

Estimado de la mortalidad basada en encuestas en Puerto Rico después del huracán María

Kishore N.,<sup>1</sup> Marqués D.,<sup>2</sup> Mahmud A.,<sup>1</sup> Kiang M.V.,<sup>3</sup> Rodríguez I.,<sup>2</sup> Fuller A.,<sup>4</sup> Ebner P.,<sup>5</sup> Sorensen C.,<sup>6</sup>  
Racy F.,<sup>7</sup> Lemery J.,<sup>6</sup> Maas L.,<sup>8</sup> Leaning J.,<sup>4</sup> Irizarry R.,<sup>9,10</sup> Balsari S.,<sup>4,7\*</sup> Buckee CO.<sup>1\*</sup>

\* Estos autores contribuyeron equitativamente a este trabajo

Correspondencia a: cbuckee@hsph.harvard.edu

1. Department of Epidemiology, Harvard T. H. Chan School of Public Health, Harvard University, Boston, MA, United States; Center for Communicable Disease Dynamics, Harvard T. H. Chan School of Public Health, Boston, MA, United States
2. Department of Psychology, Carlos Albizu University, San Juan, Puerto Rico, United States
3. Department of Social and Behavioral Sciences, Harvard TH Chan School of Public Health, Harvard University, Boston, MA, United States
4. FXB Center for Health and Human Rights; Harvard TH Chan School of Public Health, Harvard University, Boston, MA, United States
5. Keck School of Medicine of USC, University of Southern California, Los Angeles, CA, United States
6. University of Colorado School of Medicine, Denver, CO.
7. Department of Emergency Medicine, Beth Israel Deaconess Medical Center and Harvard Medical School, Boston MA, United States
8. Puerto Rico Science, Technology and Research Trust, San Juan, Puerto Rico, United States
9. Department of Biostatistics and Computational Biology, Dana Farber Cancer Institute, Boston, MA
10. Department of Biostatistics, Harvard TH Chan School of Public Health, Harvard University, Boston, MA, United States

## Resumen

**Antecedentes:** La cuantificación del impacto de desastres naturales en la sociedad es fundamental para la restauración de la infraestructura y los servicios de salud pública. El número de fallecidos es una medida de impacto clave, aunque éste puede ser difícil de evaluar después de un desastre. En septiembre del 2017, el huracán María causó daños masivos a la infraestructura de Puerto Rico, pero su efecto en la mortalidad sigue siendo controversial.

**Métodos:** Encuestamos 3,299 hogares elegidos al azar en todo Puerto Rico para producir un estimado independiente de la mortalidad por cualquier causa posterior al huracán. Preguntamos a los encuestados sobre desalojamientos, pérdida de infraestructura y las causas de muerte. Calculamos el exceso de fallecimientos comparando la tasa de mortalidad estimada después del huracán con las tasas oficiales para el mismo período en 2016.

**Resultados:** A partir de los datos de la encuesta, estimamos una tasa de mortalidad de 14,3 [IC 95%: 9,8-18,9] muertes por cada 1,000 individuos entre el 20 de septiembre y el 31 de diciembre de 2017. En comparación con 2016, esta tasa se traduce a 4.645 [IC 95%: 793-8.498] muertes más de las esperadas durante el mismo período. Sin embargo, es probable que esta sea una subestimación debido al sesgo de sobreviviente. Esta tasa de mortalidad se mantuvo alta hasta finales de diciembre, y un tercio de los fallecimientos fueron atribuidos a una atención médica tardía o interrumpida. La migración relacionada al huracán fue sustancial.

Todos los datos y análisis están disponibles en [https://github.com/c2-d2/pr\\_mort\\_official](https://github.com/c2-d2/pr_mort_official).

**Conclusiones:** El estimado oficial de 64 fallecimientos atribuidas al huracán María en Puerto Rico es una subestimación sustancial. El muestreo utilizado, basado en la comunidad, puede proveer información única sobre la mortalidad, la emigración, y la pérdida de acceso a servicios y atención médica para sostener la recuperación y la planificación de desastres.

## Introducción

El huracán María tocó tierra en Puerto Rico, un territorio de los Estados Unidos, el 20 de septiembre de 2017. Éste se sumó a la destrucción causada por el huracán Irma dos semanas antes, dañando carreteras e interrumpiendo el suministro de agua, electricidad, redes de telecomunicaciones y acceso a la atención médica.<sup>1-3</sup> María causó daños estimados en 90 mil millones de dólares, convirtiéndose en el tercer huracán más costoso en los Estados Unidos desde 1900.<sup>4</sup> Miles de personas fueron desalojadas de sus hogares, buscando refugio en otras partes de Puerto Rico o en el territorio continental de los Estados Unidos. Estimados precisos del número de fallecidos, lesionados, enfermedades y desalojamientos después de un desastre como el huracán María son fundamentales para una respuesta inmediata, así como también para una reducción de riesgos en el futuro y una planificación de preparación. Sin embargo, una supervisión de la salud pública es extremadamente desafiante cuando la infraestructura y los sistemas de salud se encuentran dañados.

A principios de diciembre, el recuento oficial de defunciones en Puerto Rico se mantuvo en 64, pero varias investigaciones independientes concluyeron que los fallecimientos adicionales atribuibles al huracán fueron superiores a 1,000 en los meses de septiembre y octubre.<sup>6-8</sup> Según los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC por sus siglas en inglés), las defunciones pueden atribuirse directamente a un huracán si son causadas por fuerzas relacionadas con el evento, como restos voladores, o si son causadas por condiciones inseguras o insalubres que resultan en lesión, enfermedad o pérdida de los servicios médicos necesarios.<sup>9</sup> En Puerto Rico, todas las defunciones relacionadas con desastres deben ser confirmadas por el Instituto de Ciencias Forenses, lo que exige que se lleven los cuerpos a San Juan o que se envíe un médico forense al municipio local para verificar la muerte.<sup>10</sup> Si bien las causas directas de muerte son más fáciles de asignar por parte de los médicos forenses, las defunciones indirectas producto del empeoramiento de condiciones crónicas o de tratamientos médicos tardíos no se pueden capturar en los certificados de defunción. Estas dificultades pueden verse exacerbadas por la dificultad de obtener certificados de defunción oportuna, lo que a su vez crea desafíos significativos para una estimación precisa en la mortalidad oficial de todas las causas asociadas a los huracanes. El gobierno puertorriqueño ha encargado una revisión externa del registro de defunciones como resultado de estos problemas.<sup>11,12</sup>

