temperatura, así como cambios en los episodios extremos desde 1980, con un incremento estadísticamente significativo de los extremos cálidos y una disminución en los extremos fríos” (PLANOS Y GUTIÉRREZ, 2020).

En el término *efectos meteoro-trópicos* quedan incluidos los diversos y conocidos fenómenos hidrometeorológicos peligrosos, que tienen la capacidad de provocar grandes impactos sanitarios, incluyendo la muerte de muchas personas (huracanes y ciclones invernales, frentes fríos, penetraciones del mar, inundaciones, fuertes vientos y sequías). También se incluye el impacto de los rayos, las tormentas locales severas y tornados (ALFONSO, 1994; GARCÍA y MENGANA, 2011), pero no existe aún similar percepción del peligro asociado a otros efectos meteoro-trópicos relativamente nuevos para Cuba, como son los cambios bruscos del estado del tiempo, los procesos extremos de calor o frío y los eventos notables de contaminación atmosférica.

Los cambios significativos de la variabilidad diaria y día tras día del estado del tiempo pueden ejercer efectos específicos sobre la fisiología individual, provocando desde síntomas leves hasta crisis de salud (meteoropatías) severas e incluso la muerte de las personas muy sensibles a estos cambios o en situación de vulnerabilidad. El modelo de pronósticos biometeorológicos *PronBiomet* brinda como salidas los mapas y meteorogramas con el pronóstico del cambio en 24 horas del contenido de oxígeno del aire en la región seleccionada, de manera que resulta posible conocer con anticipación de hasta 5 a 7 días, la intensidad y duración de las condiciones de hiperoxia e hipoxia que afectarán a una población dada. Durante varios años este modelo se ha validado y utilizado en Cuba, España, Brasil y México, demostrando el importante impacto de los cambios de tiempo a corto plazo sobre la salud humana, tal y como describe ampliamente Lecha (2019).

Uno de los primeros trabajos sobre la ocurrencia de olas de calor en Cuba y sus efectos en la salud humana se debe a la tesis de un estudiante de meteorología (ESTRADA, 2011); pero trabajos anteriores de Lecha *et al.* (1991a y 1991b), trataron el impacto de los golpes de calor sobre la mortalidad aviar en los diferentes sistemas de producción avícola del país, incluyendo el diseño de un sistema de alerta temprana y un plan de acción nacional para la prevención y mitigación de los efectos del calor y el frío intensos en la avicultura cubana (Lecha y Linares, 1992).

En el año 2015, la revista *Medicc Review* publica una entrevista a dos especialistas nacionales, en la cual se reconoce la posible relación entre la mortalidad y el cambio climático en Cuba (CONNER, 2015). En la misma publicación, otro artículo propone una relación entre la variabilidad del clima cubano y la mortalidad por infartos agudos de miocardio (RIVERO *et al.*, 2015). Ese mismo año, otra investigación sobre este tema plantea la posibilidad de que estén ocurriendo olas de calor en Cuba desde el año 2009, según los resultados de un estudio realizado en la provincia de Villa Clara (LECHA *et al.*, 2015).

En años más recientes, nuevas evidencias científicas corroboran que existen relaciones bien definidas entre la ocurrencia de las sensaciones de calor intenso y la ocurrencia de meteoropatías, incluyendo la muerte, por ejemplo, asociadas a las enfermedades cerebrovasculares (SAUCHAY *et al.*, 2017; RODRÍGUEZ *et al.*, 2022; SAUCHAY, 2023), así como a las influencias del frío intenso (VELÁZQUEZ, 2019). También (BARCIA *et al.*, 2020) aportan evidencias sobre la ocurrencia de efectos meteoro-trópicos peligrosos asociados a las sensaciones térmicas extremas de frío y calor, los cuales se agrupan en dos máximos estacionales de las meteoropatías asociadas, cuya génesis se vincula a condiciones meteorológicas muy diferentes (LECHA *et al.* 2022).

Las interacciones entre el clima, el tiempo y la mortalidad son diferentes, porque actúan en espacios y momentos muy distintos, por ejemplo: las interacciones clima vs mortalidad deben expresarse en las escalas de tiempo cronológico multianual o estacional, mientras que las interacciones del estado del tiempo vs la mortalidad se establecen en el corto plazo de la marcha diaria o durante unos pocos días.

Los datos demográficos indican que a partir de 1985 la mortalidad general en Cuba inicia una tendencia al aumento, que es la característica dominante hasta el presente. Desde hace algunos años Cuba presenta una estructura demográfica invertida: en el año 2022 la población con 60 años y más era de 2 millones 478,087 habitantes (22.3 % del total) y en algunas provincias como la Habana y Villa Clara esta proporción es mayor, siendo las provincias más envejecidas del país.

Sin embargo, la mortalidad general es una variable epidemiológica muy afectada por diversas y complejas condicionantes, lo cual no facilita establecer la existencia de posibles asociaciones objetivas con las condiciones meteorológicas influyentes, por eso resulta necesario utilizar como indicador a la mortalidad en exceso, que es la variable apropiada para analizar los aumentos notables a corto plazo de la mortalidad diaria, asociados al impacto

súbito de factores externos extraordinarios como los desastres, las guerras, las epidemias, los accidentes catastróficos, etc., dentro de los cuales se incluyen los efectos meteoro-trópicos extremos.

La mortalidad en exceso como indicador epidemiológico, obvia los diversos efectos de los determinantes socioeconómicos que actúan sobre la mortalidad general, porque se refiere a aumentos extraordinarios, abruptos y masivos de la mortalidad que ocurren en intervalos de tiempo muy cortos, desde horas a varios días consecutivos, durante los cuales los determinantes socioeconómicos no cambian, resultando evidente que la causa de la mortalidad en exceso se relaciona con la influencia de factores externos (no habituales) sobre una población dada.

En general, los excesos de la mortalidad se calculan como diferencias entre la mortalidad observada y la esperada para una población, región y momento dados, por lo cual se requiere de referencias apropiadas, basadas en las principales estadísticas de la mortalidad y con el máximo grado de detalle posible.

Un ejemplo de la utilidad de este indicador lo refieren Vestergaard *et al.* (2020), basados en los resultados de la red europea de monitoreo de la mortalidad en exceso para acciones de salud pública (Euro MOMO), que ha venido evaluando cada semana y desde el año 2009 las causas de mortalidad en exceso en un amplio número de países de dicha región, utilizando un algoritmo estadístico que compara los datos de mortalidad reales con los valores de referencia que debían ocurrir en cada país y época del año (NIELSEN *et al.*, 2013).

Por otra parte, la información meteorológica para un estudio de este tipo proviene de varias fuentes y depende de la escala geográfica de referencia. En la escala de impacto o local, es importante tener en cuenta el comportamiento de los elementos meteorológicos más representativos del estado del tiempo diario, mientras que en la escala regional, se debe centrar la atención en los tipos y características de los procesos sinópticos influyentes, cuyo comportamiento va a determinar la ocurrencia de los efectos meteoro-trópicos predisponentes.

Al considerar estos antecedentes y la complejidad de los análisis requeridos, los objetivos de la investigación se centraron en los dos aspectos siguientes:

- a) Obtener la línea base de la mortalidad diaria por municipios, provincias, las mitades occidental y oriental del país y épocas del año, durante el período 2001-2020.
- b) Calcular la mortalidad diaria en exceso que ocurre en los municipios, provincias, regiones y en todo el país, para comparar su ocurrencia con la incidencia de efectos meteoro-trópicos extremos, actuando como factores externos predisponentes.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Creación de la base de datos

La base de datos diaria de la mortalidad general en Cuba para el período 2001-2020 se solicitó formalmente a la Dirección Nacional de Estadísticas del Ministerio de Salud Pública (MINSAP) de Cuba, que es la entidad nacional encargada de procesar y ofrecer la información sobre la mortalidad en el país. Dicha base de datos contiene numerosas variables de interés sanitario y epidemiológico, de las cuales se trabajó con la fecha de la defunción, el año de nacimiento, la edad, sexo, color de la piel, estado civil, ocupación, el sitio y el municipio donde ocurrió la defunción, así como la primera causa de muerte referida, según los clasificadores de enfermedades establecidos: el CIE-9 hasta 2010 y el CIE-10 del 2011 al 2020. También se consultaron datos específicos de los Anuarios de Salud de Cuba de los años 2010, 2017 y 2022.

Todo este volumen de información se integró a una base de datos propia, elaborada por Guevara *et al.* (2021), como parte de las actividades del proyecto P211LH004-016 del

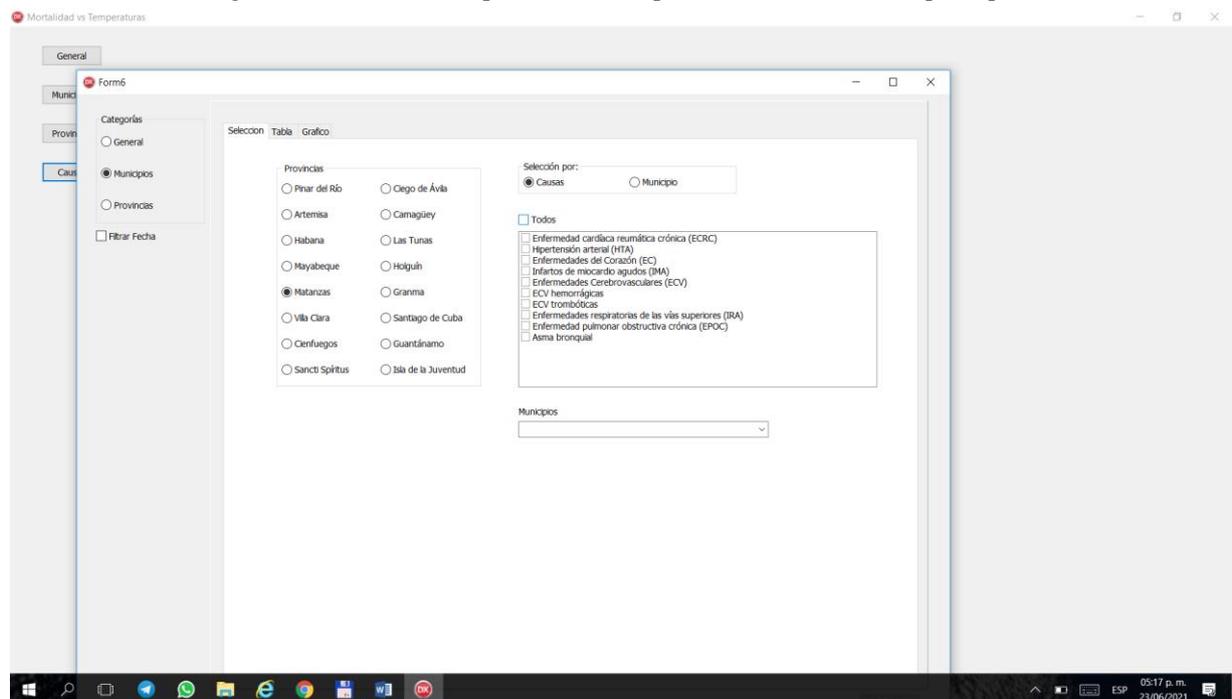
Programa Sectorial “Meteorología y Desarrollo Sostenible del País”, ejecutado en el Centro Meteorológico del Instituto de Meteorología en la Isla de la Juventud durante los años 2020-2022.

Mediante un conjunto de algoritmos, filtros y programas propios, la base de datos general del proyecto fue sometida a un proceso de control de calidad, para detectar posibles faltas de información, errores en el clasificador de enfermedades, alteraciones en las fechas de ocurrencia de las defunciones o confusiones con la edad, especialmente en el caso de los ancianos que murieron a principios del siglo XXI y tenían más de 100 años de edad.

