

Lluvias, Servicios Públicos y Mortalidad Infantil en Colombia

Por:

*Juan Sebastián Burgos Velasco*¹

Palabras clave: *Lluvias, Servicios Públicos, Mortalidad Infantil, Género.*

Key Words: *Rain, Public Services, Child Mortality, Genre.*

JEL: *H41, I12, J16, Q54.*

Lluvias, Servicios Públicos y Mortalidad Infantil en Colombia.

Rain, Public Services and Child Mortality in Colombia.

Primera versión recibida el 2 de junio de 2023; versión final aceptada el 24 de julio de 2023

Coyuntura Económica. Volumen LIII, diciembre de 2023, pp 81-112. Fedesarrollo, Bogotá – Colombia

Resumen

Este documento estudia las coberturas de servicios públicos de acueducto y alcantarillado como mecanismos de protección ante fenómenos de precipitaciones extremas en Colombia, para el periodo 1985-2018. Tomando estos fenómenos como el número de días por año en que una municipalidad sufrió de sequías o lluvias intensas, se encuentra que, entre mayor es el nivel de cobertura de acueducto, el efecto de las primeras sobre la tasa de mortalidad infantil disminuye y, así mismo, el contar con una cobertura alcantarillado más alta reduce el efecto de las lluvias. Al diferenciar la mortalidad por sexo, se encuentra que los efectos de la provisión de estos servicios públicos son mayores para los niños, resultado coherente con la literatura médica que señala una mayor fortaleza del sistema inmunológico de las niñas. Finalmente, se realiza un chequeo de robustez por causa de mortalidad específica, encontrando que solo las enfermedades de origen hídrico están relacionadas con estos efectos.

Abstract

This paper studies the role of aqueduct and sewerage public service coverage as protection mechanisms against extreme rainfall phenomena in Colombia from 1985 to 2018. Measuring these phenomena as the number of days per year in which a municipality suffered from droughts or heavy rains, the analysis finds that aqueduct and sewer coverage reduces the effect of droughts and extreme rainfall, respectively, on infant mortality rates. When differentiating mortality by sex, the effects are more considerable for boys, consistent with the medical literature that indicates a greater strength of girls' immune systems. Moreover, cause-specific mortality estimates reveal that only water-origin diseases are related to these effects.

1 Tesis de Maestría en Economía - Universidad de los Andes. Email: js.burgos671@uniandes.edu.co. Agradezco a mis asesores, profesor Rafael Santos y rector Alejandro Gaviria por su orientación y apoyo en la construcción de este documento. De igual manera, agradezco a Adriana Camacho y Diego Lucumí por sus comentarios y retroalimentación. Finalmente, quiero agradecer a Diana Ricciulli, María Teresa Ramírez, Javier Pérez, Gina Tambini, Andrea Rodríguez, Lucas Hahn y Andrés Dávila por su retroalimentación durante la construcción de este documento.

*A Rafael,
Un profesor excepcional. Un gigante de corazón.
Gracias por enseñarnos a no abandonar las ansias de hacer de nuestras vidas
algo extraordinario.*

I. Introducción

La Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó en el año 2015 la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. En esta, se establecieron 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para establecer nuevas metas económicas, sociales y ambientales. Dentro del ODS No. 3, se insta a el “poner fin a las muertes evitables de recién nacidos y de niños menores de 5 años, logrando que todos los países reduzcan la mortalidad neonatal al menos a 12 por cada 1.000 nacidos vivos y la mortalidad de los niños menores de 5 años al menos a 25 por cada 1.000 nacidos vivos” (Naciones Unidas, 2015, p. 18) para el año 2030.

En este sentido, uno de los países que ha realizado grandes esfuerzos en materia de salud pública para cumplir con los ODS es Colombia. Prueba de esto es la Tasa de Mortalidad Infantil² (TMI) que pasó de 35,1 niños por cada 1.000 nacidos vivos en 1990 a 14,2 en el año 2018. Sin embargo, es posible observar en el Cuadro 1 que, en relación con algunos países similares de la región, Colombia ha tenido la menor tasa de disminución de mortalidad infantil para el periodo 1990-2018.

