

# Estacionalidad de la mortalidad en los trópicos. El caso de Costa Rica, 1970-2016\*

## Seasonal Variation of Mortality in the Tropics. The Case of Costa Rica, 1970-2016

Luis Rosero-Bixby  
Orcid: 0000-0002-3063-3111  
[lrosero@mac.com](mailto:lrosero@mac.com)

Carolina Santamaría-Ulloa  
Orcid: 0000-0001-9323-7653  
[carolina.santamaria@ucr.ac.cr](mailto:carolina.santamaria@ucr.ac.cr)

*Universidad de Costa Rica, Costa Rica*

### Resumen

El objetivo de esta investigación es determinar la existencia y magnitud de ciclos de variación estacional en la mortalidad de Costa Rica de 1970 a 2016. Metodológicamente, el estudio se basa en microdatos de 630,000 defunciones entre esos años. La naturaleza cíclica de la variación estacional se modela con regresión sinusoidal y parámetros estimados con regresión de Poisson. Los resultados muestran que hay variación estacional significativa con un máximo en enero y un mínimo en mayo. La mortalidad tiende a ser 7 % mayor en su ápex que en su nadir. Este patrón está determinado por accidentes, especialmente de transporte, alcoholismo, enfermedades cardio- y cerebrovasculares, e infecciones respiratorias. La mortalidad por diarreas presenta un patrón diferente de estacionalidad. En conclusión, la mayor mortalidad de enero estaría asociada con la temperatura menor, ausencia de pluviosidad, menor luz solar y comportamiento durante días festivos. Algunos picos de mortalidad podrían deberse a fluctuaciones en la calidad de los servicios de salud y de atención de emergencias.

### Palabras clave

Mortalidad  
Variación estacional  
Causas de muerte  
Costa Rica

\* Una versión parcial de este trabajo fue presentada el VIII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Población 2018.

## Abstract

The objective of this study is to determine the existence and magnitude of cycles of seasonal variation in Costa Rican mortality, 1970-2016. As methods, it uses the microdata of 630 000 deaths between 1970 and 2016. The cyclic character of seasonality is modeled using sinusoid regression with parameters estimated with Poisson regression. The results show that there is significant seasonality with a peak of deaths in January and a valley in May. Deaths are 7 % higher in the apex than in the nadir. This pattern comes from —mostly road— accidents, alcoholism, brain and cardiovascular diseases and respiratory infections. Seasonality in diarrheal mortality follows a different pattern. As a conclusion, the high mortality in January might be associated to lower temperatures, absence of rainfall, less hours of sunshine, as well as behavior during holidays. Some peaks of mortality may occur because of fluctuations in the quality of health care and emergency care services.

## Keywords

Mortality  
Seasonal  
variation  
Causes of death  
Costa Rica

Recibido: 1/30/2019

Aceptado: 6/3/2019

## Introducción

La estacionalidad de las defunciones ha sido estudiada principalmente en países distantes del ecuador, donde las tasas de mortalidad suelen ser más elevadas en el invierno que en el verano, lo que sugiere una asociación con la temperatura ambiente (Gemmell, McLoone, Boddy, Dickinson y Watt, 2000). Por lo general, la mortalidad aumenta en los fríos meses de invierno debido a la influenza y otras enfermedades respiratorias, infecciones gastrointestinales por norovirus y enfermedades circulatorias. La exposición al ozono y la contaminación del aire también se han identificado como factores subyacentes a la variación estacional en la mortalidad (Levy, Chemerynski y Sarnat, 2005). Recientemente se ha establecido que la cantidad de luz solar puede tener un importante efecto sobre la mortalidad, ya que un inadecuado nivel de vitamina D se relaciona con una serie de enfermedades, incluyendo las cardiovasculares (Sowah, Fan, Dennett, Hagtvedt y Straube, 2017). Se ha determinado que la mejor fuente de vitamina D son los rayos del sol, más que la ingesta de cualquier alimento (Mozaffarian, 2016). Además, un estudio en trabajadores evidenció la importancia de la exposición a la luz solar para mejorar el estado de ánimo, la depresión y la ansiedad (An, Colarelli, O'Brien y Boyajian, 2016). La exposición activa al sol en los largos días de verano se asocia también con efectos positivos en la salud, como la disminución de la presión arterial diastólica. Relacionado con la exposición activa al sol, además se conoce que, en comparación con los países tropicales, entre más lejos del ecuador se ubique un país, mayor es su incidencia de ciertos tipos de cáncer, como el de colon, mama, páncreas, ovario, cerebro, vejiga, riñón y mieloma múltiple (Baggerly *et al.*, 2015).

Son, sin embargo, pocos los estudios de mortalidad estacional en regiones tropicales, la mayoría enfocados en mortalidad infantil y enfermedades diarreicas. La evidencia disponible muestra patrones muy variables; por ejemplo, en Hawai la mortalidad cardiovascular aumenta durante el invierno, mientras que en Nueva Orleans aumenta en el verano (Seto, Mittleman, Davis, Taira y Kawachi, 1998). Hay hallazgos que demuestran que las altas cantidades de lluvia y la temperatura elevada se

relacionan con el aumento estacional en la mortalidad por enfermedades infecciosas. Además, las consecuencias del cambio climático, aunadas al cambio epidemiológico y social (resurgimiento de enfermedades infecciosas, envejecimiento poblacional, urbanización), sugieren una creciente relevancia del exceso de mortalidad relacionada con calor en las zonas tropicales (Burkart *et al.*, 2014).

En Costa Rica, un país ecuatorial a 10 grados de latitud norte, se ha documentado estacionalidad en la morbimortalidad por diarrea en niños, con valores máximos en marzo o en los primeros meses del año que corresponden a la época seca, y mínimos de octubre a diciembre, es decir, durante la época lluviosa (Espinoza, 2004). De julio a diciembre se han reportado también picos de morbilidad por infecciones respiratorias en niños, y en enero se han reportado picos de letalidad a causa de estas infecciones (Herrero-Uribe y Vargas-Martínez, 1988).