Utilizando filtros adecuados, se calcularon los fallecidos por día en cada municipio y provincia del país, así como se programaron herramientas para seleccionar procesos específicos por intervalos de fechas, en municipios o provincias deseadas y las causas de muerte. Una vez obtenida la selección de datos deseada, la misma se puede consultar visualmente, guardar en ficheros “.txt” o se exporta a ficheros Excel en formato “.xls”.

La opción “causas” del menú principal resulta muy útil porque permite realizar todo un conjunto de análisis y procesos estadísticos para una enfermedad específica, a partir de seleccionar la causa de muerte entre 10 posibles, todas de alta incidencia en Cuba y cuyas crisis pueden tener un origen meteoro-trópico (Figura 1).

Figura 1 – Pantalla correspondiente a la opción “causas” del menú principal.



Una vez que los valores diarios de la mortalidad general por municipios y provincias fueron exportados a tablas en Excel, se realizó el procesamiento estadístico de la información, obteniendo los parámetros siguientes:

- Las sumas, promedios, desviación estándar, máximos y mínimos de la mortalidad general y por causas para los diferentes meses del año (marcha anual) y los 20 años de la muestra (marcha multianual), por municipios, provincias, las mitades occidental y oriental de Cuba, así como de todo el país.
- La estructura de los percentiles a intervalos de 10%, evaluando el punto de coincidencia con los valores correspondientes al umbral dado por la media más la desviación estándar de cada serie.

- Las tasas brutas de mortalidad por N cantidad de habitantes, calculadas a partir de las poblaciones de los municipios y provincias de Cuba, estimadas hasta junio del año 2010, por ser el año medio de la serie temporal utilizada.
- El riesgo de morir por provincias y para la secuencia de años del 2011 al 2020, calculado por la proporción entre la tasa bruta del año seleccionado con respecto a la tasa bruta del año de referencia, que en este caso fue el 2001.

2.2 El cálculo de la mortalidad en exceso (*MortEx*)

Para el cálculo de la mortalidad en exceso en todas las series temporales estudiadas, se utilizó el Sistema de Monitoreo de la Mortalidad Diaria (MoMo), desarrollado por el Centro Nacional de Epidemiología del Instituto de Salud Carlos III de Madrid, España, el cual resulta muy apropiado porque permite identificar las desviaciones de la mortalidad diaria observada en las distintas provincias y municipios del país, con respecto a la esperada según las series históricas de referencia.

El proceso principal de este método radica en elaborar la línea base de referencia de la mortalidad, que en este caso comprende el período 2001-2020 (7305 días), contra la cual se compara el comportamiento diario real de dicho indicador, utilizando para ello el índice Zscore y calculando la diferencia entre los valores de la mortalidad diaria real con Z-Score mayor que 1 y la suma de la media más la desviación estándar, mediante las expresiones:

$$Zscore = (X_i - X_{med})/DE > 1 \quad (1)$$

$$MortEx = X_i(> 1) - (X_{med} + DE) \quad (2)$$

Donde X_i : es el elemento i -ésimo de la serie temporal de la mortalidad real; X_{med} es la media de la mortalidad de la serie temporal de referencia; y, DE es la desviación estándar de la mortalidad de la serie temporal de referencia.

Solo se consideran los valores de Zscore mayores a la unidad, para garantizar que la suma de la mortalidad diaria exceda al umbral correspondiente (media + DE), obteniendo así las cifras de la mortalidad en exceso.

Los principales estadígrafos de la mortalidad en exceso se calcularon para la muestra completa de 20 años, por años individuales, por meses y por estaciones del año, considerando el cuatrimestre diciembre-marzo como invierno, el bimestre abril-mayo como de transición invierno-verano, el cuatrimestre junio-septiembre como verano y el bimestre octubre-noviembre como el del tránsito verano-invierno.

Se trabajó con los valores absolutos de la mortalidad general y en exceso, así como con sus tasas brutas, según los requisitos del proceso o análisis a realizar. Las tasas brutas se calcularon por la expresión:

$$Tasas = \frac{Mort}{Pob} \times 10^n \quad (3)$$

Donde $Mort$ es el valor de la mortalidad general o en exceso, correspondiente al período de tiempo cronológico seleccionado (año o mes); Pob : es la población de la provincia o municipio dado en el año 2010; y, 10^n valor de ajuste de la población de referencia. Se consideró 1,000 habitantes (10^3) para la mortalidad general y 100,000 habitantes (10^5) para la *MortEx*, evitando así valores muy pequeños al calcular las tasas de esa variable.

2.3 La información meteorológica

Como contraparte a la información sanitaria, se consideraron en la escala local los valores de las temperaturas máximas y mínimas diarias del aire de 68 estaciones

meteorológicas distribuidas por todo el territorio nacional, con datos del período 2001-2020. Estas series temporales se agruparon en las mitades occidental y oriental del país, considerando como límite entre ambas mitades, la frontera entre las provincias de Sancti Spíritus y Ciego de Ávila. Para cada región se calcularon sus principales estadígrafos: la media, desviación estándar, máximos, mínimos y la estructura de todos los deciles. Además, para el análisis de correspondencia de estos valores con los datos de mortalidad, se realizó la categorización de las temperaturas máximas y mínimas, utilizando intervalos de 3°C para cada variable: desde 21°C a 36°C para las máximas y desde 12°C a 27°C para las mínimas, quedando ambas series con seis intervalos cada una.

La información meteorológica regional se obtuvo del Catálogo de los grupos, tipos y subtipos de situaciones sinópticas que influyen sobre las mitades occidental y oriental de Cuba (Lecha *et al.*, 2024), cuyos detalles se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1 – Clasificación de los tipos de situaciones sinópticas que influyen sobre Cuba.

Grupos	Tipos	Subtipos	Descripción de los subtipos
AO	I	1	Influencia cercana del anticiclón subtropical del Atlántico, con sus isobaras en forma de cuña hacia el oeste sobre las Antillas Mayores, el golfo de México y el sudeste de los Estados Unidos, imponiendo un flujo de vientos del primer cuadrante sobre Cuba.
		2	Influencia cercana del anticiclón subtropical del Atlántico, con sus isobaras en forma de cuña hacia el oeste-noroeste sobre las Antillas Mayores y el sudeste de los Estados Unidos, imponiendo un flujo de vientos del segundo cuadrante sobre Cuba.
	II	3	Influencia lejana del anticiclón subtropical del Atlántico, con sus isobaras alargadas que se extienden desde el Atlántico oriental hasta el golfo de México (con posible centro secundario) y el sur-sudeste de los Estados Unidos, imponiendo un flujo de vientos extendido no perturbado sobre Cuba.
		4	Influencia lejana del anticiclón subtropical del Atlántico, con sus isobaras alargadas que se extienden desde el Atlántico oriental hasta el golfo de México y el continente norteamericano, imponiendo la influencia del sector divergente de ondas y hondonadas sobre Cuba.
DG	III	5	Situaciones de débil gradiente barométrico sobre Cuba.
CT	IV	6	Influencia de ciclón tropical sobre Cuba (incluye bajas, depresiones, tormentas tropicales y huracanes).
AO	V	7	Influencia de ondas tropicales bien definidas en el flujo del este sobre Cuba.
SF		8	Influencia de zonas de cizalladura y hondonadas en el flujo del oeste sobre Cuba.
CE	VI	9	Influencia del sector cálido dentro de la circulación cerrada de una baja extratropical sobre Cuba.
		10	Influencia del sector frío dentro de la circulación cerrada de una baja extratropical sobre Cuba.
		11	Influencia del flujo externo a la circulación cerrada de una baja extratropical, con actividad prefrontal sobre Cuba.
		12	Influencia del flujo externo a la circulación de una baja extratropical, sin actividad prefrontal sobre Cuba.
SF	VII	13	Influencia de frente frío clásico sobre Cuba.
		14	Influencia de frente frío revesino sobre Cuba.
		15	Influencia de frente casi-estacionario sobre Cuba.
		16	Influencia de frente en proceso de disipación sobre Cuba.

Tabla 1 – Clasificación de los tipos de situaciones sinópticas que influyen sobre Cuba (continuación).

Grupos	Tipos	Subtipos	Descripción de los subtipos
AC	VIII	17	Influencia del anticiclón migratorio continental, con centro sobre Norteamérica y sus isobaras extendidas de región norte sobre La Florida y Cuba.
		18	Influencia del anticiclón migratorio de origen continental, en proceso de transformación, con centro sobre el golfo de México, el sudeste de los EE.UU. o su costa oriental y sus isobaras extendidas de región nordeste sobre Las Bahamas y Cuba.
		19	Influencia del anticiclón migratorio de origen continental, en avanzado estado de transformación, con centro sobre la costa oriental de los Estados Unidos o en áreas del océano Atlántico adyacente y sus isobaras extendidas de región este-nordeste sobre Las Bahamas y Cuba.
SI	IX	20	Situaciones indeterminadas.

Así como de las características de los procesos hemisféricos de la circulación atmosférica que influyen sobre Norteamérica y Cuba, la cual está basada en la clasificación de Dzerdzeevskii (1962), extendida desde el año 1899 hasta el 2019 por Kononova *et al.* (2009, 2016), la cual considera diariamente la dirección predominante de los flujos atmosféricos presentes en seis regiones del hemisferio norte; y además, tiene en cuenta la presencia de las zonas de intercambio y los bloqueos existentes en cada región, según los tipos básicos que muestra la Tabla 2.

Tabla 2 – Clasificación de los tipos de circulación que influyen sobre Cuba.

Códigos	Tipos de Circulación
1	Latitudinal del Oeste
2	Longitudinal del Norte
3	Longitudinal del Sur
4	Latitudinal del Oeste y Longitudinal del Sur
5	Latitudinal del Oeste con centro estacionario
6	Longitudinal del Norte con centro estacionario
7	Longitudinal del Norte y Latitudinal del Este
8	Longitudinal del Norte y Latitudinal del Oeste
9	Longitudinal del Norte y Longitudinal del Sur
10	Longitudinal del Sur con centro estacionario

Fuente: Soler *et al.*, 2020.

Con ambas informaciones se puede hacer una adecuada evaluación de la génesis y características de los efectos meteoro-trópicos extremos que afectan a la población cubana, estimar la frecuencia e intensidad de los cambios contrastantes del estado del tiempo, así como el nivel de peligro asociado a ellos, según la magnitud de las sensaciones de hiperoxia e hipoxia que ofrece el modelo *PronBiomet* (Tabla 3).

Tabla 3 – Clasificación del peligro según la condición biometeorológica de hiperoxia o hipoxia.

Condición biometeorológica	Nivel de peligro	Latitud baja ($\leq 30^\circ$)	Latitud media (30.1° a 60°)	Latitud alta ($> 60^\circ$)
Hiperoxia extrema	Extremo	> 10.0	> 20.0	> 30.0
Hiperoxia muy fuerte	Muy alto	8.1 a 10.0	16.1 a 20.0	24.1 a 30.0
Hiperoxia fuerte	Alto	6.1 a 8.0	12.1 a 16.0	18.1 a 24.0
Hiperoxia moderada	Medio	4.1 a 6.0	8.1 a 12.0	12.1 a 18.0
Hiperoxia débil	Bajo	2.1 a 4.0	4.1 a 8.0	6.1 a 12.0

Tabla 3 – Clasificación del peligro según la condición biometeorológica de hipoxia o hipoxia (continuación).