Dentro de las principales causas, las enfermedades respiratorias representaron el 8,5% del total de las muertes en niños menores de 5 años, mientras las enfermedades infecciosas y parasitarias el 4,2%. No obstante, la preocupación remanente obedece a que estas enfermedades son prevenibles y, con el tratamiento adecuado, no implican consecuencias fatales. Ejemplo de ello, para un país desarrollado, es el caso de los Estados Unidos, donde el porcentaje de la mortalidad infantil para las enfermedades mencionadas en el año 2018 fue de 2,7% y 2,8% respectivamente (CDC, 2020)³. En consecuencia, resulta importante continuar con el estudio de la mortalidad infantil para poder determinar sus causas y los medios pertinentes para reducirla.

2 Niños menores de 5 años.
 3 Cálculos del autor.

Cuadro 1.
Tasa de Mortalidad Infantil para Colombia
y Países de la Región
1990-2018

País	1990	2018	Δ %
Colombia	35,1	14,2	-59,5
Argentina	28,6	9,8	-65,7
Brasil	62,9	14,4	-77,1
Chile	19,1	7,2	-62,3
México	45,3	14,7	-67,5
Perú	80,3	13,7	-82,9

Fuente: Banco Mundial. Cálculos propios.

Cutler, Deaton y Lleras-Muney (2006) hacen hincapié en las variables de ingreso, nutrición, medicina, hacinamiento urbano y salud pública como determinantes de la mortalidad, de acuerdo con lo observado en el Siglo XX cuando acontecieron las transiciones epidemiológicas a nivel global. No obstante, un factor que había sido ignorado durante décadas ha cobrado importancia amenazando gran parte de los logros alcanzados en materia de desarrollo económico y social: el cambio climático. El aumento en la temperatura media global en superficie (GMST⁴) de 0,87°C entre 2006 y 2015, relativo al periodo 1850-1900, ha incrementado la frecuencia y magnitud de fenómenos tales como temperaturas extremas, precipitaciones fuertes y sequías en varias regiones del mundo, poniendo en riesgo la salud y el bienestar de las personas (IPCC, 2018).

En el presente documento se evalúa el efecto de los choques de precipitaciones sobre la mortalidad infantil en Colombia para el periodo 1985-2018. El objetivo principal es examinar si la provisión de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado actúa como mecanismo de mitigación de tales efectos. Para esto, la estrategia empírica se basa en la presunta aleatorie-

4 Global Mean Surface Temperature (IPCC, 2018)

dad de la variación en el nivel de lluvias diaria de cada municipalidad, condición que permite a la variable de choques de precipitaciones ser ortogonal a otros factores que también afectan la mortalidad.

Este análisis se lleva a cabo construyendo un panel de datos que contiene información precisa sobre mortalidad infantil, clima y cobertura de servicios públicos para las diferentes municipalidades de Colombia. La información de mortalidad se obtiene a partir de las Estadísticas Vitales del Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, los datos de precipitaciones se obtienen del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, y los datos sobre cobertura de servicios públicos fueron recolectados a partir de los cuatro Censos Nacionales de Población y Vivienda realizados entre 1985 y 2018.

Referente a los choques de precipitaciones, se ha generado un amplio debate entorno a sus efectos sobre la salud humana. La evidencia encontrada señala que el déficit de lluvias ha afectado negativamente indicadores de salud como la estatura de los niños y la mortalidad infantil en África (Hoddinott y Kinsey, 2001; Dos Santos y Henry, 2013). También se ha encontrado que las sequías pueden influenciar positivamente la incidencia de enfermedades respiratorias en los niños menores de 5 años (Machado-Silva et al., 2020). En esta misma línea, se ha encontrado evidencia de un mejor desempeño en diferentes índices socioeconómicos de las mujeres cuando estuvieron expuestas a un nivel de lluvias más alto durante su infancia (Maccini y Yang, 2009).