El objetivo de esta investigación es determinar la existencia y magnitud de los ciclos de variación estacional en la mortalidad de Costa Rica mediante el estudio de las defunciones en el periodo de 1970 a 2016. La existencia y magnitud de las variaciones estacionales ayudará a entender posibles conexiones directas o indirectas entre las condiciones ambientales y la salud de la población, un tema poco explorado en los trópicos y que está adquiriendo relevancia ante la posibilidad de importantes cambios globales en el clima.

Por tratarse de un país ecuatorial, en Costa Rica no ocurren variaciones extremas en la temperatura ambiente o en la cantidad de luz solar, a diferencia de los países alejados del ecuador. Pero existen variaciones menores, como se muestra en la Gráfica 1. Las temperaturas medias máximas ocurren en abril, con 28,4 °C, y las mínimas, en diciembre, con 26 °C en promedio, es decir, con una fluctuación estacional de 2,4 °C. El máximo de luz solar diurna es de 12,7 horas el 21 de junio, y el mínimo, de 11,5 horas el 21 de diciembre, es decir, una variación de 1,2 horas entre extremos. La fluctuación estacional más marcada en el clima costarricense es la pluviosidad, con un máximo de precipitación de 10,4 mm diarios de lluvia en septiembre y octubre, y un mínimo de 1,5 mm en marzo. Aunque estos datos de temperatura y pluviosidad son promedios nacionales que varían de un año a otro y entre regiones del país, son lo suficientemente regulares como para establecer un telón de fondo para interpretar los resultados de variaciones en la mortalidad.

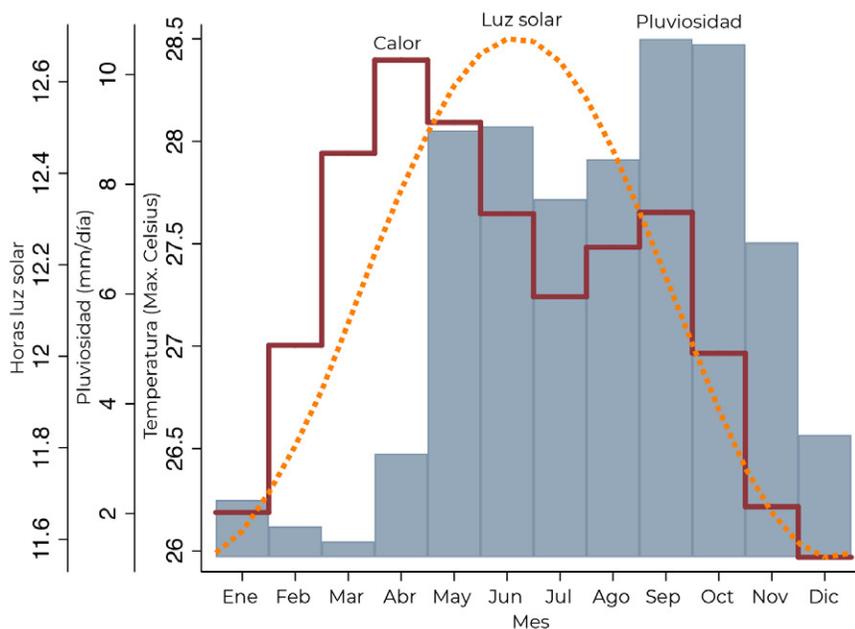
Dado que en Costa Rica hay diferencias climáticas regionales, conviene notar que los anteriores son promedios nacionales. Las principales diferencias regionales se originan con la existencia en el país de dos vertientes: Pacífica y Caribe. En el régimen del Pacífico, el periodo lluvioso va de mayo a octubre. En este periodo, los meses más lluviosos son septiembre y octubre. El mes más seco y cálido es marzo. En el régimen del Caribe, el periodo más lluvioso va de noviembre a enero, y el mes con mayores lluvias es diciembre. Además, no se puede hablar de un periodo seco, ya que las lluvias se mantienen entre los 100 y 200 mm en los meses menos lluviosos (Comité Regional de Recursos Hidráulicos [CRRH], 2008).

## Datos y métodos

El análisis utiliza los microdatos de las 636 000 defunciones registradas en Costa Rica de 1970 a 2016 por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), como parte de las estadísticas vitales del país. La información usada fue la fecha exacta de defunción, edad, sexo y los grupos de causa de muerte. La información está disponible

en la web (Centro Centroamericano de Población [CCP], 2018). Las causas de muerte, originalmente codificadas siguiendo la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE), revisiones IX y X, se agruparon en veintiséis entidades que son una derivación de la clasificación en doce causas de muerte propuesta por Preston y colaboradores (1972), y ampliada para reflejar entidades que son de importancia en la mortalidad contemporánea y en zonas ecuatoriales.

Gráfica 1  
Horas de luz solar y promedios mensuales de pluviosidad y temperatura máxima en Costa Rica



Fuente: Los datos de precipitación fluvial y temperatura son promedios demoponderados de datos publicados por el Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica (IMN, 2012) para quince estaciones meteorológicas durante 1970-2010. Estimamos la cantidad diaria de luz solar con base en la información del sitio web Time and Date (2018).

Para modelar la naturaleza cíclica de la variación estacional, los patrones estacionales anuales de las defunciones se identificaron con regresión senoide, es decir, con las funciones trigonométricas seno y coseno del ángulo que representa la fecha de la defunción ubicada en el ciclo anual (Stolwijk, Straatman y Zielhuis, 1999). El patrón estacional estimado con regresión senoide se resumió mediante la identificación de la magnitud del ápex (máximo) y nadir (mínimo) y las fechas en que estos tienen lugar. La amplitud de la variación cíclica (y, por tanto, la importancia de la variación estacional) se midió con la razón ápex / nadir (Christiansen, Pedersen, Sørensen y Rothman, 2012).