En crisis agudas, y de manera más rutinaria para la planificación en salud pública, las estimaciones oficiales de mortalidad a menudo son combinadas con otras fuentes de datos de mortalidad, cada una con sus propias limitaciones.<sup>13</sup> Los registros de los hospitales, por ejemplo, no incluirán las defunciones que pueden haber ocurrido fuera de las instalaciones de atención médica.<sup>14</sup> El muestreo representativo basado en la comunidad sigue siendo uno de los enfoques más sólidos y convincente para cuantificar el impacto de los desastres, y puede capturar efectivamente las defunciones indirectamente atribuidas a los desastres.<sup>15-17</sup> A pesar de los sesgos asociados con los datos auto-informados, las encuestas pueden proveer una estimación independiente de la mortalidad que no depende de los datos del certificado de defunción.<sup>18,19</sup>

Con este fin, realizamos una encuesta comunitaria de una muestra aleatoria estratificada representativa de 3,299 hogares en Puerto Rico a principios de 2018. Comparamos los resultados de nuestra encuesta con datos oficiales de estadísticas vitales para 2016 y calculamos el exceso de fallecimientos en Puerto Rico después del huracán y hasta el 31 de diciembre de 2017; estimamos que habían un exceso de defunciones

excesivas ocurrieron durante este período de tiempo y demostramos que las familias entrevistadas atribuyeron muchas defunciones a un acceso tardío a la atención médica. También documentamos un impacto sostenido de la tormenta en la infraestructura de la isla y en el desplazamiento de la población. Hemos hecho todos los datos, análisis y códigos anónimos para generar nuestras cifras a disposición del público en [https://github.com/c2-d2/pr\\_mort\\_official](https://github.com/c2-d2/pr_mort_official)

## **Métodos**

### *Marco de muestreo*

Llevamos a cabo una encuesta aleatoria de 3,299 hogares entre el 17 de enero y el 24 de febrero de 2018. El tamaño de muestreo objetivo de aproximadamente 3,000 hogares fue estimado para detectar un aumento del 50% en la tasa de mortalidad anual en relación a una tasa de referencia histórica de 8 por cada 1,000 personas entre el 20 de septiembre y el 31 de diciembre,<sup>20</sup> en un nivel de significancia del 95% con una potencia de 0.8. Para asegurar el muestreo de los hogares a lo largo de las regiones geográficas, estratificamos la población por lejanía, definida por el tiempo de viaje a la ciudad más cercana con una población de al menos 50,000 personas.<sup>21,22</sup> Determinamos un índice de lejanía promedio para cada uno de los 900 barrios (unidades administrativas) utilizando datos de población y red de carreteras obtenidos de fuentes gubernamentales oficiales.<sup>23</sup> Los barrios fueron agrupados en ocho estratos por percentiles desde el menos (estrato 1) al más (estrato 8) remoto, y 13 barrios muestreados aleatoriamente en cada estrato (Figura S1). Muestreamos al azar un barrio adicional de cada una de las dos islas habitadas de la costa noreste, Vieques y Culebra, y excluimos barrios en lugares altamente deshabitados, como las reservas naturales.

Seleccionamos aleatoriamente 35 hogares en cada barrio usando capas de OpenStreetMap (OSM) para identificar edificios.<sup>24</sup> Cuando los encuestadores se encontraban con una casa abandonada o una estructura que no era un hogar, elegían una casa aleatoriamente de todas las casas visibles circundantes utilizando un generador de números aleatorios. Se siguió el mismo procedimiento si se negaba el consentimiento, si la casa estaba vacía en el momento de la entrevista, y cuando los barrios escasamente poblados tenían menos de 35 puntos muestreados debido a estructuras de datos incompletas en OSM. La logística de nuestra encuesta impedía que los encuestadores volvieran a visitar una casa vacía (ver el Suplemento para más detalles).

Los encuestadores no registraron ningún identificador personal y las coordenadas de GPS se agregaron luego de la recopilación de datos. Para evitar la coerción, no se proporcionó ninguna compensación. Los participantes fueron informados que sus respuestas no se traducirían en beneficios directos para ellos o sus familias. Si los encuestados solicitaron servicios de salud, los encuestadores proporcionaron información sobre los recursos accesibles identificados por los servicios locales. El consentimiento se adquirió antes de administrar la encuesta. El estudio recibió la exención del IRB de la escuela de Salud Pública TH Chan de Harvard.

### *Encuesta de los hogares*

Empleamos un método de censo híbrido, recopilando información para cada miembro de la familia, incluidas todas las personas que se habían mudado, desalojado, habían nacido o fallecido en 2017.<sup>25</sup> Los hogares se definieron como una persona o un grupo de personas, relacionadas o no, que viven juntas. La encuesta se administró a un adulto por hogar y tardó menos de diez minutos en completarse. El instrumento de encuesta está incluido en el Suplemento. La encuesta incluyó preguntas sobre edad, sexo,

causa de defunción (en caso de) en 2017, migración relacionada con el huracán, fallecimientos en los vecindarios, y acceso a electricidad, agua y cobertura de celular en una escala ordinal para cada mes (0, 1-7, 8-14, 15-30 días, o todo el mes).