Condición biometeorológica	Nivel de peligro	Latitud baja ($\leq 30^\circ$)	Latitud media (30.1° a 60°)	Latitud alta ($> 60^\circ$)
ZONA NEUTRAL	No existe	- 2.0 a 2.0	- 4.0 a 4.0	- 6.0 a 6.0
Hipoxia débil	Bajo	- 2.1 a - 4.0	- 4.1 a - 8.0	- 6.1 a - 12.0
Hipoxia moderada	Medio	- 4.1 a - 6.0	- 8.1 a - 12.0	- 12.1 a - 18.0
Hipoxia fuerte	Alto	- 6.1 a - 8.0	- 12.1 a - 16.0	- 18.1 a - 24.0
Hipoxia muy fuerte	Muy alto	- 8.1 a -10.0	- 16.1 a - 20.0	- 24.1 a - 30.0
Hipoxia extrema	Extremo	< - 10.0	< - 20.0	< - 30.0

Lo anterior es una forma indirecta, pero práctica, de reflejar las diferentes capacidades de adaptación de cada población, pues cuando no existen estudios fisiológicos y resultados experimentales específicos, no hay forma de expresar esta importante característica de las diferentes poblaciones y comunidades humanas.

2.4 El factor de impacto biotrópico

En un estudio precedente Lecha *et al.* (2022), proponen una forma de estimar el peligro meteoro-trópico asociado a los procesos sinópticos y elementos meteorológicos que actúan sobre la escala local. Para ello, establecieron un indicador estandarizado que permite ponderar y evaluar la magnitud del peligro meteoro-trópico asociado a un proceso o elemento meteorológico, el cual se denominó “factor de impacto biotrópico” (*FIB*). Este indicador se obtiene a partir del análisis por pares de elementos, utilizando tablas de contingencia, formadas por las variables del lado meteorológico y por las variables sanitarias, respectivamente, que en este caso: las variables meteorológicas son los procesos de circulación y los tipos de situaciones sinópticas que influyen diariamente sobre Cuba, así como los promedios diarios de las temperaturas extremas del aire, calculados para las mitades occidental y oriental del país; y como variable sanitaria: la mortalidad diaria en exceso.

El *FIB* se calcula a partir de las salidas del programa *TabCont*, que calcula las frecuencias relativas de los intervalos de interconexión formados al combinar las dos variables que integran cada tabla de contingencia: una del área meteorológica versus la mortalidad diaria en exceso. Se define matemáticamente como: *la proporción entre la suma de las frecuencias de los intervalos críticos de la mortalidad diaria, con respecto a la frecuencia relativa de cada intervalo de clase en que se estratificó la variable meteorológica, o sea:*

$$FIB = \frac{\text{Suma de frecuencias de intervalos críticos de mortalidad}}{\text{Frec. del intervalo meteorológico correspondiente}} \quad (4)$$

A partir del *FIB*, se obtiene objetivamente la magnitud del peligro meteoro-trópico de los procesos y elementos meteorológicos que actúan sobre la mortalidad diaria en exceso; pero sus resultados deben ser expresados de forma estandarizada, porque el rango de valores que puede alcanzar el *FIB* de cada variable es muy diferente. El proceso de estandarización permite que los valores del *FIB* queden acotados entre 0 y 1, condición imprescindible para poder comparar los resultados de todos los peligros. Ocasionalmente, algunos valores de las series ajustadas de los peligros regionales pueden dar un *FIB* negativo, en cuyo caso, estos valores se consideran como cero.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Características de la mortalidad general en Cuba

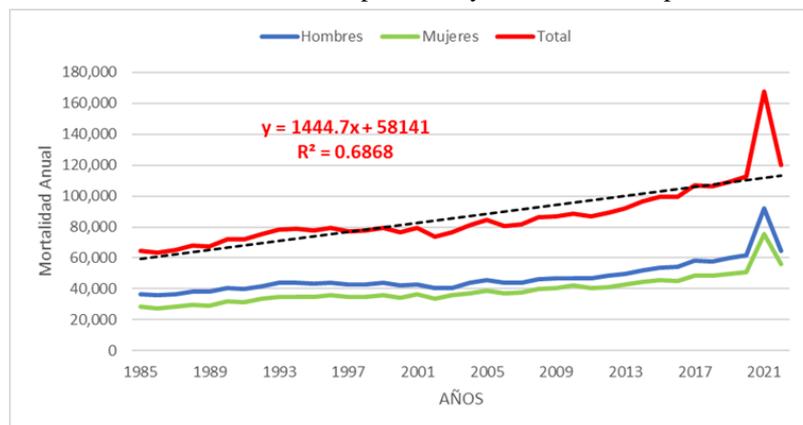
La mortalidad general diaria ocurrida en el período 2001-2020 en los municipios, provincias, regiones y épocas del año se archivó, revisó y procesó mediante una base de datos propia, calculándose los estadígrafos principales de las series temporales diarias, mensuales y anuales, por municipios, provincias, épocas del año, de las mitades occidental y oriental, así como para Cuba en total.

En el período estudiado Cuba registró una mortalidad general de 1 millón 823,602 personas, con una tasa anual de 8.1 muertes cada 1,000 hab. La provincia de la Habana tiene el máximo nacional con una tasa de 10.8 muertes por 1,000 hab.; y el mínimo ocurre en el municipio especial de la Isla de la Juventud, con una tasa anual de solo 5.6 muertes cada 1,000 hab.

Con respecto al comportamiento de la mortalidad general por provincias, la Habana presenta el máximo nacional con el 25.2 % del total de fallecidos en el país, le siguen otras tres provincias: Santiago de Cuba, Villa Clara y Holguín, todas con tasas anuales superiores al 8 %. Por tanto, solo en cuatro provincias cubanas se concentra la mitad de la mortalidad general ocurrida en el país durante el período analizado.

Según el Anuario Estadístico de Cuba 2022 (ONEI, 2023 la marcha multianual de la mortalidad general mantiene hasta el año 2022 un aumento gradual, que se puede caracterizar por una función lineal con coeficiente cuadrático $R^2 = 0.6868$; pero este comportamiento se interrumpe de manera abrupta en el año 2021 por el impacto producido por la epidemia de Covid-19 (Fig. 2), hecho que justificó la exclusión de la muestra de los últimos cuatro meses del año 2020.

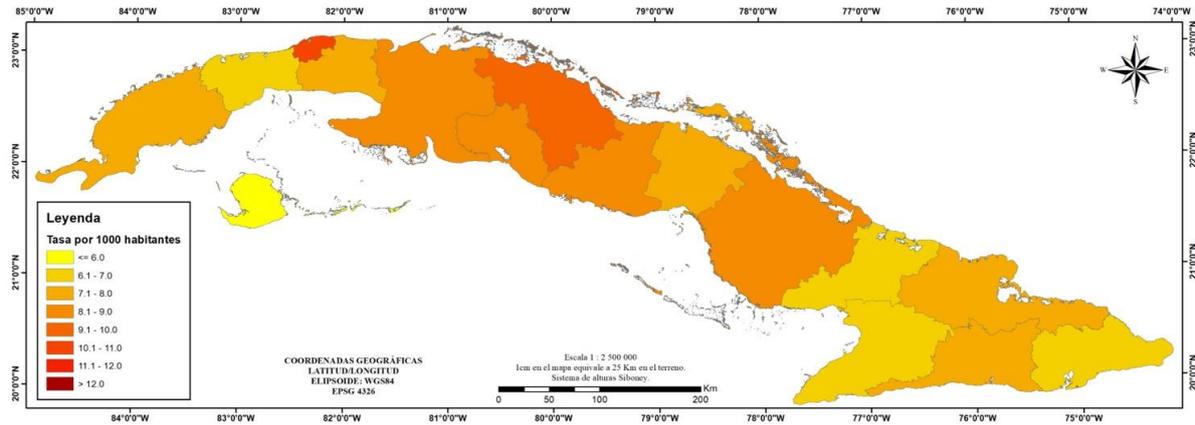
Figura 2 – Mortalidad anual en Cuba, por sexos y total, durante el período 1985-2022.



Fuente: Anuario Estadístico de Cuba, 2022.

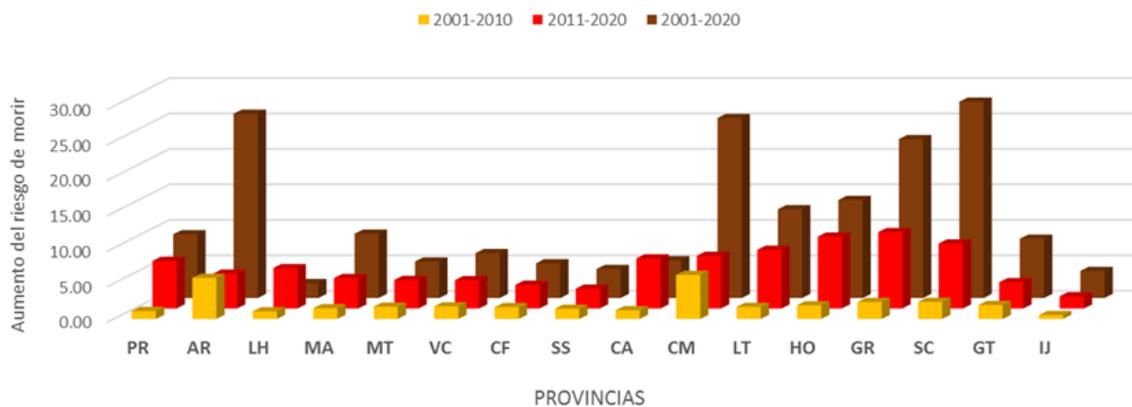
El mapa anual de las tasas provinciales de la mortalidad general en Cuba muestra su distribución geográfica, que ubica los máximos en las provincias de La Habana (10.8) y Villa Clara (9.3), seguidas por el resto de las provincias centrales y Camagüey. El mínimo está en la Isla de la Juventud (Figura 3).

Figura 3 – Distribución por provincias de las tasas anuales de la mortalidad general en Cuba (2001-2020).



La característica predominante de las tasas anuales de la mortalidad general en Cuba es su aumento gradual durante todo el período estudiado, lo cual se traduce en un aumento del riesgo de morir, pero hay marcadas diferencias entre provincias. El riesgo de morir en exceso ha aumentado notablemente en el período 2001-2020 en las diferentes provincias y regiones, tal y como muestra la Figura 4.

Figura 4 - Compara el riesgo de morir por provincias, entre decenios y para todo el período.

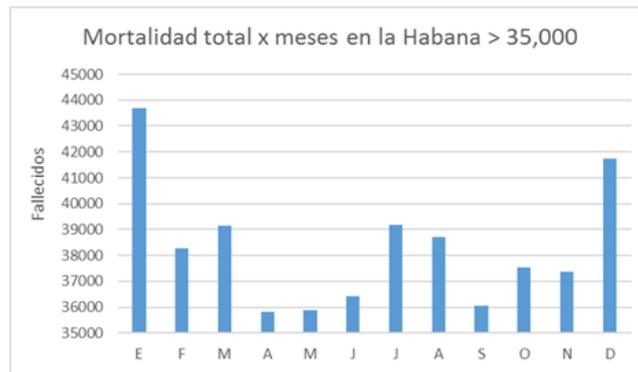


Los mayores aumentos provinciales corresponden a las provincias de Artemisa, Camagüey, Granma y Santiago de Cuba, todas con un riesgo de tener muertes en exceso 20 veces superior al existente en el año 2001. También es evidente el mayor riesgo de muertes en exceso en las provincias de la mitad oriental de Cuba.