Si  $\theta$  es el ángulo en radianes correspondiente a la fecha siguiendo las manecillas del reloj (ejemplos: a 1 de abril corresponden 0,01 radianes y a 1 de julio, 4,73 radianes),  $x = \text{sen}(\theta)$ ,  $y = \text{cos}(\theta)$ , la frecuencia de defunciones  $D$  en un fecha del ciclo anual la expresamos en el modelo de regresión senoide como:

$$\ln(D) = [\beta_1x + \beta_2y + \beta_1xy + \beta_1x^2 + \beta_1y^2] + [\gamma_0 + \gamma_1t + \gamma_2t^2 + \delta_A] + \varepsilon$$

El primer corchete estima el componente estacional y el segundo corchete el componente secular de las defunciones sin estacionalidad para la fecha  $t$  y año  $A$ , representado en la regresión con el vector  $\delta$  de variables dicotómicas 0/1, una por cada año calendario.

Los coeficientes se estimaron con regresión de Poisson usando el paquete STATA (Statacorp, 2013) en una base de datos con 16 167 observaciones de frecuencias, una por cada día del periodo 1970-2016.

## Resultados

El cuadro 1 muestra el número de observaciones (defunciones) según las variables en estudio. Más de la mitad de las defunciones son de personas mayores de 65 años de edad. Las frecuencias son substancialmente más pequeñas en los otros tres grupos de edades menores, en los que, por tanto, se dispone de un menor poder estadístico para detectar variaciones estacionales. Los veintiséis grupos de causas de muerte son muy disímiles en sus frecuencias. El grupo más grande (enfermedades cardiovasculares) comprende 137 000 defunciones, comparado con el más chico (muertes maternas), con solo mil defunciones. En términos generales, para grupos de causas de muerte con menos de 10 000 observaciones no es probable que se identifiquen cocientes significativos de estacionalidad, a menos que la amplitud de esta sea muy pronunciada.

Cuadro 1  
*Defunciones por sexo, edad y causas de muerte. Costa Rica, 1970-2014*

Edad y causas de muerte	Códigos CIE-10	Muertes				Razón masculinidad
		Hombres	Mujeres	Ambos sexos	%	
Total		361 656	273 899	635 555	100,0	1.32
<b>Edad</b>						
0-14		45 877	35 167	81 044	12,8	1.30
15-34		36 469	14 244	50 713	8,0	2.56
35-64		96 970	59 183	156 153	24,5	1.64
65 +		182 340	165 305	347 645	54,7	1.10
<b>Causas de muerte</b>					100,0	
Diarreas	A00-A09	5 631	4 897	10 528	1,6	1.15
TB respiratoria	A15 A16	1 967	987	2 954	0,4	1.99
IRA: Infecc. resp. aguda	J00-J39	13 390	11 456	24 846	3,9	1.17

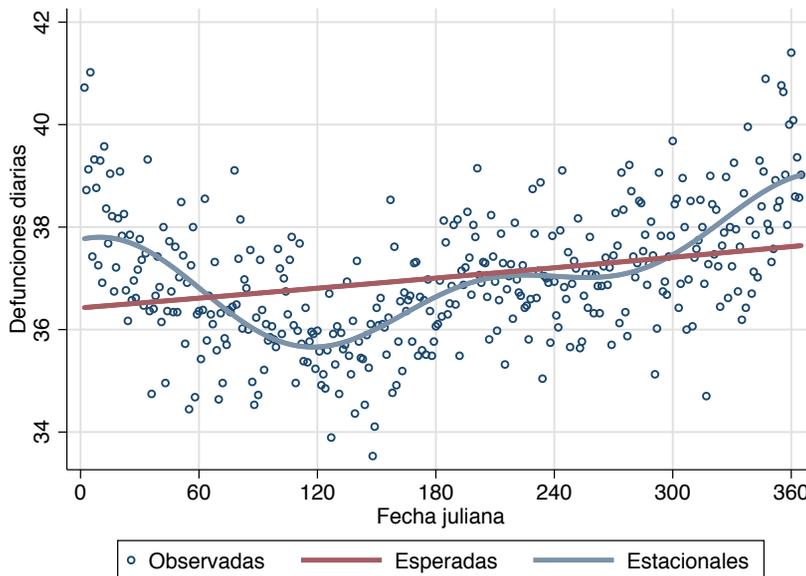
(continúa)

Edad y causas de muerte	Códigos CIE-10	Muertes				Razón masculinidad
		Hombres	Mujeres	Ambos sexos	%	
Otras infecciosas	A17-B19 B25-B99	5 169	4 523	9 692	1,5	1.14
Nutricionales	D50-D53 E40-E64	2 031	1 670	3 701	0,6	1.22
Maternas	O00-O99	0	1 162	1 162	0,2	...
Perinatales	P00-P96	13 505	9 513	23 018	3,6	1.42
Congénitas	Q00-Q99	7 880	6 781	14 661	2,3	1.16
Cáncer de estómago	C16	16 107	8 967	25 074	4,0	1.80
Cáncer de pulmón	C32-C34	7 345	3 198	10 543	1,7	2.30
Cáncer de útero	C53-C55	0	6 635	6 635	1,0	...
Cáncer de mama	C50	75	7 477	7 552	1,2	...
Cáncer de próstata	C61	9 302	0	9 302	1,5	...
Otro cáncer	Resto en C00-D48	37 437	32 985	70 422	11,1	1.13
Respiratorias crónicas	J40-J99	19 352	17 514	36 866	5,8	1.10
Cardiovasculares	I00-I59 I70-I99	75 888	60 856	136 744	21,5	1.25
Cerebrovascular (ictus)	I60-I69	19 693	20 817	40 510	6,4	0.95
Fallo renal	N00-N29	6 244	4 238	10 482	1,7	1.47
Diabetes	E10-E14	8 749	11 728	20 477	3,2	0.75
Alcoholismo-cirrosis	F10 K70-K77	12 446	5 966	18 412	2,9	2.09
Accidentes de tránsito	V01-V89	20 120	4 196	24 316	3,8	4.80
Otros accidentes	V90-X59	18 710	7 939	26 649	4,2	2.36
Suicidio	X60-X84	7 600	1 352	8 952	1,4	5.62
Homicidio	X85-Y34	11 110	1 877	12 987	2,0	5.92
VIH-sida	B20-B24	2 993	579	3 572	0,6	5.17
Otras	Restantes	26 873	27 229	54 102	8,5	0.99
Senilidad y mal definida	R00-99	12 039	9 357	21 396	3,4	1.29

Fuente: Elaboración propia a partir de bases de microdatos de defunciones disponibles en la web del Centro Centroamericano de Población (CCP, 2018).