#### *Estimación de la Población*

Las ponderaciones de las encuestas se construyeron calculando la probabilidad inversa de selección de un hogar y se definieron como:

$$w_{hogar} = \frac{\text{hogares capturados en barrio}}{\text{hogares estimados en barrio}}$$

$$w_{barrio} = \frac{\text{población en estrato}}{\text{población en el barrio del estrato}}$$

El cálculo para la población general ponderada se definió como:

$$\text{población ponderada por hogar} = w_{hogar} * w_{barrio} * \frac{1}{\# \text{ de barrios en el estrato}}$$

$$\sum_{i=1}^{\# \text{ de hogares}} \text{población ponderada por hogar}_i$$

#### *Análisis Estadístico*

Para estimar el exceso de fallecimientos después del huracán, estimamos la tasa de mortalidad después del huracán (entre el 20 de septiembre de 2017 y el 31 de diciembre de 2017) y la comparamos con la tasa de mortalidad oficial para el mismo período en 2016, ya que las tasas de mortalidad fueron estacionales pero estables entre 2010 y 2016 (Figura S2). Datos oficiales de mortalidad mensual para 2016 obtenidos de los datos de mortalidad del Departamento de Salud 2016 fueron proporcionados por el Instituto de Estadísticas de Puerto Rico.<sup>26</sup> Es importante tomar en cuenta que calculamos nuestra tasa sin aplicar ponderaciones de encuesta, ya que no observamos agrupamientos específicos de estratos de defunciones (consulte el Suplemento para obtener más información). Por lo tanto, la tasa bruta de mortalidad no ponderada post-huracán, estimada a partir de nuestra encuesta, fue definida como:

$$R_{después} = \frac{\text{Fallecidos}_{después}}{(\text{Población} - \text{Fallecidos}_{antes}) * (\frac{102}{365})}$$

donde 102 es el número de días entre el 20 de septiembre y el 31 de diciembre. El error estándar para  $R_{después}$  se estimó a partir de nuestra encuesta como:

$$EE_{despu\acute{e}s} = \frac{\sqrt{Fallecidos_{despu\acute{e}s}}}{(Poblaci\acute{o}n - Fallecidos_{antes}) * (\frac{102}{365})}$$

Asumimos que las defunciones estaban distribuidas por Poisson, y calculamos el correspondiente intervalo de confianza del 95% suponiendo que la tasa es lo suficientemente grande como para que podamos asumir una aproximaci3n Normal para la distribuci3n de Poisson:

$$R_{despu\acute{e}s} \pm 1.96 * EE_{Rdespu\acute{e}s}$$

Todas las tasas fueron reportadas como fallecimientos por 1,000 individuos. Para estimar el exceso de fallecimientos entre el 20 de septiembre y el 31 de diciembre de 2017, calculamos la diferencia entre el  $R_{despu\acute{e}s}$  estimado y la tasa hist3rica para el mismo per3odo. El exceso de fallecimientos se estim3 aplicando esta diferencia de tasas a las estimaciones de poblaci3n de referencia de 2016 para Puerto Rico obtenidas de la Encuesta de la Comunidad Estadounidense (ACS por sus siglas en ingl3s) (realizada anualmente por la Oficina del Censo de EE. UU.), como sigue: Exceso de fallecimientos =  $R_{diff} * (Poblaci3n * 102 / 365)$ . Por definici3n, calculamos una tasa de mortalidad de 0 en hogares de una sola persona (debido al sesgo de supervivencia, ver el Suplemento para m3s detalles). Por lo tanto, tambi3n calculamos una tasa de mortalidad anual por tama3o de hogar antes y despu3 del hurac3n, e hicimos un ajuste simple a nuestra estimaci3n de la tasa de mortalidad asumiendo que los individuos en hogares unipersonales ten3an la misma tasa de mortalidad anual que en 2016 y para reflejar las distribuciones de los tama3os del hogar (ver Suplemento).

## Resultados

### *Demogr3ficas de la poblaci3n encuestada*

Muestreamos 3,299 hogares compuestos por 9,522 individuos. De todos los encuestados abordados, el 93.4% dio su consentimiento y complet3 toda la encuesta. Para evaluar la representatividad de nuestra poblaci3n de encuestas, comparamos su composici3n demogr3fica con los datos de Puerto Rico de la ACS de 2016. En promedio, los individuos en nuestra encuesta eran m3s avanzados en edad (Figura 1A) y los hogares eran m3s grandes que los de ACS 2016 (Figuras 1B y S3, Tabla S1). En general, no observamos diferencias significativas en las proporciones de g3nero; sin embargo, en nuestro muestreo de hogares, una proporci3n mayor (54% [IC 95%: 49,9% - 58,5%]) de mujeres emigr3. Usando las ponderaciones de nuestra encuesta, estimamos que el tama3o de la poblaci3n de Puerto Rico es de 3.030.307 [IC 95%: 1.446.680 – 4.593.934] individuos. Dada la emigraci3n ampliamente reportada en Puerto Rico debido al hurac3n, esta estimaci3n es m3s o menos consistente con la estimaci3n de ACS de 3.529.385 en 2016, y proporciona evidencia de la representatividad de nuestro m3todo de muestreo.

### *Desplazamiento de la poblaci3n*

La encuesta identific3 un desplazamiento sustancial de la poblaci3n, atribuido al hurac3n Mar3a por los encuestados (Figura 2). Se inform3 que un total de 268 personas (el 2,8% de la poblaci3n muestreada) abandonaron los hogares debido al hurac3n. La edad media de los que se fueron y no han regresado, o est3n desaparecidos, fue de 25 a3os, en comparaci3n con una edad media de 50 para los que se quedaron o fallecieron en el hogar. De aquellos que se fueron debido al hurac3n, la mayor3a (52,25%) se mud3 a otro lugar dentro de Puerto Rico, pero muchos de ellos (41,39%) tambi3n se trasladaron a otras regiones de la parte continental de los Estados Unidos. Interesantemente, se inform3 que un total de 521 personas

(5,5% de la población muestreada) se mudó a los hogares encuestados debido al huracán. La proporción de hogares que no pudieron ser encuestados (por abandono u otras causas) aumentó en las regiones más remotas (Figura S4). Los hombres y las mujeres no migraron a tasas significativamente diferentes, y no se obtuvo una asociación clara entre migración y lejanía.