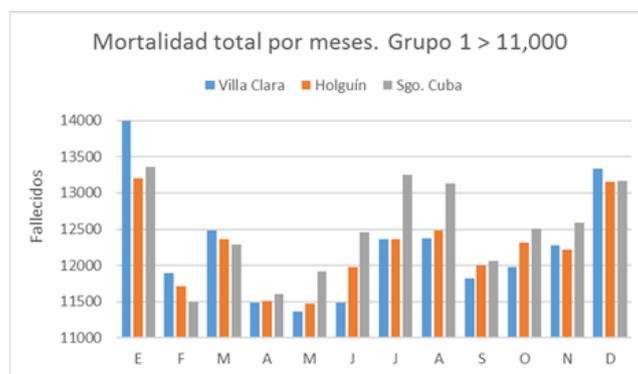
La marcha anual de la mortalidad general presenta dos máximos bien definidos en el país, los cuales ocurren en invierno y en verano, siendo mayor el primero, pero en la medida que se analiza su comportamiento por provincias desde Pinar del Río hasta Guantánamo, se observa que las diferencias provinciales entre el máximo invernal y el estival van disminuyendo, hasta que se invierte en la provincia de Santiago de Cuba, territorio donde el máximo estival es mayor que el invernal.

La diferencia estacional en la provincia de la Habana, que tiene la mayor mortalidad, es notable. El umbral mínimo de mortalidad mensual durante todo el período de 20 años es de 35,000 muertes por mes, siendo los meses de diciembre y enero los de máxima mortalidad, con más de 40,000 fallecidos cada uno, seguidos de marzo, julio y agosto con cerca de 39,000 fallecidos cada uno. O sea, existe en la capital del país una diferencia estacional que marca la presencia de máximos mensuales en épocas del año diferentes (Figura 5a).

Figura 5 – Fallecidos por meses en las provincias de mayor incidencia: (A) La Habana; (B) Villa Clara, Holguín y Santiago de Cuba



(a)



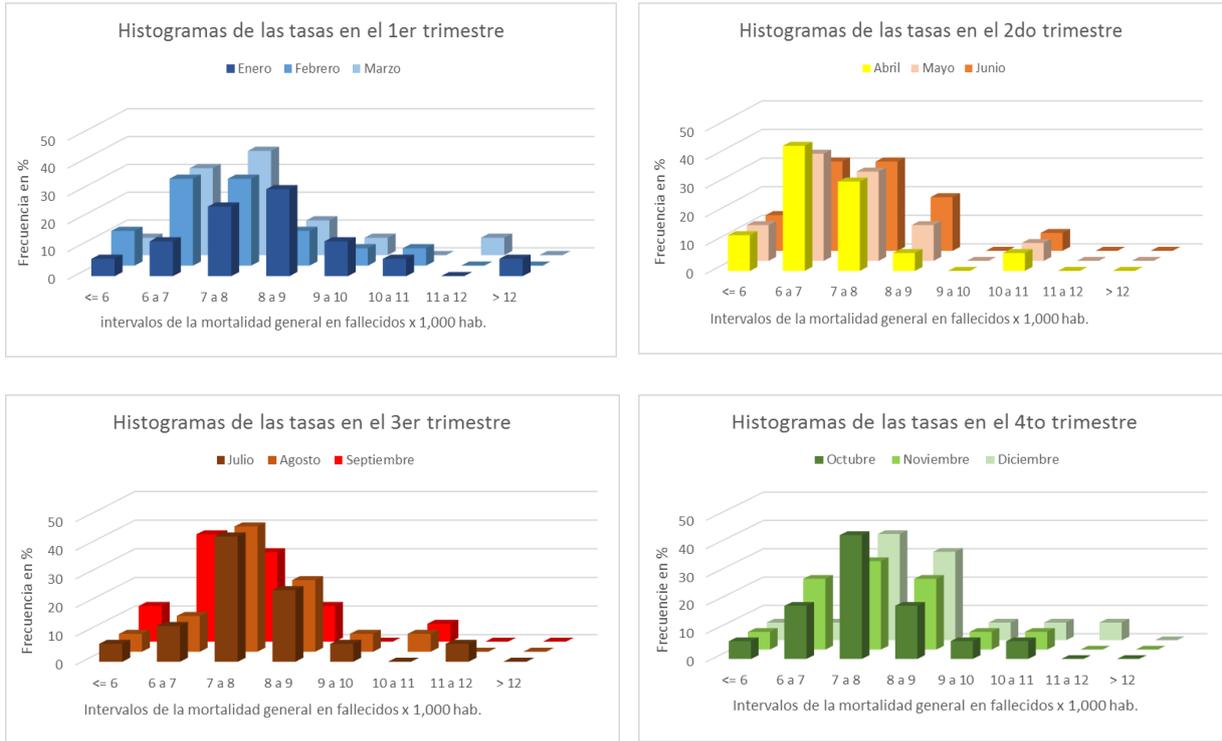
(b)

Un segundo grupo de provincias, integrado por Santiago de Cuba, Villa Clara y Holguín, siguen a la Habana en cantidad de fallecidos por mes, pero con un umbral mínimo de solo 11,000 muertes mensuales (Figura 5b). Los máximos estacionales repiten las características ya explicadas para la Habana, con la particularidad que Villa Clara reporta el máximo invernal de este grupo, mientras que Santiago de Cuba reporta el máximo estival, lo cual como se analiza más adelante, es una señal muy importante del vínculo entre la mortalidad y el clima de Cuba.

Otro resultado de interés se obtiene al valorar la estructura de los histogramas de las tasas de mortalidad provinciales por épocas del año. La combinación de la Figura 6 presenta los histogramas mensuales de las tasas de mortalidad provinciales agrupados por trimestres. Como se observa, en el primer trimestre (mes de enero) es el único caso donde la tasa de mortalidad sobrepasa los 12 fallecidos por 1,000 habitantes. Los casos con tasas mensuales entre 11 y 12 fallecidos por 1,000 habitantes se registran solo en marzo, julio y diciembre; pero los casos con tasas mensuales entre 10 y 11 fallecidos por 1,000 habitantes se observan en casi todos los meses del año, excepto marzo y julio.

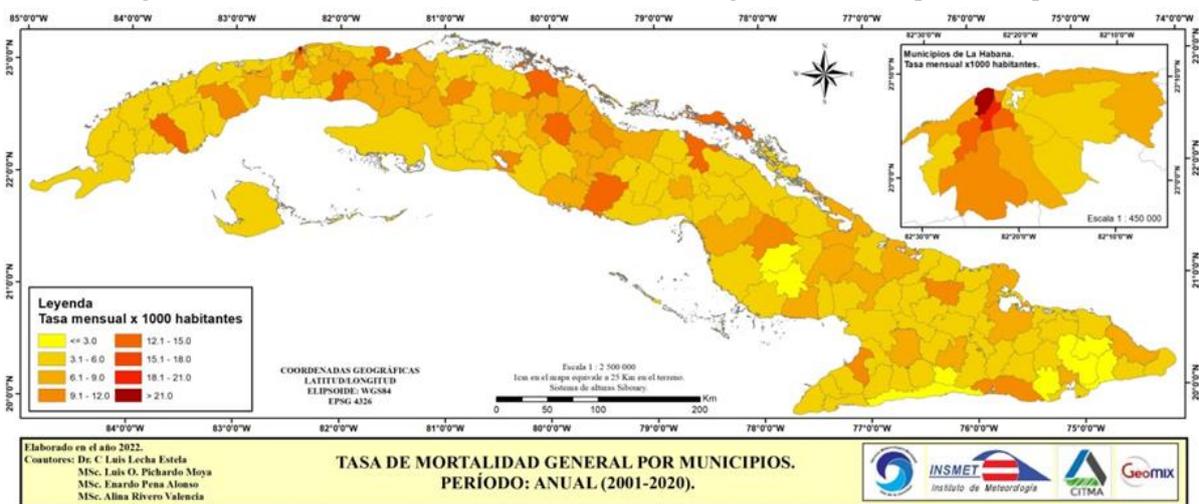
El mismo diseño, formato y proceso cartográfico se aplicó para elaborar los mapas de las tasas de mortalidad municipales por meses y anual. Las tasas municipales de la Habana aparecen en un recuadro aparte porque sus tasas de mortalidad municipales sobrepasan considerablemente a las del resto de los municipios del país.

Figura 6 – Histogramas mensuales de la mortalidad general por trimestres.



El mapa anual se muestra en la Figura 7, siendo la característica más destacada la elevada variabilidad espacial de las tasas municipales. De un mes a otro los municipios con mayores tasas cambian y no resulta fácil definir un patrón específico del comportamiento espacial; aunque si resulta evidente que las cabeceras provinciales y otros municipios importantes presentan las máximas tasas de mortalidad general. También se mantiene el resultado referido antes, que muestra la disminución de las tasas municipales de occidente a oriente, a lo largo de todo el país y en todos los meses del año. Hay más municipios con tasas elevadas en las regiones occidental y central que en la oriental.

Figura 7 – Distribución de la tasa anual de la mortalidad general en Cuba, por municipios.



3.2 Características de la mortalidad en exceso en Cuba

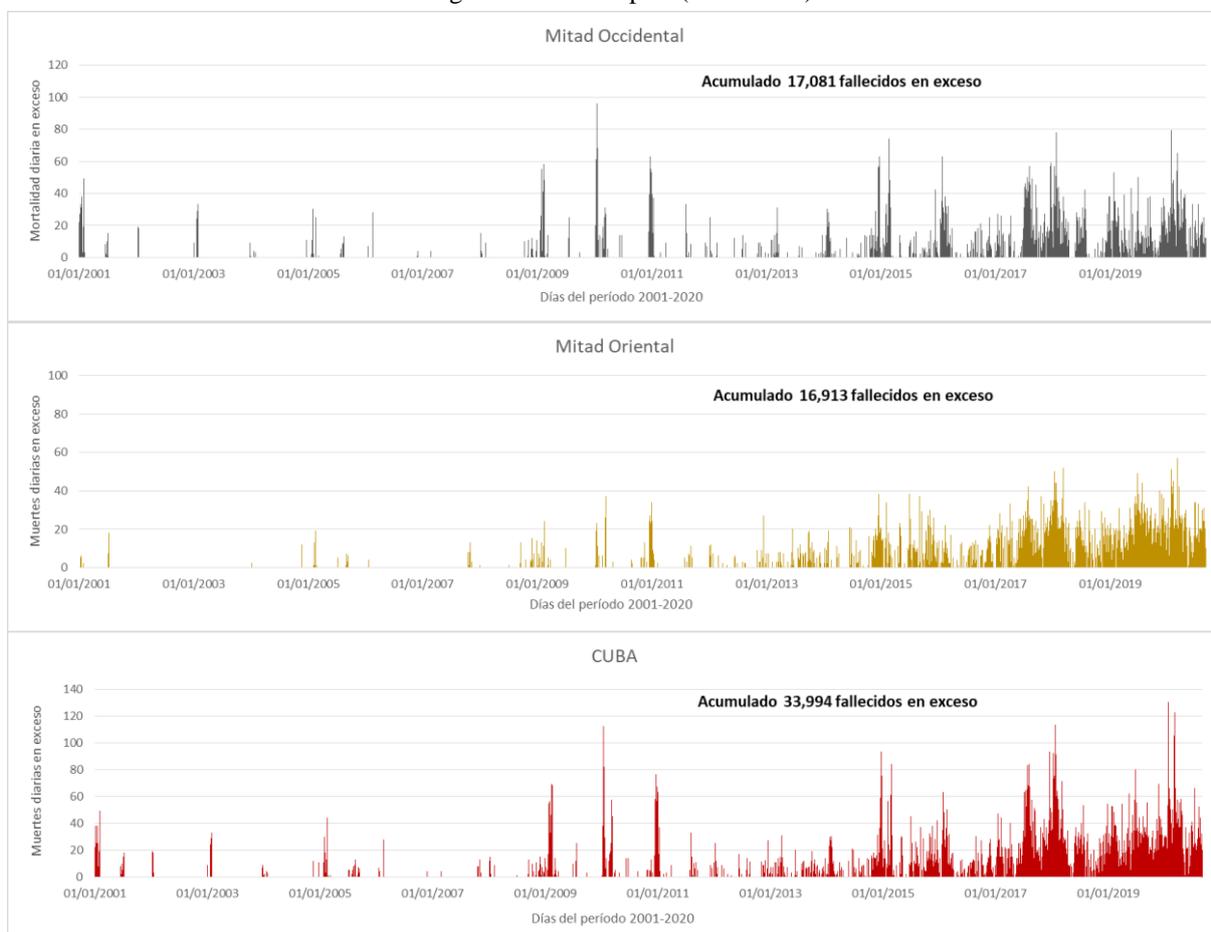
Según Checchi y Roberts (2005), “...la mortalidad en exceso es aquella que tiene lugar por encima de lo habitual, en un lugar y momento dados”. Para establecer el

comportamiento habitual, se requiere de una línea base que sea la norma de referencia de los valores reales de cada día, semana, mes o cualquier otro intervalo de tiempo cronológico escogido. Por tanto, es usual que su valor se considere equivalente a la cantidad de fallecidos que ocurre por encima del promedio más la desviación estándar de una serie de mortalidad establecida como referencia para un intervalo de tiempo y lugar dados.