La Gráfica 2 ilustra para todas las defunciones la estimación de los dos componentes de la regresión. Cada punto en la Gráfica es el promedio diario de defunciones en el periodo 1970-2016. Dos líneas de regresión muestran la frecuencia esperada en cada fecha con un modelo sin estacionalidad, y la frecuencia esperada con estacionalidad. El cociente entre las dos frecuencias esperadas mide la estacionalidad. En esta Gráfica, el ápex de defunciones ocurre en la primera semana del año con una razón de 1.037, es decir, 3,7 % más defunciones que las esperadas. El día con menor frecuencia de defunciones tiende a ser el 122 del año, es decir, el 2 de mayo en años no bisiestos, con 3,1 % menos defunciones de las esperadas. La amplitud del ciclo estacional, por tanto, es de 1.070 (1,037 / 0,969), es decir, que en Costa Rica la variación estacional hace que haya 7,0 % más defunciones en el día más alto por encima del más bajo.

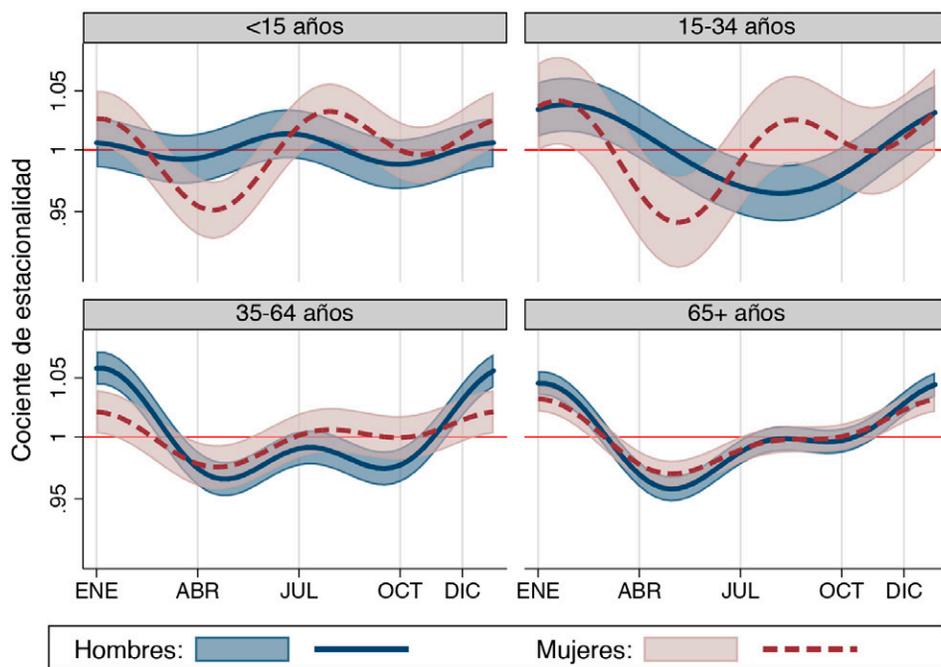
Gráfica 2  
Ilustración del ajuste para estimar estacionalidad en todas las defunciones. Costa Rica, 1970-2016



Nota: Cada punto es el número medio de defunciones en ese día del año durante 1970-2016.  
Esperadas = promedio esperado por variación secular.  
Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de microdatos de defunciones disponibles en la web del Centro Centroamericano de Población (CCP, 2018).

La Gráfica 3 muestra el coeficiente de estacionalidad estimado por sexo y cuatro grandes grupos de edades. Muestra también el intervalo de confianza (IC) al 95 % de este cociente como áreas sombreadas alrededor de la línea de regresión. Si el IC no toca la línea de la unidad, es indicación de que la estacionalidad es estadísticamente significativa. Asimismo, si las áreas de IC por sexo no se superponen entre sí, se tendría una diferencia significativa por sexo en la estacionalidad.

Gráfica 3  
Estacionalidad en las defunciones por sexo y cuatro grupos de edad. Costa Rica, 1970-2016



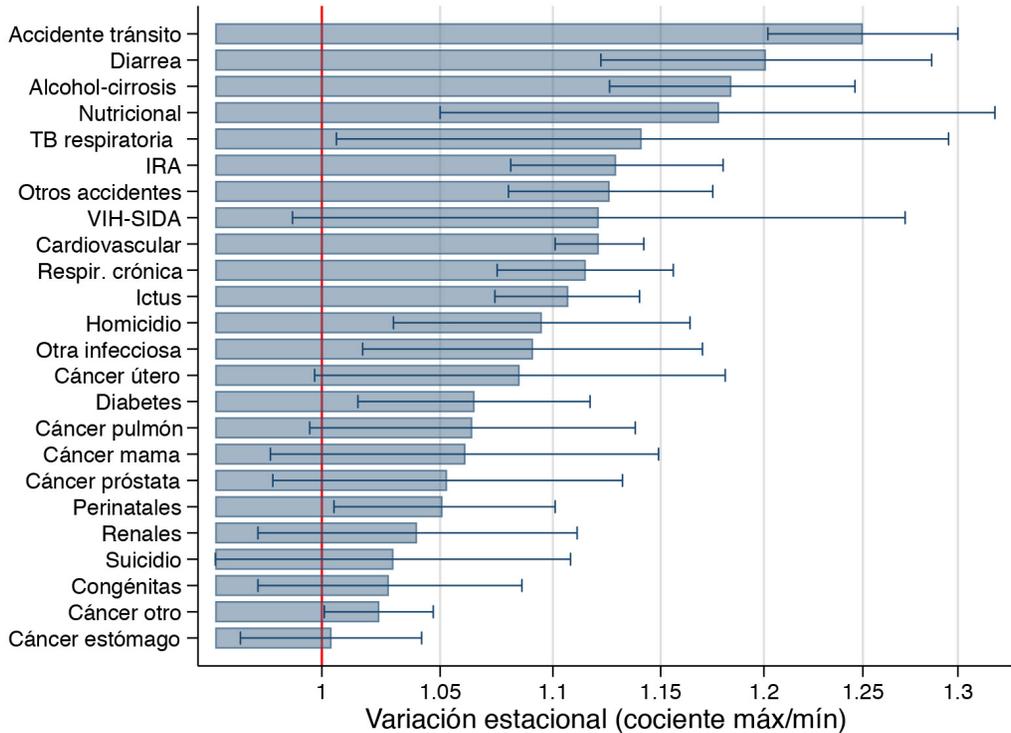
Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de microdatos de defunciones disponibles en la web del Centro Centroamericano de Población (CCP, 2018).