#### *Pérdida de los servicios*

Observamos una fuerte asociación positiva entre la lejanía y el período de tiempo sin electricidad, agua o cobertura de teléfono celular (Figura 3A). En promedio, los hogares pasaron 84 días sin electricidad, 68 días sin agua, y 41 días sin cobertura de celular después del huracán y hasta el 31 de diciembre de 2017. En el estrato más remoto, el 83% de los hogares quedaron sin electricidad durante todo este período (Tabla S2). Las distribuciones alrededor de estas estimaciones a menudo fueron bimodales (Figura S5), particularmente en regiones remotas, lo que sugiere que los hogares recuperaron los servicios relativamente rápido o no fueron recuperados por varios meses. Muchos de los encuestados permanecían sin agua y electricidad al momento del muestreo, concordante con otros informes.<sup>7</sup>

Se informaron interrupciones significativas en los servicios médicos (Figura 3B) en todos los estratos, independientemente de la lejanía, con un 31% de los hogares informando de algún tipo de problema (Tabla S3). Los problemas informados con mayor frecuencia fueron la imposibilidad de acceder a medicamentos (14,4% de los hogares) o el uso de equipos respiratorios que requieren electricidad (9,5%), pero muchos hogares también informaron instalaciones médicas cerradas (8,6%) o médicos ausentes (6,1%). En el estrato más remoto, el 8,8% de los hogares informaron que no habían podido comunicarse con 911.

#### *Defunciones en exceso*

Calculamos un aumento del 62% en la tasa de mortalidad entre el 20 de septiembre y el 31 de diciembre de 2017 en comparación con el mismo período en 2016, lo que corresponde a una tasa de mortalidad anual de 14,3 [IC 95%: 9,8 - 18,9] muertes por cada 1,000 personas (Tabla S4) y un estimado de 4.645 [95% CI: 793 – 8.498] defunciones excesivas. La Figura 4A muestra la relación entre nuestras estimaciones y otros informes. No encontramos una gran correlación o diferencia estadísticamente significativa entre la lejanía y la tasa anual de mortalidad, y la evaluación de las tasas de mortalidad informadas entre vecinos refleja nuestras estimaciones de mortalidad por estratos (Tabla S5, Figura S6). Se observaron aumentos en las tasas de mortalidad post huracán en todos los grupos de edad y no fueron un reflejo de la emigración de individuos más jóvenes fuera de Puerto Rico después del desastre (Tabla S6). Debido a que no pudimos encuestar a los hogares de una sola persona cuando se produjo un fallecimiento (ver el Suplemento para más detalles), ajustamos nuestra estimación utilizando la tasa de mortalidad de 2016 para hogares de una sola persona. Nuestro ajuste para este sesgo de sobrevivientes y la distribución del tamaño del hogar resultó en una estimación post-huracán de 5.740 defunciones en exceso [IC 95%; 1.506 – 9.889] (ver Suplemento y Tabla S7).

La figura 4B muestra la edad, la causa informada y el momento de los 56 fallecimientos reportados en nuestra encuesta, con 18 defunciones antes del 20 de septiembre de 2017 y 38 después del huracán. Aproximadamente un tercio de las defunciones post-huracán fueron atribuidas a un acceso tardío o imposibilitado a una atención médica (ver Suplemento para la pregunta 3c de la Encuesta) y una de cada diez fueron atribuidos directamente al huracán por los encuestados (Tabla S8). Aunque no pudimos validar esta atribución, esto es consistente con las interrupciones sustanciales a los servicios médicos informados de manera más general (Figura 3B).

## Discusión

Nuestros resultados sugieren que el conteo oficial de 64 fallecidos es una subestimación sustancial de la tasa real de mortalidad. Es probable que nuestra estimación de 4.645 defunciones en exceso entre el 20 de septiembre y el 31 de diciembre de 2017 sea conservadora ya que los ajustes posteriores para el sesgo de sobrevivientes y para las distribuciones de tamaño de los hogares aumentan esta estimación a más de 5.000. Estos ajustes representan una forma simple de dar cuenta de los sesgos, pero hemos puesto nuestros datos disponibles públicamente para análisis adicionales. Nuestras estimaciones son aproximadamente consistentes con los informes de prensa que evaluaron las defunciones en el primer mes posterior al huracán,<sup>7,27-31</sup> y también indican que las tasas de mortalidad se mantuvieron altas durante el resto del año. Estas cifras servirán como una importante comparación independiente de las estadísticas oficiales de los datos del registro de defunciones, que están siendo actualmente reevaluados,<sup>32,12</sup> y enfatizan la falta de atención del gobierno de EE. UU. a la frágil infraestructura de Puerto Rico.

En los Estados Unidos, los certificados de defunción son la principal fuente de estadísticas de mortalidad, y en la mayoría de las jurisdicciones, solamente los examinadores médicos pueden atribuir la muerte a los desastres.<sup>9,33</sup> Por lo tanto, los estudios basados en encuestas pueden proporcionar importantes mediciones complementarias a nivel de la población como consecuencia de los desastres naturales, a pesar de las limitaciones inherentes asociadas con la naturaleza de los datos auto-informados, el sesgo de recuerdo, el sesgo de no respuesta y el sesgo de supervivencia.<sup>14,34</sup> Para abordar el sesgo de recuerdo y los errores de autoinforme en nuestra encuesta, las preguntas se mantuvieron simples y los períodos de recuerdo fueron cortos. Dada la importancia de un fallecimiento en un hogar, es poco probable que los encuestados no informaran la mortalidad con precisión, pero el sesgo de recuerdo puede haber afectado a otras partes de la encuesta. La tasa de falta de respuesta fue inferior al 7%.