Al total de 1 millón 823,602 muertes registrado en Cuba durante el período 2001-2020, se descontaron 118,829 fallecidos por accidentes de todo tipo a lo largo de toda la serie temporal de 7,305 días. Además, se obvió de la base de datos la mortalidad ocurrida entre septiembre y diciembre de 2020, por estar dicho período afectado por la epidemia de Covid-19, quedando la muestra de la mortalidad general reducida a 1 millón 668,597 fallecidos entre el 1 de enero de 2001 y el 31 de agosto de 2020, sin accidentes y sin Covid-19.

El cálculo final de la mortalidad en exceso arrojó un total de 17,081 muertes en exceso en la mitad occidental, 16,913 en la mitad oriental y 33,994 en todo el país, cuyas marchas diarias se muestran en la combinación de la Figura 8.

Figura 8 – Marchas diarias de la mortalidad en exceso en las mitades occidental y oriental de Cuba y su valor integrado en todo el país (2001-2020).



En primer lugar, se destaca el aumento de la mortalidad en exceso (MortEx) a partir del bienio 2009-2010, y especialmente desde el año 2015. Son relevantes tres días con MortEx superior a 80 fallecidos/día en la mitad occidental, que acumulan 272 muertes en exceso por un evento de frío extremo entre los días 12 y 14 de enero de 2010.

Los máximos orientales son cinco casos superiores a 50 muertes en exceso, registrados a razón de dos casos en enero y marzo de 2018, respectivamente, y otros tres casos el 24 de enero de 2020 y dos más los días 3 y 4 de marzo del mismo año. La Tabla 4 muestra el comportamiento de la mortalidad en exceso en ambas mitades de Cuba y en todo el país.

Tabla 4 – Cálculo de la mortalidad en exceso (MortEx) en ambas mitades de Cuba y todo el país.

RESULTADOS DE LA MITAD OCCIDENTAL							
MUERTES EN EXCESO				DÍAS CON MORTEX			
Clases	Casos	Frec. %	Suma %	Clases	Días	Frec. %	Suma %
<=20	6791	39.76	39.76	<=20	800	72.73	72.73
<=40	6388	37.40	77.16	<=40	227	20.64	93.36
<=60	2676	15.67	92.82	<=60	56	5.09	98.45
<=80	955	5.59	98.41	<=80	14	1.27	99.73
>80	272	1.59	100.00	>80	3	0.27	100.00
SUMAS	17081	100.00		SUMAS	1100	100.00	
RESULTADOS DE LA MITAD ORIENTAL							
MUERTES EN EXCESO				DÍAS CON MORTEX			
Clases	Casos	Frec. %	Suma %	Clases	Días	Frec. %	Suma %
<=20	9286	54.90	54.90	<=20	1072	79.11	79.11
<=40	6798	40.19	95.10	<=40	265	19.56	98.67
<=60	830	4.91	100.00	<=60	18	1.33	100.00
>60	0	0.00	100.00	>60	0	0.00	100.00
SUMAS	16913	100.00		SUMAS	1355	100.00	
RESULTADOS DE CUBA							
MUERTES EN EXCESO				DÍAS CON MORTEX			
Clases	Casos	Frec. %	Suma %	Clases	Días	Frec. %	Suma %
<=20	10334	30.40	30.40	<=10	1197	65.20	65.20
<=40	12150	35.74	66.14	<=20	440	23.97	89.16
<=60	6584	19.37	85.51	<=30	135	7.35	96.51
<=80	2923	8.60	94.11	<=40	43	2.34	98.86
<=100	1314	3.86	97.97	<=50	15	0.82	99.67
<=120	437	1.28	99.26	<=60	4	0.22	99.89
>120	253	0.74	100.00	>60	2	0.11	100.00
SUMAS	33994	100.00		SUMAS	1836	100.00	

Las muertes en exceso de la mitad occidental sobrepasan en 168 fallecidos los valores de la parte oriental de Cuba, pero están distribuidos en 255 días menos, con relación a la mitad oriental, de donde resulta una mayor proporción diaria para esta parte del país. El promedio nacional está alrededor de los 18.5 fallecidos en exceso por día, pero los días con ocurrencia de MortEx solo representan el 25.1 % de los días con mortalidad.

A nivel nacional se identifican cinco máximos de MortEx que sobrepasan las 100 muertes diarias. El máximo absoluto de 130 fallecidos en exceso ocurre el 24 de enero de 2020 ya mencionado, y tuvo lugar en el contexto de seis días consecutivos con influencia de una intensa masa de air polar, con varios cambios contrastantes del estado del tiempo, acumulando en ese período un total de 190 muertes en exceso.

En la muestra nacional se encuentran 64 días con más de 60 muertes en exceso y el primero ocurre el 8 de febrero de 2009, antes no existen casos con esa magnitud, su incidencia es predominante entre noviembre y marzo con 50 días (78 %), estando el máximo de 19 días en enero. La ocurrencia de MortEx invernal se asocia a varios efectos meteoro-trópicos extremos: el más notable, aunque menos frecuente, es la llegada hasta Cuba de las invasiones del aire polar, como consecuencias de rupturas en la circulación del Vórtice Polar Ártico, pero también son relevantes los cambios de tiempo debidos a la influencia de los sistemas frontales, los ciclones extratropicales y las masas de aire frío continentales, todos capaces de

generar importantes efectos meteoro-trópicos sobre las personas en situación de vulnerabilidad y poco adaptadas al descenso marcado de la temperatura ambiente, especialmente cuando estos procesos afectan la mitad oriental del país.

Los 14 días restantes (22 %) ocurren en verano: uno en mayo de 2019, tres en junio de 2019, siete en julio de 2017, uno en julio de 2020 y dos en agosto de 2017, por lo que se trata de hechos relativamente recientes.

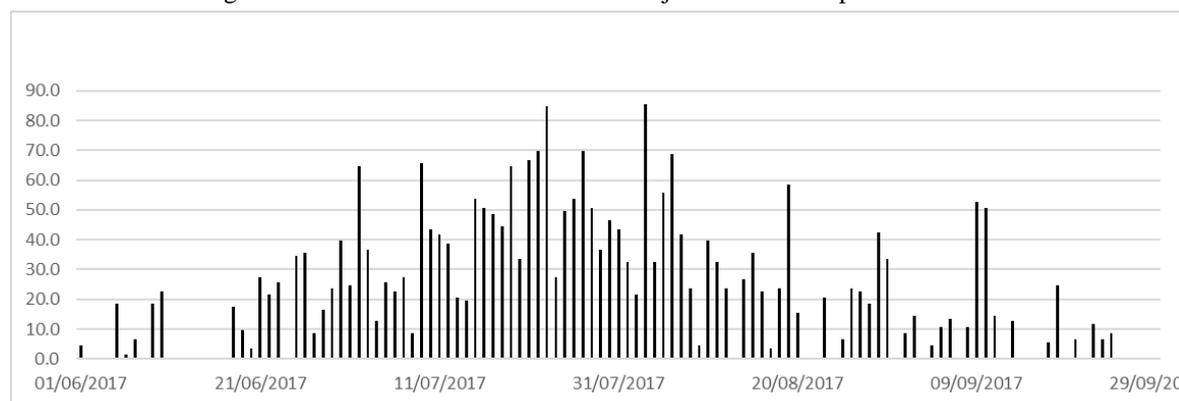
Precisamente, los aumentos diarios de la MortEx asociados al calor muy intenso en los meses del verano no ocurren en días aislados, porque la adaptación al calor de la población cubana es muy buena y varios estudios indican que se necesitan, al menos tres días consecutivos con mucho calor, para que empiecen a ocurrir las meteoropatías asociadas (LECHA *et al.*, 2015; BARCIA *et al.*, 2021), incluyendo el aumento de la mortalidad diaria.

La génesis de la MortEx estival es muy diferente a la de los episodios invernales. En el verano las olas de calor ocurren durante la persistencia de días con buen tiempo, pero muy cálidos y soleados, con vientos débiles y escasas precipitaciones, vinculados a la influencia cercana del anticiclón subtropical del Atlántico norte, cuando aumenta su intensidad y ocupa una amplia extensión vertical y horizontal, penetrando en cuña hasta México, disminuyendo los procesos de precipitación y desplazando el paso habitual de las ondas tropicales más al sur de Cuba.

El predominio de esa situación sinóptica caracterizó el verano de 2017 en el país, cuando se registró una ola de calor de larga duración que abarcó desde el 19 de junio hasta el 14 de septiembre de ese año (Fig. 9), acumulando un total nacional de 2,621 muertes en exceso, con dos máximos diarios superiores a 80 fallecidos en exceso los días 24 de julio y 4 de agosto, respectivamente.

Esta prolongada ola de calor estuvo conformada por seis períodos de días consecutivos, separados por un día aislado sin mortalidad en exceso, siendo el más largo de 49 días, comprendido entre el 26 de junio y el 13 de agosto, etapa en que hubo 1,967 muertes en exceso en todo el país, equivalentes al 75 % de la mortalidad en exceso ocurrida ese verano.

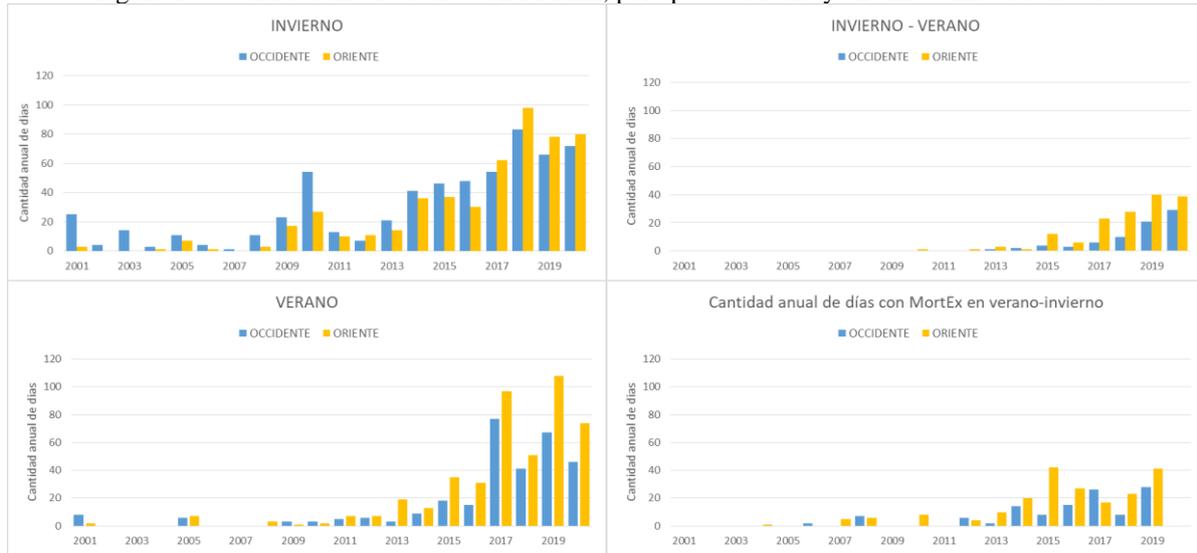
Figura 9 – MortEx diaria en Cuba del 1 de junio al 30 de septiembre de 2017.