En casi todos los ocho grupos de la Gráfica 3 se presenta un máximo estacional a fines de diciembre o a principios de enero. Este máximo es estadísticamente significativo (diferente de 1), excepto en el grupo de niños varones menores de 15 años, para quienes no se observa estacionalidad significativa. Las niñas y mujeres jóvenes (menores de 35 años) presentan también un segundo pico de alta mortalidad a mediados de agosto. Asimismo, los datos sugieren un nadir o mínimo de mortalidad estacional en todos los grupos (excepto el de los niños varones) alrededor de la primera semana de mayo.

Con el propósito de reducir la información analizada para los veintiséis grupos de causas de muerte, la Gráfica 4 resume la estacionalidad con la amplitud entre el máximo y mínimo, medida como cociente. Las causas de muerte están ordenadas de mayor a menor amplitud estacional, aunque en algunos casos el intervalo de confianza es tan amplio (p. ej. TB respiratoria) que la estimación puntual es irrelevante. Descartando las estimaciones poco confiables con grandes IC, se observa que las muertes por accidentes de carretera son las que tienen mayor variación estacional, seguidas por las producidas por diarreas, alcoholismo e infecciones respiratorias agudas (IRA). En el ápex de mortalidad en carreteras, esta es 25 % mayor que en el punto mínimo.

Las enfermedades cardio- y cerebrovasculares, así como las respiratorias crónicas, constituyen un segundo grupo con variación estacional de amplitud 1,10 o 1,12. La estimación de la estacionalidad para estas muertes es bastante precisa (IC corto), debido a la abundancia de observaciones por ser de las causas de muerte más frecuentes.

Gráfica 4  
Amplitud de la estacionalidad en las defunciones por grupos de causas de muerte. Costa Rica, 1970-2016



Nota: Se excluyó mortalidad materna debido a su amplio IC: 1,03-1,55.

Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de microdatos de defunciones disponibles en la web del Centro Centroamericano de Población (CCP, 2018).

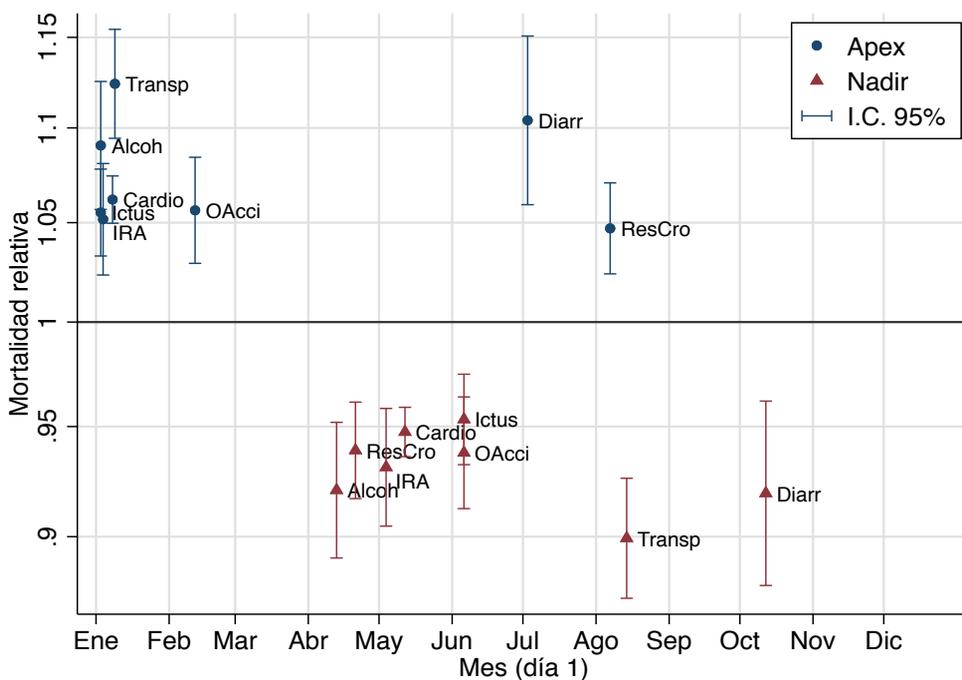
Para los ocho grupos de causas de muerte cuyos ápex y nadir de estacionalidad son significativos (diferentes de 1), la Gráfica 5 muestra la fecha en que ocurren estos dos extremos y su magnitud, incluyendo el IC. Se observa una aglomeración de causas con ápex de mortalidad a principios de año y otra aglomeración de causas con mortalidad mínima alrededor de mayo. La mortalidad por diarreas, escapa a ese patrón estacional. El máximo ocurre a principios de julio y el mínimo a mediados de octubre. También la mortalidad por enfermedades respiratorias crónicas, como enfisema y asma, tiene un máximo peculiar a principios de agosto, en tanto que las muertes en carretera tienen un mínimo peculiar a mediados de agosto.