En nuestra encuesta, la interrupción de la atención médica fue la principal causa de altos niveles sostenidos de mortalidad en los meses posteriores al huracán, consistente con la interrupción de los sistemas de salud ampliamente informados.<sup>35</sup> La interrupción de la atención médica es un factor que contribuye cada vez más a la morbilidad y la mortalidad en los desastres naturales.<sup>14,36,37</sup> En los Estados Unidos, este fenómeno ha sido observado después del huracán Katrina, de Sandy y, más recientemente, en los huracanes Harvey e Irma, donde los residentes de hogares de ancianos y los que dependen de equipos de soporte vital se vieron afectados desproporcionadamente.<sup>38</sup> Cifras crecientes padecen de enfermedades crónicas y requieren de un sofisticado soporte farmacéutico y mecánico que depende de la electricidad. Estas personas son particularmente vulnerables a las interrupciones en los servicios básicos, destacando la necesidad de que estos pacientes, sus comunidades y sus proveedores tengan planes de contingencia durante y después de los desastres.<sup>39</sup>

La estimación oportuna del número de fallecidos después de un desastre natural es fundamental para definir la escala y la gravedad de la crisis y para focalizar las intervenciones para la recuperación.<sup>14,25</sup> La mortalidad relacionada con los desastres tiene una importancia adicional para las familias porque proporciona un cierre emocional, los califica para la ayuda relacionada con el desastre y promueve la resiliencia.<sup>9</sup> Aunque el gobierno de Puerto Rico dejó de compartir datos de mortalidad con el público en diciembre de 2017 (nuestra solicitud de estos datos también fue denegada), alentadoramente en abril de 2018 el Instituto de Estadística de Puerto Rico, una entidad gubernamental autónoma, adoptó una resolución para mejorar el conteo de defunciones relacionadas con desastres y publicar todos los datos de mortalidad en línea sin más demora. A medida que los Estados Unidos se preparan para la próxima



temporada de huracanes, será fundamental revisar cómo se contarán las defunciones relacionadas con los desastres para movilizar una operación de respuesta adecuada y dar cuenta del destino de los afectados.

### **Agradecimientos**

Los autores desean agradecer la dedicación e integridad de los estudiantes graduados de la Universidad Carlos Albizu de la Ponce Health Sciences University que realizaron la encuesta.

## Referencias

1. FEMA. Hurricane Maria | FEMA.gov [Internet]. FEMA. 2017 [cited 2018 Feb 12];Available from: <https://www.nhc.noaa.gov/archive/2017/al15/al152017.update.09201034.shtml>
2. Kimberlain TB, Blake ES, Cangialosi JP. National Hurricane Center Tropical Cyclone Report: Hurricane Patricia. Natl Hurric Cent Trop Cyclone Rep 2015;(October):1–32.
3. San Juan Weather Forecast Office. Major Hurricane Maria - September 20, 2017 [Internet]. Natl. Weather Serv. 2017 [cited 2018 Feb 12];Available from: <http://www.weather.gov/sju/maria2017>
4. Costliest U.S. tropical cyclones tables updated [Internet]. 2018 [cited 2018 Feb 12]. Available from: <https://www.nhc.noaa.gov/news/UpdatedCostliest.pdf>
5. Quick Facts: Hurricane Maria's Effect on Puerto Rico [Internet]. 2018. Available from: <https://reliefweb.int/report/puerto-rico-united-states-america/quick-facts-hurricane-marias-effect-puerto-rico>
6. Pascual OS. Nearly 1,000 More People Died in Puerto Rico After Hurricane María - Latino USA [Internet]. Cent. Investig. Journal. 2017 [cited 2018 Jan 23];Available from: <http://periodismoinvestigativo.com/2017/12/nearly-1000-more-people-died-in-puerto-rico-after-hurricane-maria/>
7. Robles F, Davis K, Fink S, Almukhtar S. Official Toll in Puerto Rico: 64. Actual Deaths May Be 1,052 [Internet]. New York Times. 2017 [cited 2018 Jan 23];Available from: <https://www.nytimes.com/interactive/2017/12/08/us/puerto-rico-hurricane-maria-death-toll.html>
8. Santos A, Howard JT. Estimates of excess deaths in Puerto Rico following Hurricane Maria. 2017 [cited 2018 Feb 12];Available from: <https://osf.io/preprints/socarxiv/s7dmu>
9. CDC/NCHS/NVSS. A Reference Guide for Certification of Deaths in the Event of a Natural, Human-induced, or Chemical Radiological Disaster. Atlanta: 2017.
10. Ley del Departamento de Seguridad Pública de Puerto Rico. San Juan: Government of Puerto Rico; 2007.
11. George Washington University experts to lead Puerto Rico storm death review [Internet]. NBC. 2018;Available from: <https://www.nbcnews.com/storyline/puerto-rico-crisis/george-washington-university-experts-lead-puerto-rico-storm-death-review-n850336>
12. Lilley S (NBC N. Puerto Rico governor announces task force to examine hurricane-related deaths [Internet]. NBC. 2018;Available from: <https://www.nbcnews.com/storyline/puerto-rico-crisis/puerto-rico-governor-announces-task-force-examine-hurricane-related-deaths-n834756>
13. Prudhon C, Spiegel PB. A review of methodology and analysis of nutrition and mortality surveys conducted in humanitarian emergencies from October 1993 to April 2004. Emerg Themes Epidemiol 2007;4:10.
14. Bourque LB, Siegel JM, Kano M, Wood MM. Morbidity and Mortality Associated with Disasters. Handb Disaster Res 2007;97–112.
15. Songer T, Twum-Danso NY, The Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), et al. Disasters and a register for foreign medical teams. Epidemiol Rev [Internet] 2015;27(1):1–50. Available from: <http://epirev.oxfordjournals.org/cgi/doi/10.1093/epirev/mxi011%5Cnhttp://www.journals.cambrid>