3.3 El comportamiento estacional de la mortalidad en exceso

La Figura 10 muestra el resumen del comportamiento multianual de la MortEx en ambas mitades de Cuba y por épocas del año. Solo en el invierno los días con MortEx son apreciables antes del año 2009, pues como regla, el aumento marcado de la mortalidad diaria por encima de sus valores habituales se inicia después del año 2014 en todas las épocas del año, siendo más relevante en invierno y verano, con máximos cercanos o sobre los 100 fallecidos/día.

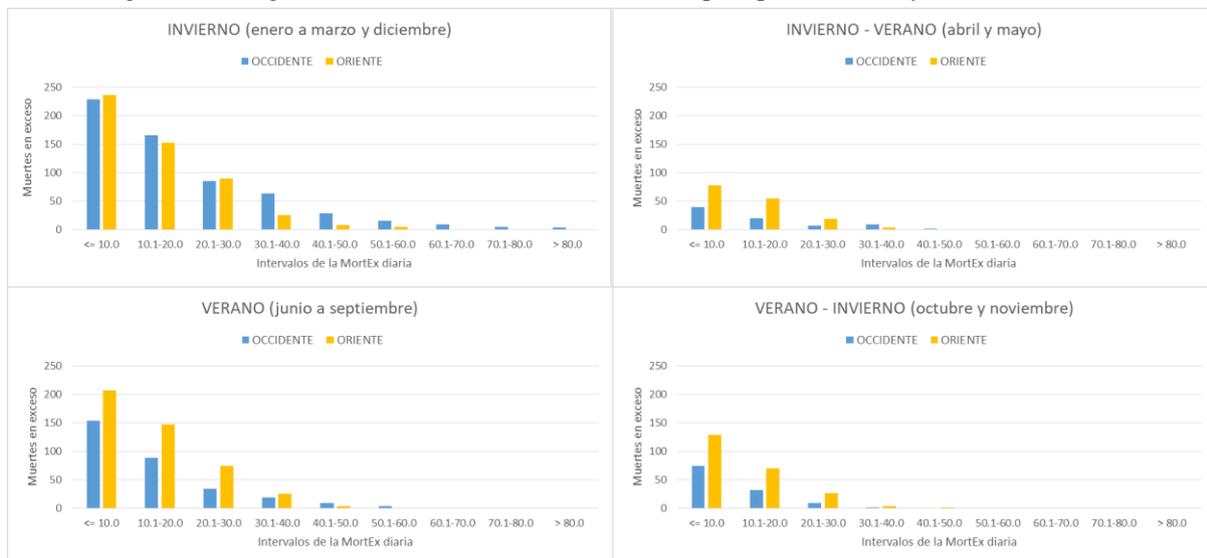
Figura 10 – Cantidad anual de días con MortEx, por épocas del año y en ambas mitades de Cuba.



También resulta de interés analizar la cantidad de fallecidos en exceso por día, indicador que varía de la mitad occidental a la oriental y según la época del año. La Figura 11 muestra este comportamiento, y se aprecia que en la mitad oriental la cantidad de muertes por día es generalmente mayor al valor de la mitad occidental, excepto en invierno, donde ocurre lo contrario.

Una segunda característica es que la MortEx invernal alcanza valores muy elevados en invierno, superiores a los 80 fallecidos/día, seguida de la MortEx en verano, cuyos máximos no sobrepasan el umbral de los 60 fallecidos/día. En el tránsito del invierno al verano la magnitud máxima queda entre 40 y 50 muertes diarias, estando el mínimo anual en el tránsito del verano al invierno, con magnitudes inferiores a los 40 fallecidos/día.

Figura 11 – Magnitud de la mortalidad diaria en exceso por épocas del año y en ambas mitades.



3.4 Relación entre las condiciones meteorológicas y la mortalidad en exceso

Los resultados del análisis de correspondencia entre la mortalidad diaria en exceso, los procesos sinópticos y las temperaturas extremas del aire se ofrecen en la Tabla 5. Como se observa, resulta notable que todas las relaciones entre las variables analizadas quedan probadas satisfactoriamente para el exigente nivel de significación de $p=0.005$, excepto en el

caso de la asociación entre la mortalidad diaria de la mitad oriental de Cuba y los subtipos sinópticos que influyen sobre esa región, lo cual se logra para un nivel de significación de $p=0.975$, menos exigente, que no deja dudas sobre la diferencia existente entre ambas mitades del país.

Tabla 5 – Correspondencia entre la MortEx, los procesos sinópticos y las temperaturas extremas diarias del aire ($p=0.005$).

Pares de variables comparadas	Grados de Libertad	Umbral ($p = 0.005$)	Valor Chi-Cuadrado	Prob. p	Cumple
MortCuba – MEC	32	56.7854	117.650	0.0000	Sí
MortCuba – Tmáxima.	16	34.2672	257.372	0.0000	Sí
MortCuba – Tmínima.	16	34.2672	238.439	0.0000	Sí
MortOcc – MEC	32	56.7854	112.364	0.0000	Sí
MortOcc – TSS Occid.	72	104.215	115.508	0.0009	Sí
MortOcc – Tmáx. Occid.	16	34.2672	353.829	0.0000	Sí
MortOcc – Tmín. Occid.	16	34.2672	383.181	0.0000	Sí
MortOri – MEC	32	56.7854	92.2094	0.0000	Sí
MortOri – TSS Oriente	72	104.215	62.6749	0.7753	No
MortOri – Tmáx. Oriente	16	34.2672	100.772	0.0000	Sí
MortOri – Tmín. Oriente	16	34.2672	60.5045	0.0000	Sí

Una vez confirmada la existencia de una relación objetiva entre la mortalidad en exceso y los datos representativos de los procesos y elementos meteorológicos, se efectuó el análisis por pares de variables de sus interacciones recíprocas mediante el programa *TabCont*.

Los resultados de la interacción entre la mortalidad en exceso de Cuba y los macroprocesos de la circulación (MPC) que influyen sobre la región América se ofrecen en la Tabla 6, estando también disponibles los resultados para ambas mitades del país y los valores correspondientes del *FIB* y el *FIB* estandarizado, calculado mediante la suma de las frecuencias de los intervalos con más de 15 fallecidos en exceso por día.

De esta forma el *FIB* estandarizado expresa numéricamente la magnitud del peligro meteoro-trópico asociado a los MPC que influyen sobre la región América, incluyendo a Cuba, y solo una pequeña fracción de los días del período analizado, llegan a tener un valor realmente peligroso, pero cuando ocurren, el impacto sobre la salud de la población es elevado, especialmente en el caso del AME3.

La comparación del *FIB* estandarizado en las dos mitades del país y Cuba completa indica que el macroproceso AME3 resulta el más peligroso, con valores unitarios del *FIB* en los tres territorios. Le sigue AME6 con *FIB* estandarizado que varía entre 0.56 y 0.82, según la región; y después el proceso AME1 ocupa el tercer lugar según el valor del *FIB*, que en este caso oscila entre 0.48 y 0.60. El resto de los MPC tiene valores del *FIB* inferiores a 0.32.

Tabla 6 – Frecuencias por intervalos entre los MPC del sector América y la mortalidad diaria en exceso de Cuba.

MortEx	AME1	AME2	AME3	AME4	AME5	AME6	AME8	AME9	AME10
>75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00
<=75	0.24	0.26	0.00	0.11	0.12	0.00	0.00	0.12	0.25
<=60	0.72	0.92	0.00	0.11	0.37	1.60	0.00	0.30	1.10
<=45	1.91	1.45	1.65	0.23	1.22	2.24	0.00	1.62	2.82
<=30	6.46	9.10	6.04	4.20	7.92	5.13	3.68	6.23	6.37
<=15	90.67	88.26	92.31	95.34	89.77	91.03	96.32	91.73	89.46
Sumas	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
FIB	1.3859	0.9618	2.6243	0.3287	0.7738	1.7860	0.6478	0.3076	0.8019
FIB Est.	0.5281	0.3665	1.0000	0.1253	0.2949	0.6805	0.2468	0.1172	0.3056

Nota: el tipo AME7 no se observa en la región América.

AME3 está estrechamente asociado a los “Sures” que influyen sobre Cuba. Le sigue AME6, representativo de la condición opuesta: los flujos del “Norte”, muy ligados a la entrada de los frentes clásicos; mientras que AME1 es realmente poco frecuente, pues está asociado a los flujos del “Oeste” sobre Cuba, generalmente vinculados a procesos ciclónicos extratropicales con génesis en el Golfo de México o porción meridional de los EE.UU.

A partir de este resultado se puede afirmar que la génesis primaria de los efectos meteoro-trópicos extremos que actúan como un factor predisponente para el aumento de la mortalidad diaria en Cuba está en la influencia los macroprocesos sinópticos más intensos y contrastantes, capaces de producir notables transportes de masa y energía entre la zona continental de Norteamérica y el Caribe, especialmente durante el invierno, época que presenta el mayor peligro para la salud humana en Cuba.

El mismo proceso de análisis bivariado mediante el programa *TabCont* se repitió con los datos de los MPC, los subtipos de situaciones sinópticas y la mortalidad diaria en exceso. Los valores del *FIB* que establecen el nivel de peligro asociado a los MPC del sector América al influir sobre Cuba se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7 – Valores del *FIB* estandarizado para los MPC del sector América.

MPC	AME1	AME2	AME3	AME4	AME5	AME6	AME8	AME9	AME10
Occidente	0.5958	0.4036	1.0000	0.0978	0.2949	0.8264	0.1899	0.1053	0.3198
Oriente	0.4863	0.2707	1.0000	0.1637	0.2906	0.5622	0.3583	0.1334	0.2574

Nota: el tipo AME7 no se observa en la región América.

Ambas mitades de Cuba muestran diferencias importantes con respecto a las relaciones encontrada entre los tipos de situaciones sinópticas influyentes y la mortalidad diaria en exceso, por épocas del año y decenios.

En la mitad occidental el subtipo de TSS (STSS 1) resulta el más peligroso en tres épocas del año: el invierno, durante el tránsito del invierno al verano y en el tránsito opuesto del verano al invierno; pero en el verano el STSS 17 resulta el más peligroso. O sea, tanto la influencia anticiclónica oceánica como la continental resultan muy peligrosas cuando su ocurrencia tiene lugar en la época del año en que no es habitual su presencia. Sin embargo, en el contexto anual, el subtipo más peligroso es el STSS 9, representativo de la influencia directa de las bajas o ciclones extratropicales sobre el territorio cubano.