### Variación cíclica intrasemanal

Las variaciones cíclicas anuales pueden deberse a factores de comportamiento de las personas o a variaciones cíclicas en el medio ambiente, principalmente climáticas. En contraste, las variaciones cíclicas semanales probablemente se deban solamente a factores de comportamiento. Para explorar, aunque solo sea de una manera indirecta, la importancia de los factores conductuales en la variación cíclica, se calculó la mortalidad relativa en los siete días de la semana. La Gráfica 6 muestra los resultados para todas las causas de muerte y para cinco grupos de causas de defunción en que

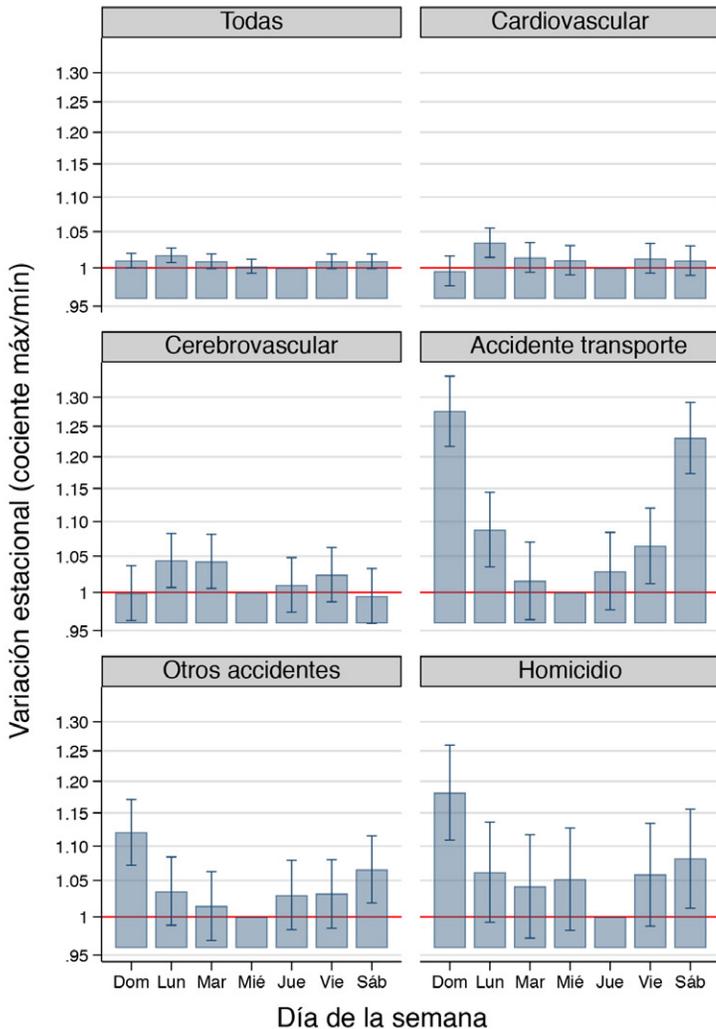
se manifestaron variaciones intrasemanales estadísticamente significativas. Para todo tipo de defunciones, el lunes aparece como el día más letal, con un 2 % más muertes que el mínimo de los jueves. Los lunes también son más letales para las enfermedades cerebro- y cardiovasculares, con 4 % de sobremortalidad, la cual en el caso de los ictus se extiende también al día martes. En cambio, en los tres grupos de causas de muerte violenta con variabilidad significativa, el día domingo es el de mayor sobremortalidad: en comparación con los mínimos de miércoles o jueves, los lunes hay 28 % más muertes por accidentes de transporte (también destacan los sábados con 23 %), 12 % más por otro tipo de accidentes, y 18 % por homicidios. Los ciclos intrasemanales en estos tres grupos de muertes violentas aparecen claramente más pronunciados que en otras causas de muerte.

Gráfica 5  
 Fechas estimadas del ápex y nadir en la variación estacional de causas de muerte con estacionalidad significativa. Costa Rica, 1970-2016



Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de microdatos de defunciones disponibles en la web del Centro Centroamericano de Población (CCP, 2018).

Gráfica 6  
Amplitud de la estacionalidad intrasemanal en las defunciones.  
Causas de muerte con variaciones significativas. Costa Rica, 1970-2016



Fuente: Elaboración propia a partir de las bases de microdatos de defunciones disponibles en la web del Centro Centroamericano de Población (CCP, 2018).

## Conclusiones y discusión

Los datos muestran variación estacional estadísticamente significativa en la mortalidad de Costa Rica para el periodo 1970-2016. La mortalidad por todas las causas, en los dos sexos y en casi todas las edades, tiene un máximo a principios de enero, y un mínimo a principios de mayo. La mortalidad general del país tiende a ser 7 % mayor en su ápex que en su nadir, sin que haya patrones significativamente diferentes entre los sexos ni entre grandes grupos de edades. Este patrón estacional parece estar determinado por accidentes especialmente de transporte, alcoholismo, enfermedades cardio- y

cerebrovasculares e infecciones respiratorias. La mortalidad por diarreas también presenta estacionalidad, pero con un patrón diferente: máximo en julio y mínimo en octubre, así como la mortalidad por enfermedades respiratorias crónicas con máximo en agosto y mínimo en mayo.

La variación estacional más grande es la de mortalidad en carreteras, con una amplitud de 1,25, es decir, un 25 % mayor en el ápex que en el nadir. El patrón estacional en enfermedades cardio- y cerebrovasculares es de especial importancia, pues estas enfermedades son responsables de más de la cuarta parte de las muertes del país. El indicador de amplitud estacional de estas muertes es de 1,12. La mayor morbimortalidad cardiovascular en los inviernos boreal y septentrional es bien conocida fuera de los trópicos (Douglas, Russell y Allan, 1990; Keatinge y Donaldson, 1997), pero ¿a qué se debe que la mortalidad de este país ecuatorial se eleve en enero y disminuya en mayo de manera cíclica, año tras año?, ¿qué papel juega el medio ambiente, el comportamiento de los costarricenses en general y los servicios de salud a la población, en estas variaciones cíclicas anuales?

Sabemos que, por tratarse de un país ecuatorial, en Costa Rica no se presentan variaciones estacionales extremas en la temperatura ambiente o en la cantidad de luz solar como en los países fuera de los trópicos, pero existen variaciones anuales de 2,4 °C en la temperatura ambiente y de 1,2 horas de luz solar. La fluctuación estacional más marcada en el clima costarricense posiblemente es la pluviosidad (Gráfica 1), ya que al tratarse de un clima tipo "A", sus características se relacionan con temperaturas constantemente elevadas y altas precipitaciones (Burkart *et al.*, 2014). La mortalidad máxima de enero ocurre en la época menos calurosa del año (no se puede hablar de un mes realmente frío), con menos cantidad de luz solar y de menos pluviosidad. De estas tres variables ambientales, la causa biológicamente más plausible que podría ocasionar mayor mortalidad en enero sería la menor exposición a la luz solar, que se ha documentado actúa a través de mecanismos como la baja en los niveles de vitamina D, endorfinas y ciertas hormonas (Mead, 2008).