- ge.org/abstract\_S1049023X14000600%5Cnhttp://www.journals.cambridge.org/abstract\_S1049023X00007020%5Cnhttp://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landi
16. Glass R, Urrutia J, Sibony S, Smith H, Garcia B, Rizzo L. Earthquake injuries related to housing in a Guatemalan village. *Science* (80- ) 1977;(197):638–43.
  17. Sommer A, Mosley W. East Bengal cyclone of November, 1970: Epidemiological approach to disaster assessment. *Lancet* 1972;(1):1029–36.
  18. Checchi F, Roberts L. Interpreting and using mortality data in humanitarian emergencies. A primer for non-epidemiologists. *Humanit Pract Netw* [Internet] 2005;44(52). Available from: <http://www.odihpn.org/documents/networkpaper052.pdf>
  19. Checchi F, Roberts L. Documenting mortality in crises: What keeps us from doing better? [Internet]. *PLoS Med*. 2008 [cited 2018 Feb 12];5(7):1025–32. Available from: <http://dx.plos.org/10.1371/journal.pmed.0050146>
  20. Informe Anual de Estadísticas [Internet]. San Juan, Puerto Rico: 2015. Available from: <http://www.estadisticas.gobierno.pr/iepr/LinkClick.aspx?fileticket=sBWL1ofjM0g%3D&tabid=186>
  21. Weiss DJ, Nelson A, Gibson HS, et al. A global map of travel time to cities to assess inequalities in accessibility in 2015. *Nature* [Internet] 2018;553:333. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/nature25181>
  22. Finger F, Genolet T, Mari L, et al. Mobile phone data highlights the role of mass gatherings in the spreading of cholera outbreaks. *Proc Natl Acad Sci* [Internet] 2016;201522305. Available from: <http://www.pnas.org/lookup/doi/10.1073/pnas.1522305113>
  23. Puerto Rico Spatial Data [Internet]. PR.Gov. 2017 [cited 2018 Oct 1];Available from: <http://www2.pr.gov/agencias/gis/Pages/default.aspx>
  24. OpenStreetMap Contributors [Internet]. Planet dump [PuertoRico\$01.15.18\$]. 2017;Available from: <https://planet.openstreetmap.org>
  25. Standardized Monitoring and Assessment for Relief and Transitions (SMART) Guidelines [Internet]. Available from: [www.smartindicators.org](http://www.smartindicators.org)
  26. Official Monthly Mortality Counts in Puerto Rico from 2005-2017 [Internet]. Puerto Rico: 2018. Available from: <http://www.estadisticas.gobierno.pr/iepr/>
  27. Varela JR. FEMA Responds to Reports of High Death Count in Puerto Rico After Hurricane María - Latino USA [Internet]. *Lat. USA*. 2018 [cited 2018 Jan 23];Available from: <http://latinousa.org/2017/12/08/fema-responds-reports-high-death-count-puerto-rico-hurricane-maria/>
  28. Sutter J. Puerto Rico's uncounted hurricane deaths [Internet]. *CNN*. [cited 2018 Jan 23];1–14. Available from: <http://edition.cnn.com/2017/11/20/health/hurricane-maria-uncounted-deaths-invs/index.html>
  29. Mazzei P. Puerto Rico Orders Review and Recount of Hurricane Deaths - The New York Times [Internet]. *New York Times*. [cited 2018 Jan 23];Available from: <https://www.nytimes.com/2017/12/18/us/puerto-rico-hurricane-maria-death-toll-review.html>
  30. Pascual OS. For the First 10 Days After Hurricane Maria, Puerto Rico Reports a 43% Increase in Deaths | Centro de Periodismo Investigativo [Internet]. 2017 [cited 2018 Jan 23];Available from:

<http://periodismoinvestigativo.com/2017/11/for-the-first-10-days-after-hurricane-maria-puerto-rico-reports-a-43-increase-in-deaths/>

31. Robles F. Puerto Rico Deaths Spike, but Few Are Attributed to Hurricane [Internet]. New York Times. 2017 [cited 2018 Jan 23];Available from: <https://www.nytimes.com/2017/11/08/us/puerto-rico-deaths-fema.html>
32. Campbel AF. Puerto Rico's governor admits there's a big problem with the hurricane death count [Internet]. Vox. 2018;Available from: <https://www.vox.com/policy-and-politics/2017/12/18/16790030/puerto-rico-death-toll-recount>
33. CDC - Health Studies - Public Health Surveillance during a Disaster [Internet]. [cited 2018 Feb 12]. Available from: <https://www.cdc.gov/nceh/hsb/disaster/surveillance.htm>
34. Disaster Epi: HSB staff's field experience boosts national data reporting [Internet]. U.S. Centers Dis. Control Prev. - Heal. Stud. Branch - Success Stories. Available from: [https://www.cdc.gov/nceh/hsb/success\\_stories/experience\\_leads.htm](https://www.cdc.gov/nceh/hsb/success_stories/experience_leads.htm)
35. Seervai S. How Hurricane Maria Worsened Puerto Rico's Health Care Crisis [Internet]. Commonw. Fund. 2017;Available from: <http://www.commonwealthfund.org/publications/features/2017/puerto-rico-health-care-crisis>
36. Boss LP, Toole MJ, Yip R. Assessments of mortality, morbidity, and nutritional status in Somalia during the 1991-1992 famine. Recommendations for standardization of methods. JAMA 1994;272(5):371-6.
37. Bern C, Snizek J, Mathbor GM, et al. Risk factors for mortality in the Bangladesh cyclone of 1991. Bull World Health Organ 1993;71(1):73-8.
38. Lempert KD, Kopp JB. Hurricane Sandy as a kidney failure disaster. Am. J. Kidney Dis. 2013;61(6):865-8.
39. Kleinpeter MA. Disaster preparedness for dialysis patients. Clin. J. Am. Soc. Nephrol. 2011;6(10):2337-9.

## Leyenda de tablas y figuras

Figura 1: a) Distribución de la edad en la población encuestada (en azul, etiquetada como "encuesta") en comparación con la distribución por edad en la Encuesta de la Comunidad Estadounidense de 2016 (en rojo, etiquetado como ACS); b) Distribución del tamaño del hogar en la encuesta en comparación con la Encuesta de la Comunidad Estadounidense.