En la mitad oriental se mantiene el subtipo 1 como el de mayor *FIB* en el invierno, pero durante el tránsito del invierno al verano cambia al subtipo 5 (débil gradiente de presión), pasa al STSS 18 en el verano y regresa al STSS 1 durante el tránsito del verano al invierno. En la mitad oriental el subtipo anual de mayor *FIB* es el STSS 12, representativo de la influencia lejana (fuera de la circulación cerrada) de las bajas o ciclones extratropicales.

A partir de la relación existente entre la mortalidad diaria en exceso y los promedios diarios de las temperaturas extremas del aire en ambas mitades de Cuba, se aplicó de nuevo el programa *TabCont* para determinar las frecuencias de todos los intervalos de interconexión entre las temperaturas extremas diarias del aire y la mortalidad en exceso.

La mayor mortalidad en exceso en las dos regiones está asociada a la influencia anticiclónica, con diferencias notables en los casos de las masas de aire oceánicas o continentales, cuyos impactos son distintos, según la época del año y región a considerar, tal y como se muestra en la Tabla 8. En el verano los anticiclones continentales no influyen sobre la MortEx de la mitad oriental de Cuba y en las otras tres épocas del año, los niveles de ocurrencia de la mortalidad en exceso, asociados a los STSS 17 a 19 son menores a los umbrales occidentales, ya que en esta parte del país las sensaciones de frío no alcanzan los mínimos notables que se reportan en el occidente y centro de Cuba.

Los valores del *FIB* estandarizado, que representa la magnitud del peligro de las variables del régimen térmico local, se calcularon para Cuba y sus dos mitades mediante el

mismo proceso antes descrito para los procesos sinópticos, considerando un paso de 2°C para el intervalo de 12°C a 40°C en que se mueven las temperaturas máximas diarias y de 2°C a 30°C como rango de las mínimas. También fue posible determinar las funciones matemáticas que permiten el cálculo del *FIB* estandarizado de las temperaturas extremas diarias medias del aire de Cuba y sus mitades occidental y oriental, aspecto este esencial para incorporar estos algoritmos al servicio de pronósticos biometeorológicos.

Tabla 8. Resumen de la relación entre los STSS y los días con MortEx por épocas del año.

STSS	INVIERNO		INVIERNO-VERANO		VERANO		VERANO-INVIERNO	
	Occidente	Oriente	Occidente	Oriente	Occidente	Oriente	Occidente	Oriente
1	0.50	0.97	0.00	0.00	19.87	20.57	1.72	0.87
2	2.16	3.11	1.32	4.55	17.26	17.51	0.86	2.18
3	10.65	17.09	6.58	16.23	18.24	14.00	14.66	19.21
4	10.32	10.87	30.26	29.22	10.42	12.69	2.59	6.11
5	8.32	11.65	17.11	17.53	10.75	7.66	6.03	17.03
6	0.00	0.00	1.32	1.30	4.23	5.69	5.17	3.06
7	0.00	0.97	1.32	3.25	13.68	18.16	1.72	7.42
8	0.67	0.97	2.63	3.25	1.63	2.84	4.31	6.55
9	0.83	0.39	0.00	0.65	0.00	0.00	0.00	0.44
10	0.17	0.00	1.32	0.00	0.00	0.00	0.86	0.00
11	2.16	2.52	3.95	0.65	0.00	0.00	2.59	1.31
12	1.50	0.97	1.32	0.65	0.00	0.00	1.72	0.87
13	4.99	6.41	3.95	3.25	0.00	0.00	4.31	1.31
14	1.00	1.17	1.32	0.00	0.00	0.00	0.00	2.62
15	2.00	2.72	1.32	1.95	0.00	0.00	2.59	3.49
16	1.16	2.52	3.95	0.00	0.00	0.00	2.59	2.62
17	11.48	5.24	2.63	1.30	0.65	0.00	11.21	3.06
18	21.96	14.17	7.89	6.49	1.95	0.66	21.55	12.23
19	20.13	18.25	11.84	9.74	1.30	0.22	15.52	9.61
SUMAS	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Todas las funciones obtenidas son polinomios de segundo grado, donde la variable *Y* es el *FIB* estandarizado y la variable *X* es el valor medio diario de la temperatura máxima o mínima del aire en una provincia, región o todo el país. Por ejemplo, para toda Cuba, el *FIB* de la temperatura máxima media diaria del aire se puede calcular mediante la expresión siguiente:

$$Y = 0.0027 * X^2 - 0.1164 * X + 1.3554 (R^2 = 0.9916) \quad (5)$$

Entonces, el valor del *FIB* estandarizado para una temperatura máxima media diaria del aire de 34.2°C en toda Cuba, resulta igual a 0.53.

3.5 Discusión

La comparación de los resultados obtenidos en las mitades occidental y oriental de Cuba muestra importantes diferencias entre ambos territorios, más allá de lo que hasta ahora se daba por conocido. En el caso de la mortalidad diaria en exceso no existen referencias previas sobre su comportamiento en Cuba, por lo que se aporta un nuevo conocimiento de interés sanitario y biometeorológico.

Durante el verano la máxima mortalidad en exceso (MortEx) del occidente se relaciona con los cambios de intensidad del anticiclón oceánico, debido a que alterna su influencia con los días con gradientes de presión débiles y el paso de las ondas tropicales, pero en la mitad oriental los STSS 1 y 7 son más importantes. En la etapa de transición del verano al invierno, la máxima mortalidad en exceso del occidente está asociada a la dinámica de cambio entre la influencia oceánica débil (STSS 3) y influencia de las altas presiones continentales en proceso de transformación (STSS 18 y 19), mientras que en la mitad oriental se agrega el impacto de los días con gradientes de presión débiles, generalmente muy calurosos (STSS 5).

En el invierno se mantiene como muy peligrosa para ambos territorios la presencia de los procesos extratropicales, así como la influencia extemporánea del anticiclón oceánico. Durante el tránsito del invierno al verano se alcanza la máxima relación observada entre la mortalidad en exceso y los STSS, asociada al STSS 4 en las dos mitades del país, seguida por el STSS 5 cuya frecuencia es superior a 17 % en esta etapa; pero en la mitad oriental se agrega la influencia del STSS 3.

Resulta característica para la etapa del tránsito invierno-verano, la ocurrencia de condiciones de hipoxia, asociadas al debilitamiento brusco de la influencia anticiclónica, tanto oceánica como continental, con el consecuente aumento de la temperatura y la humedad del aire, así como la disminución de la presión atmosférica, proceso que puede provocar disminuciones bruscas del contenido de oxígeno (hipoxia), que acompañan la ocurrencia de las sensaciones de calor intenso. Además, en la mitad occidental el *FIB* del STSS 11 (baja o ciclón extratropical) aumenta al valor de 0.1451, indicando la importancia relativa de los “Sures de Cuaresma” en la ocurrencia de condiciones de hipoxia moderadas a fuertes que explican la génesis de efectos meteoro-trópicos extremos, capaces de aumentar la mortalidad diaria en exceso.

La dinámica del ciclo tropical – extratropical - tropical que influye sobre el occidente y oriente de Cuba es compleja, pero constituye una regularidad biometeorológica. Su influencia produce efectos meteoro-trópicos diferentes, a veces extremos y se caracteriza por elevados valores del *FIB*. Por ejemplo: al paso de los frentes fríos ocurren cambios de tiempo con alto contraste biometeorológico: de hipoxia a hiperoxia; le sigue el período con influencia del anticiclón continental en proceso de transformación, donde la hiperoxia alcanza su máximo; y al final, antes de que el centro continental se integre con el anticiclón oceánico, ocurre un nuevo cambio de tiempo inverso (de hiperoxia a hipoxia) también con elevado contraste biometeorológico.

A veces, de un ciclo al siguiente el tiempo que transcurre es corto y la secuencia de cambios contrastantes de hipoxia-hiperoxia-hipoxia produce impactos notables sobre la salud de las personas vulnerables. En otras ocasiones aumenta el tiempo entre un ciclo y el siguiente, dando paso temporalmente a la influencia de las altas presiones oceánicas. Es en tales circunstancias que se justifica el máximo valor del *FIB* estandarizado del TSS 1 durante el invierno y en la transición invierno-verano. Además, en estas épocas se destaca la influencia de los subtipos 9 y 11 sobre la mortalidad diaria.

En el tránsito otoñal del verano al invierno se activan nuevamente los efectos meteoro-trópicos vinculados a los anticiclones continentales y su alternancia o cambio inter-diario con el STSS 3, pero aparece en la mitad oriental el STSS 5 con una frecuencia de 17 %, uniéndose al grupo de los STSS más relevantes en su relación con la MortEx.

Se destaca la relación de los ciclones tropicales con la MortEx (STSS 6) tanto en el verano de la mitad oriental, como en el tránsito verano-invierno de la mitad occidental, alcanzando en ambos momentos una frecuencia superior a 5 %, que es el máximo anual de este subtipo.

La relación de la mortalidad en exceso con las temperaturas extremas medias diarias del aire aporta también varios elementos de interés. En primer lugar, queda muy claro que es correcto hablar de la ocurrencia de olas de calor y frío en Cuba, con las mismas características de frecuencia, intensidad y duración que tienen en otros países y regiones geográficas, pero lógicamente, con umbrales de inicio y final que son propios de la capacidad de adaptación de la población cubana.

Existen diferencias regionales relevantes en la génesis más probable de los efectos meteoro-trópicos asociados al frío o calor extremos. En las provincias occidentales la mayoría de los máximos diarios de la mortalidad en exceso sobrepasan los 30 fallecidos/día y suceden en los meses invernales; mientras que en la mitad oriental está aumentando la incidencia de la MortEx con magnitud inferior a los 30 fallecidos/día, pero estos eventos ocurren en secuencias de varios días sucesivos, por lo cual el acumulado de la mortalidad en exceso puede ser elevado.

Por la complejidad del tema y sus implicaciones, estas posibles relaciones entre las variables analizadas, seguirá siendo estudiada para recopilar nuevas evidencias que permitan conocer las causas y características de estas preocupantes tendencias observadas, tanto en las variables sanitarias como en las climáticas.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se logra una línea base homogénea y representativa de la mortalidad en Cuba, tanto general, como por las principales causas de muerte y en exceso. Se logra también una adecuada representación cartográfica de las tasas de mortalidad anuales, por meses, provincias y municipios, todo lo cual se incorpora a la Infraestructura de Datos Espaciales de la Tarea Vida y a la Dirección Nacional de Estadísticas del Ministerio de Salud Pública para su uso público y consulta especializada.

Se procesa por primera vez en el país información estadística representativa y confiable sobre la ocurrencia de la mortalidad diaria en exceso, estando la génesis de los máximos observados en el período 2001-2020, asociada a la ocurrencia de accidentes catastróficos del transporte, a la epidemia de Covid-19 y a la presencia de efectos meteoro-trópicos extremos, con el mismo orden de magnitud.

Se encuentran relaciones objetivas entre el comportamiento de la mortalidad diaria en exceso, la influencia de los procesos sinópticos que afectan a las mitades occidental y oriental de Cuba y el promedio diario regional de las temperaturas extremas del aire, actuando bajo determinadas condiciones como efectos meteoro-trópicos extremos, que constituyen factores predisponentes del aumento de la mortalidad diaria.

Los resultados muestran un preocupante aumento de la mortalidad general y de la mortalidad en exceso a partir del bienio 2009-2010. Pueden ser variadas las causas de este comportamiento, incluso puede haber más de un factor externo actuando de forma simultánea; pero resulta muy probable que los cambios observados en el clima del país tengan una influencia significativa en este hecho, por lo cual es muy recomendable seguir profundizando en los estudios dirigidos a determinar la génesis de los máximos diarios de la mortalidad en exceso y establecer con claridad: ¿cuántos de estos ocurren asociados a los diversos tipos de efectos meteoro-trópicos extremos que influyen sobre el país?