La estacionalidad encontrada en la mortalidad por diarreas podría estar asociada con el ciclo anual de pluviosidad, con un máximo pocas semanas después de iniciada la estación lluviosa y un mínimo luego de varios meses de lluvias. Este patrón estacional se asemeja al encontrado en la morbimortalidad diarreica en niños (Espinoza, 2004). Esto se asemeja a los resultados encontrados por Burkart y colaboradores (2014) al analizar varios estudios en los que la mortalidad se asociaba con el aumento de las precipitaciones: en especial se encontró un aumento de la mortalidad al principio al final de las temporadas de mayor pluviosidad. El inicio de lluvias intensas puede contaminar con microorganismos los sistemas de agua potable (Gleason y Fagliano, 2017). El patrón estacional de Costa Rica sugiere que esta contaminación ocurre solo con las primeras lluvias estacionales, y que luego de varios meses de lluvias casi diarias desaparece este efecto contaminante. La Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2008, citado en Jiménez y Quirós, 2014) identifica cómo las estaciones lluviosas en los trópicos afectan el aumento de diarreas que se pueden relacionar con el desencadenamiento de inundaciones y contaminación de fuentes de agua que propician los virus, protozoarios, bacterias y helmintos que causan la diarrea.

Burkart y colaboradores (2014) sugieren que la asociación entre el incremento de la mortalidad y la lluvia podría estar relacionada con el hecho de que es en las temporadas de lluvias en donde la población pasa mayor tiempo en interiores, tiene su nivel anual más bajo de acceso a alimentos y enfrenta limitaciones de infraestructura, lo que

resulta en una mala nutrición y un menor acceso a la atención médica. Sin embargo, esto no se aplicaría a Costa Rica, dado que es precisamente en uno de los meses de menor pluviosidad cuando la mortalidad es mayor.

La mayor mortalidad por IRA en enero podría relacionarse con las temperaturas algo más bajas de la época, a pesar de que la variación térmica es modesta. Es posible también que este patrón estacional sea un eco de las epidemias de influenza propias del invierno boreal que podrían propagar los viajeros internacionales que visitan Costa Rica. Un estudio previo de egresos hospitalarios en Costa Rica encontró incremento entre julio y diciembre en la morbilidad por IRA en niños y encontró que la letalidad de estas infecciones es mayor en enero (Herrero-Uribe y Vargas-Martínez, 1988). Un estudio de revisión de literatura en climas tropicales encontró que las temperaturas moderadamente bajas o muy altas ejercen un efecto adverso en la mortalidad cardiorrespiratoria (Burkart *et al.*, 2014). Los brotes epidémicos por IRA se relacionan con factores climáticos y otras variables ambientales (Jiménez y Quirós, 2014), y la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1999) determina que la calidad del aire afecta la prevalencia de IRA al igual que los factores climáticos en la zona Pacífica, como la humedad, la cual incrementa las enfermedades respiratorias, ya que la temperatura y la humedad influyen en la transmisión, lo cual cambia las dimensiones de las partículas y afectando el tiempo de sedimentación (OMS, 1999, citado en Jiménez y Quirós, 2014).

La elevada mortalidad por accidentes de tránsito y de otro tipo, y por alcoholismo/cirrosis a principios de año, probablemente es una variación estacional originada en el comportamiento de las personas (en contraste con las de origen medioambiental). Los días festivos que en Costa Rica cíclicamente se repiten de diciembre a enero y las vacaciones escolares en enero, febrero y julio incrementan ciertas actividades recreativas con mayor riesgo de accidentes, así como el consumo de bebidas alcohólicas, que a su vez son la principal causa de accidentes de tránsito.

Los excesos de mortalidad por accidentes y homicidios observados en domingo y los excesos de mortalidad cerebro- y cardiovascular observados en lunes difícilmente podrían ser resultado de circunstancias adversas medioambientales; en efecto, se deben a la actividad humana diferencial en los fines de semana. Resta en investigaciones futuras distinguir el grado en que estas fluctuaciones resultan del comportamiento de la población y del comportamiento de los prestadores de servicios de salud y de atención de emergencias.

Las estimaciones de mortalidad presentadas se basan en datos robustos pocas veces disponibles en naciones de medio o bajo ingreso. El registro de defunciones en Costa Rica es de excelente calidad. No obstante, son mínimas las exigencias de calidad de los datos para obtener estimaciones robustas. Se requiere únicamente que no haya sesgos sistemáticos ni en el reporte de la fecha de defunción ni en la variación estacional en la integridad del registro. El registro de defunciones de Costa Rica claramente distingue la fecha de ocurrencia de la defunción de la fecha en que se registró, y no hay motivos para pensar que se cometan errores sistemáticos en el reporte de la fecha de ocurrencia. El 94 % de las defunciones aquí analizadas fueron certificadas por un médico.

En cuanto a las diferencias entre la estacionalidad de la mortalidad y los grupos etarios, estudios muestran que la población infantil y adulto mayor son las más afectadas por las estaciones lluviosas (Burkart *et al.*, 2014). A pesar de ser este un estudio de todas las

muertes (N = 636 000) en un amplio periodo de casi 50 años, el poder estadístico para identificar variaciones estacionales en enfermedades o condiciones muy específicas es limitado, así como es limitado cuando se desagrega la información por edades.

Estudiar la estacionalidad de la mortalidad en Costa Rica crea insumos que facilitan la toma de decisiones con relación a mejorar la oferta de servicios de salud y atención de emergencias, ya que propicia una mejor eficiencia en la administración de recursos. Además, contribuye al mejoramiento de la salud pública por medio de la generación de información que formule políticas públicas orientadas a reducir la mortalidad en las distintas épocas del año y que tome en cuenta ciertos tipos de patologías.