Figura 2: Distribución de la edad y destino de las personas que, según los informes, desalojaron los hogares en 2017, en comparación con las personas que fueron incluidas en nuestra encuesta de hogares como habitantes actuales (o que fallecieron).

Figura 3: a) Distribución de la cantidad de días que los hogares informaron estar sin agua, cobertura de celular y electricidad entre el 20 de septiembre y el 31 de diciembre para cada estrato de lejanía. Los diagramas de caja muestran medianas con recuadros que abarcan el rango intercuartílico, rango intercuartílico de 1.25x mostrado por líneas y puntos que indican valores atípicos. Aquí, el número de días es el límite inferior del total, ya que se informó el número de días dentro de una ventana de tiempo particular. b) Proporción de todos los hogares que informaron tener al menos un día de servicios médicos interrumpidos de diferentes categorías. Se debe tener en cuenta que estos no están necesariamente relacionados con las defunciones informadas, y los hogares podrían informar más de un problema. Consulte la Tabla S3 para ver la interrupción en los hogares con diferentes índices de lejanía.

Figura 4: a) Una comparación de las estimaciones de defunciones excesivas de informes oficiales, informes de prensa / académicos, y nuestra encuesta. b) Defunciones reportadas por mes en la encuesta, clasificadas por causa de muerte informada. Dos personas que fallecieron por causas similares y a la misma edad se superponen en Diciembre, lo que arroja un conteo de 37 puntos que representan 38 defunciones después del huracán.