5. REFERENCIAS

ALFONSO, A. **Climatología de las tormentas locales severas de Cuba. Cronología.** La Habana: Ed. Academia, 1994. 168p. ISBN 959-02-0060-5.

ARRASTÍA, M.; LIMIA, M. **Energía y Cambio Climático**. La Habana: Ed. Academia. 2011. 247p. ISBN 978-959-270-227-1.

BARCIA, S.; OTERO, M.; HERNÁNDEZ, D.; GÓMEZ, D.; CAMACHO, L. Comparación de diferentes índices bioclimáticos en Cuba. **Revista Cubana de Meteorología**, v. 26, n.3, p.1-10, 2020.

CHECCHI, F; ROBERTS, L. Interpreting and using mortality data in humanitarian emergencies: a primer for non-epidemiologists. **Humanitarian Practice Network**, 25. Overseas Development Institute, 2005. 87p.

CONNER, M. A. Approaches to climate change & health in Cuba. Interview with Cuban climate change experts: Guillermo Mesa and Paulo Ortíz. **Medicc Review**, v. 2, p.6-9, 2015.

DE LA VEGA, T.; PÉREZ, V.; ALERM, A.; LECHA, L. El asma bronquial y su asociación con los cambios de tiempo. **Revista Cubana de Medicina General Integral**, v. 26, n. 4, p. 665-672, 2010. ISSN 0864-2125.

DE LA VEGA, T.; PÉREZ, V.; ALERM, A.; LECHA, L.. Estrategia de intervención para la monitorización y reducción de las crisis de asma bronquial aplicando un sistema de alerta temprana. **Revista Cubana de Medicina General Integral**, v. 27, n. 2, p. 754-763, 2011. ISSN 0864-2125.

DE LA VEGA, T; LECHA, L. **Prevención y mitigación de los efectos del estado del tiempo sobre la salud humana. Parte I: las crisis agudas de asma bronquial**. En: SALUD Y DESASTRES. EXPERIENCIAS CUBANAS, v. 2. La Habana: Ed. Ciencias Médicas, p. 85-98, 2011. ISBN 978-959-212-547-6.

DZERDZEEVSKII, B. L. Fluctuation of climate and of general circulation of the atmosphere in extra-tropical latitudes of the Northern Hemisphere and some problems of dynamic climatology. **Tellus**, v. 14, n. 3, p. 328-336, 1962.

ESTRADA, Y. **Análisis de índices de ola de calor en las condiciones de Cuba**. 56f. Tesis de Licenciado, InsTec, Universidad de La Habana, 2011.

ESTRADA, A; MOYA, A; LECHA, L. Manual de Usuario del Sistema Automatizado para la Elaboración de Mapas Operativos, 2011. **Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara**, INSMET. 46p.

FERNÁNDEZ-ARROYABE, P; LECHA, L. **Validación del servicio global de pronósticos biometeorológicos**. Resultados de Cuba y España. EN: SALUD Y DESASTRES. EXPERIENCIAS CUBANAS. v. 2, p.35-45, 2011. La Habana: Ed. Ciencias Médicas. ISBN 978-959-212-547-6

GARCÍA, E. A; MENGANA, A. **Comportamiento de las muertes por fulguración en Cuba entre los años 1987-2008**. EN: SALUD Y DESASTRES: EXPERIENCIAS CUBANAS, v. 2, p. 60-72, 2011. La Habana, Ed. Ciencias Médicas. ISBN 978-959-212-547-6.

GUEVARA, A. **Manual de Usuario del programa Tabla de Contenido (TabCont)**. Centro Meteorológico de la Isla de la Juventud. Nueva Gerona: INSMET. 2021. 12p.

KONONOVA, N. K. **Clasificación de los Mecanismos Elementales de Circulación del hemisferio norte según el método de B.L. Dzerdzeevskii** [en ruso]. Moscú: Ed. Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Rusia. 2009. 372p. ISBN 978-5-89658-037-9.

KONONOVA, N. K. Fluctuations of the Global Atmospheric Circulation in the XX-XXI Centuries. **Journal of Earth Science and Climatic Change**, v. 7, n. 5, p. 1-10, 2016. doi:10.4172/2157-7617.1000350.

LAPINEL, B. La circulación atmosférica y las características espacio-temporales de las lluvias en Cuba. 147f. Tesis de doctorado, Instituto de Meteorología, La Habana, 1987.

LECHA, L.; CHUGAEV, A. **La bioclimatología y algunas de sus aplicaciones en las condiciones de clima tropical húmedo**. La Habana: Ed. Academia, 1989. 35p.

LECHA, L., ACOSTA, T., PÉREZ, M., TABOADA, P. Y ÁVILA, M. Efectos del tiempo y el clima sobre la crianza de aves de ceiba (Parte I). **Revista Cubana de Ciencias Avícolas**, v. 18, n. 2, p. 184-192, 1991a.

LECHA, L., ACOSTA, T., PÉREZ, M., TABOADA, P. Y ÁVILA, M. Efectos del tiempo y el clima sobre la crianza de aves de ceiba (Parte 2). **Revista Cubana de Ciencias Avícolas**, v. 18, n. 3, p. 196-199, 1991b.

LECHA, L. Caracterización compleja del clima de Cuba. **Revista Cubana de Meteorología**, v. 5, n. 1, p. 94-105, 1992.

LECHA, L.; LINARES, F. El golpe de calor en la avicultura. Propuestas para su control y pronóstico. **Revista Cubana de Ciencias Avícolas**, v. 19, n. 1, p. 4-8, 1992.

LECHA, L.; PAZ, LR; LAPINEL, B. **El clima de Cuba**. La Habana: Ed. Academia. 1994, 186p. ISBN: 959-02-006-0.

LECHA, L.; DELGADO, T. On a regional health watch and warning system. **EN: PROCEEDINGS OF THE XIV INTERNATIONAL CONGRESS OF BIOMETEOROLOGY**, Ljubljana, Slovenia; v. 3, p. 94-107, 1996.

LECHA, L.; GARCÍA, D.; CARVAJAL, E. ¿Ocurren olas de calor en Cuba? **Revista Espacio y Geografía**, v. 18, n. 3, p.517-541, 2015. ISSN 1516-9375.

LECHA, L. **Pronósticos Biometeorológicos** [eBook]. La Habana: Ed. Citmatel. 2019. 210p. ISBN 978-959-237-752-3.

LECHA, L.; SOLER, E; SÁNCHEZ, L; TORRES, S; PICHARDO, L; PENA, E. Estimación y características del riesgo meteoro-trópico que afecta a la población cubana. **Revista Cubana de Meteorología**, v. 30, n. 3, 2024. <https://cu-id.com/2377/v30n3e04>

LECHA, L.; RODRÍGUEZ, B.; SANTANA, I. La mortalidad diaria en Cuba. **EN: EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA SALUD EN CUBA**, La Habana: Ed. Ciencias Médicas. 2022. ISBN: 978-959-316-022-3.

LECHA, L.; SOLER, E.; SÁNCHEZ, L.; VERDECIA, Y. La Climatología Sinóptica en Cuba. Parte 2: El Catálogo de los tipos de situaciones 1970-2022. **Revista Cubana de Meteorología**, v. 30, n. 1, 2024. <https://cu-id.com/2377/v30n1e10>

NIELSEN, J.; MAZICK, A.; ANDREWS, N.; DETSIS, M.; FENECH, T. M.; FLORES, V. M. Pooling European all-cause mortality: methodology and findings for the seasons 2008-2009 to 2010-2011. ***Epidemiology Infect.***, v. 141, n. 9, p. 1996-2010, 2013.

NUEVO ATLAS NACIONAL DE CUBA. **Sección VI: El clima y los recursos climáticos** (16 mapas, 4 diagramas y 8 tablas). Madrid - La Habana: Ed. Academia de Ciencias de Cuba y Editora Cartográfica Española. 1987.

Oficina Nacional de Estadísticas e Información (ONEI). Anuario Estadístico de Cuba 2022. La Habana, 2023. 407p.

ORTIZ, P. L.; GUEVARA, V.; PÉREZ, A. **Impactos del cambio climático en el sector de la salud humana.** Medidas de Adaptación. Informe Final del Proyecto FP/CP/220097-12, Instituto de Meteorología, La Habana, 2009. 86p.

PLANOS, E.; VEGA, R.; GUEVARA, A. **Impacto del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba.** La Habana; INSMET-AMA-CITMA. 2013. 430p. ISBN: 978-959-300-039-0.

PLANOS, E.; GUTIÉRREZ, T. Eds. **Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.** La Habana, CITMA, 2020. 403p. ISBN: 978-959-300-170-0.

RAMÍREZ, H. U.; ANDRADE, M. D.; DE LA TORRE, O.; GARCÍA, M. E.; MEULENERT, A. R.; GARCÍA, O.; ALCALÁ, J. **Evaluación de eventos climáticos extremos y su impacto en la salud de América Latina.** México: Ed. Univ. Guadalajara, IAM, 2008. 179p. ISBN 978-970-27-1324-1.

RIVERO, A.; BOLUFÉ, J.; ORTIZ, P. L.; RODRÍGUEZ, Y.; REYES, M. C. Influencia de la variabilidad del clima sobre la mortalidad por infarto agudo de miocardio en La Habana (2001-2012). ***Medic Review, Selecciones***, p. 1-7, 2015.

RODRÍGUEZ, Y.; RIVERO, A.; ROURA, P.; REYES, M. C.; HERNÁNDEZ, D.; HEREDIA, L. F. Efecto de las sensaciones térmicas en la enfermedad cerebrovascular en la región Occidental de Cuba (2001-2012). ***Revista Cubana de Meteorología***, v. 28, n. 3, p. 23-31, 2022.

SAUCHAY, L.; RIVERO, A.; ORTIZ, P. L. Mortalidad por accidentes cerebrovasculares e influencia de la variabilidad climática en el occidente de Cuba (2001-2005). ***Revista Cubana de Meteorología***, v. 23, n. 1. p. 43-56, 2017.

SAUCHAY, L. **Riesgo de mortalidad cerebrovascular asociado a los efectos de las temperaturas y la contaminación del aire en las capitales brasileñas.** 204f. Tesis de doctorado en Salud Pública y Medio Ambiente, Escuela Nacional de Salud Pública, Río de Janeiro, Brasil, 2023.

SOLER, E.; SÁNCHEZ, L.; LECHA, L.; VERDECIA, Y. Los mecanismos elementales de circulación en América del Norte y su relación con las situaciones sinópticas influyentes sobre la mitad occidental de Cuba. ***Revista Cubana de Meteorología***, v. 26, 2, p. 31-40, 2020.

TOLEDO, H. **Estudios de la factibilidad para pronosticar los incrementos de las consultas por asma bronquial y por infecciones respiratorias agudas.** 185f. Tesis de Doctorado, Instituto Superior de Ciencias Médicas de La Habana, 1992.

VELÁZQUEZ, B. **La condición de frío intenso como nuevo indicador de extremos bioclimáticos.** 80f. Tesis de Licenciado, InsTec, Universidad de La Habana, 2019.

VESTERGAARD, L. S.; NIELSEN, J.; RICHTER, L.; SCHMIDT, D. Excess all-cause mortality during the Covid-19 pandemic in Europe – Preliminary pooled estimates from the EuroMOMO network. Marzo-Abril, **Euro Surveill**, v. 25, n. 26, p.200-212, 2020.



O conteúdo deste trabalho pode ser usado sob os termos da licença Creative Commons Attribution 4.0. Qualquer outra distribuição deste trabalho deve manter a atribuição ao(s) autor(es) e o título do trabalho, citação da revista e DOI.