Los presentes resultados obligan a investigar en el futuro el grado en que los picos de mortalidad estacional se originan en variaciones climáticas (muy importantes en esta época de cambio climático) con sus peculiaridades en los trópicos, así como a estudiar la estacionalidad de la morbilidad con el fin de dar una mejor orientación al sector salud.

## Referencias

- An, M., Colarelli, S. M., O'Brien, K. y Boyajian, M. E. (2016). Why we need more nature at work: Effects of natural elements and sunlight on employee mental health and work attitudes. *PLoS ONE*, 11(5), e0155614. doi: 10.1371/journal.pone.0155614
- Baggerly, C. A., Cuomo, R. E., French, C. B., Garland, C. F., Gorham, E. D., Grant, W. B. y Wunsch, A. (2015). Sunlight and vitamin D: Necessary for public health. *Journal of the American College of Nutrition*, 34(4), 359-365. doi: 10.1080/07315724.2015.1039866
- Burkart, K., Khan, M. H., Schneider, A., Breitner, S., Langner, M., Kraemer, A. y Endlicher, W. (2014). The effects of season and meteorology on human mortality in tropical climates: A systematic review. *Transaction of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 108(7), 393-401. doi:10.1093/trstmh/tru055
- Centro Centroamericano de Población (CCP) (2018). Base de datos de defunciones. Sitio web de bases de datos. Recuperado de <https://censos.ccp.ucr.ac.cr/>
- Christiansen, C., Pedersen, L., Sørensen, H. y Rothman, K. (2012). Methods to assess seasonal effects in epidemiological studies of infectious diseases—exemplified by application to the occurrence of meningococcal disease. *Clinical Microbiology and Infection*, 18(10), 963-969. doi: 10.1111/j.1469-0691.2012.03966.x
- Comité Regional de Recursos Hidráulicos (CRRH) (2008). *El clima, su variabilidad y cambio climático en Costa Rica: Segunda Comunicación Nacional*. San José: MINAET, IMN, PNUD, CRRH.
- Douglas, A., Russell, D. y Allan, T. (1990). Seasonal, regional and secular variations of cardiovascular and cerebrovascular mortality in New Zealand. *Internal Medicine Journal*, 20(5), 669-676. doi:10.1111/j.1445-5994.1990.tb00397.x
- Espinoza, A. (2004). Comportamiento de la enfermedad diarreica en Costa Rica, de 1994 al 2001. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 13(24), 50-58. doi: 10.1111/j.1445-5994.1990.tb00397.x
- Gemmell, I., McLoone, P., Boddy, F. A., Dickinson, G. J. y Watt, G. C. M. (2000). Seasonal variation in mortality in Scotland. *International Journal of Epidemiology*, 29(2), 274-279. doi: 10.1093/ije/29.2.274

- Gleason, J. A. y Fagliano, J. A. (2017). Effect of drinking water source on associations between gastrointestinal illness and heavy rainfall in New Jersey. *PLoS One*, 12(3), e0173794. doi: 10.1371/journal.pone.0173794
- Herrero-Uribe, L. y Vargas-Martínez, H. (1988). Infección respiratoria en Costa Rica en dos grupos de edad. *Revista Costarricense de Ciencias Médicas*, 9(1), 35-41.
- Instituto Meteorológico Nacional (IMN) (2012). Datos climáticos Recuperado de [http://www.imn.ac.cr/IMN/MainAdmin.aspx?\\_\\_EVENTTARGET=ClimaCiudad&CIUDAD=5](http://www.imn.ac.cr/IMN/MainAdmin.aspx?__EVENTTARGET=ClimaCiudad&CIUDAD=5)
- Jiménez, T. y Quirós, M. (2014). *Determinantes ambientales de la salud: perspectiva geoGráfica de las inequidades ambientales y su posible relación con algunas causas de morbimortalidad de la población de Costa Rica, desde el 2009 al 2011* (tesis de pregrado). Escuela de Tecnologías en Salud, Universidad de Costa Rica.
- Keatinge, W. y Donaldson, G. (1997). Cold exposure and winter mortality from ischemic heart disease cerebrovascular disease respiratory disease and all causes in warm and cold regions of Europe. *Lancet*, 349(9062), 1341-1346. doi: 10.1016/S0140-6736(96)12338-2
- Levy, J. I., Chemerynski, S. M. y Sarnat, J. A. (2005). Ozone exposure and mortality: An empiric bayes metaregression analysis. *Epidemiology*, 16(4), 458-468. doi: 10.1097/01.ede.0000165820.08301.b3
- Mead, M. N. (2008). Benefits of sunlight: A bright spot for human health. *Environmental Health Perspectives*, 116(4), A160-A167. doi: 10.1289/ehp.116-a160
- Mozaffarian, D. (2016). Dietary and policy priorities for cardiovascular disease, diabetes, and obesity. A comprehensive review. *Circulation*, 133(2). doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.115.018585
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (1999). *El impacto del ambiente sobre la salud infantil*. Washington, D. C. Recuperado de <http://www1.paho.org/spanish/hep/infancia.pdf>
- Preston, S., Keyfitz, N. y Shoen, R. (1972). *Causes of death: Life tables for national populations*. Nueva York: Seminar Press.
- Seto, T. B., Mittleman, M. A., Davis, R. B., Taira, D. A. y Kawachi, I. (1998). Seasonal variation in coronary artery disease mortality in Hawaii: Observational study. *British Medical Journal*, 316(7149), 1946-1947. doi: 10.1136/bmj.317.7157.515p
- Sowah, D., Fan, X., Dennett, L., Hagtvedt, R. y Straube, S. (2017). Vitamin D levels and deficiency with different occupations: A systematic review. *BMC Public Health*, 17(1), 519. doi: 10.1186/s12889-017-4436-z
- Statacorp. (2013). *Stata Statistical Software: Release 13.0*. College Station. Texas: Stata Corporation.
- Stolwijk, A., Straatman, H. y Zielhuis, G. (1999). Studying seasonality by using sine and cosine functions in regression analysis. *Journal of Epidemiology Community Health*, 53(4), 235-238. doi: 10.1136/jech.53.4.235
- Time and Date (2018). Sunrise, sunset, and daylength. Recuperado de <https://www.timeanddate.com/sun/costa-rica/san-jose>