## Tablas y Figuras

Figura 1

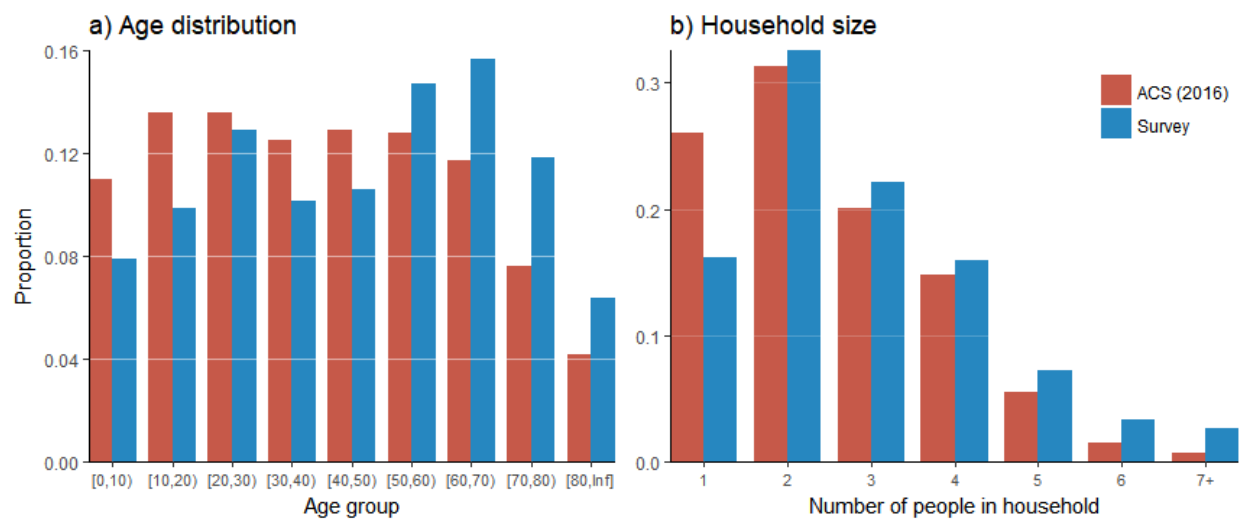


Figura 2

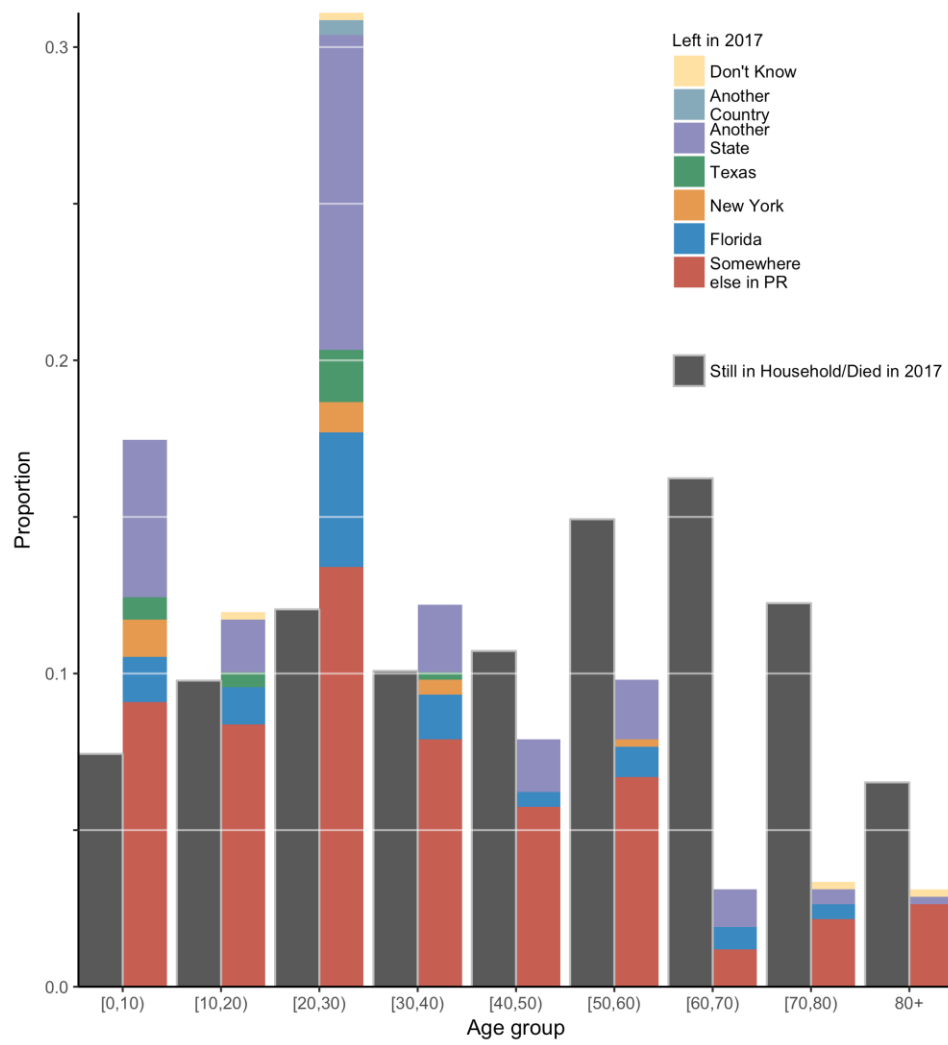


Figura 3A

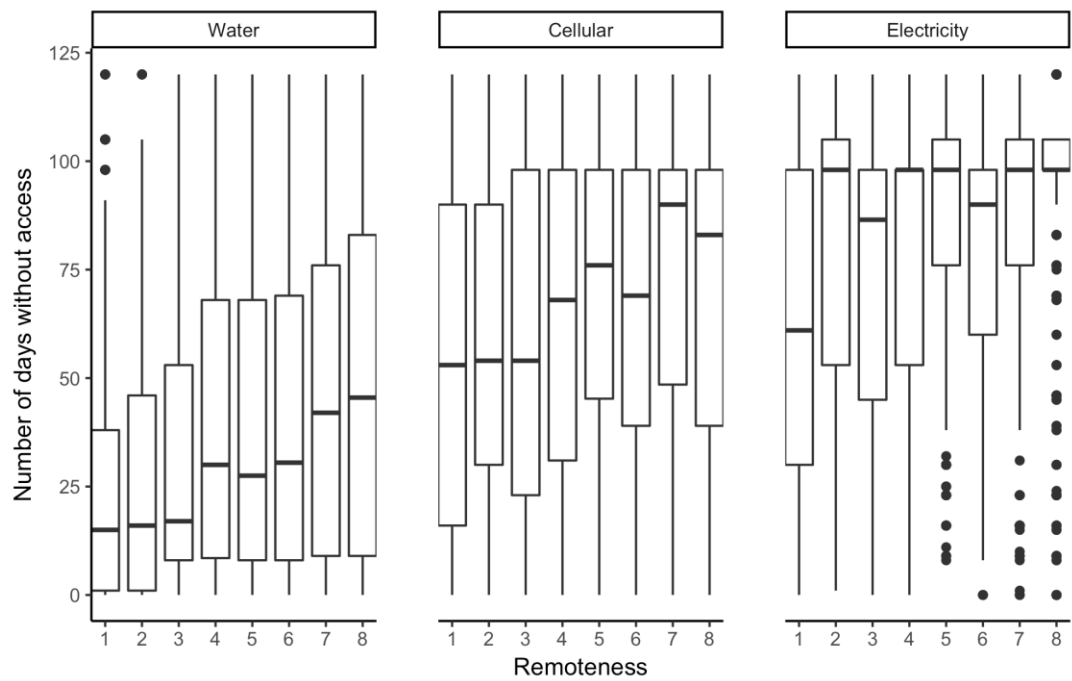


Figura 3B

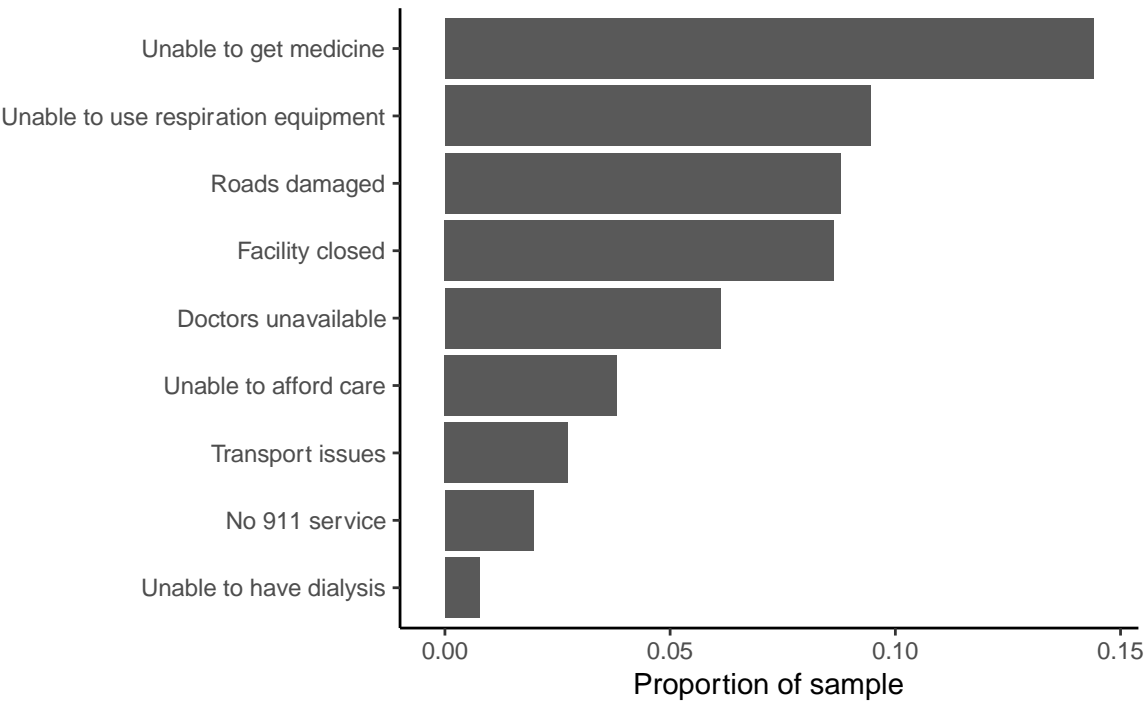




Figura 4