Por otra parte, se ha advertido que las lluvias también pueden tener efectos nocivos sobre la salud humana. Brando y Santos (2015) afirman que el fenómeno ocurrido entre 2010 y 2011 de La Niña, caracterizado por un aumento de las precipitaciones en Colombia, afectó negativamente la estatura y el peso de los niños que estuvieron expuestos al choque en útero. Así mismo, se ha podido determinar que un alto nivel de lluvias está relacionado positivamente con la mortalidad en general (Ingole et al., 2012) y con la mor-

bilidad por enfermedades respiratorias (Chew et al., 1998; Thongpan et al., 2020; Chan et al., 2002; Paynter et al., 2013). Finalmente, Watts et al., (2019) afirman que los fenómenos de precipitaciones extremas tienen consecuencias negativas para la salud y el bienestar de las personas, con las poblaciones de América del Sur y Asia Suroriental como las que experimentarán un mayor incremento de estos fenómenos en el largo plazo.

Los resultados de esta investigación señalan que el efecto marginal del aumento en una desviación estándar del número de días con déficit de lluvias por año aumentará la mortalidad, en promedio, en 0,14 desviaciones estándar (83,4 niños cada 100.000) cuando el municipio cuenta con una cobertura de acueducto de 0%. No obstante, cuando el municipio cuenta con una cobertura de este servicio público del 100%, el efecto marginal del aumento en una desviación estándar del número de días por año con déficit de lluvia sobre la mortalidad infantil es de -0,12 desviaciones estándar (68,6 niños cada 100.000). A su vez, se encuentra que el aumento en una desviación estándar en el número de días por año con lluvias intensas, cuando la municipalidad cuenta con una cobertura de alcantarillado del 0%, aumenta la mortalidad infantil en 0,06 desviaciones estándar (33,7 niños por cada 100.000). Sin embargo, cuando se cuenta con una cobertura del 100%, el efecto marginal del aumento señalado en el número de días por año con lluvias intensas sobre la mortalidad infantil es de -0,14 desviaciones estándar (86,1 niños cada 100.000). Ambas interacciones generan un mayor impacto sobre la mortalidad de los niños varones cuando el análisis se lleva a cabo a nivel de sexo.

El resultado de la provisión del servicio de acueducto como mitigador de los choques de precipitaciones obedece a que las personas mantienen hábitos de higiene y evitan el consumo de aguas estancadas o conservadas en depósitos antisépticos. Ambos canales han sido relacionados con la propagación de virus, bacterias, hongos, protozoos y helmintos causantes de enfermedades infecciosas intestinales y respiratorias (Galiani, Gertler y Schargrotsky, 2005; Cutler y Miller, 2005; Organización Mundial de la Salud, 2006; Alsan y

Golding, 2019). Por su parte, el servicio de alcantarillado ayuda a eliminar concentraciones de aguas lluvias que, a su vez, generan un aumento de la humedad ambiental, relacionada con la proliferación de enfermedades respiratorias (Yusuf et al., 2007; Barreca, 2012).

Es importante resaltar que estos resultados superaron diversas pruebas de robustez. Dentro de la estimación fueron incluidas las interacciones entre los choques de precipitaciones y los servicios públicos que intuitivamente no tienen efectos sobre la mortalidad para determinar si efectivamente esto sucede. Asimismo, la TMI fue estudiada por causas, esperando encontrar efectos de mitigación estadísticamente significativos en las enfermedades relacionadas con el agua y las lluvias. Por último, los efectos de mitigación de los servicios públicos fueron evaluados en especificaciones que tenían en cuenta diferentes magnitudes e intensidades de los choques.

Los hallazgos presentados en este documento aportan a la literatura en tres líneas diferentes. El más importante se da respecto al estudio de los efectos positivos de la provisión de servicios públicos de acueducto y alcantarillado sobre la salud (Galiani, Gertler y Schargrotsky, 2005; Cutler y Miller, 2005; Organización Mundial de la Salud, 2006; Alsan y Golding, 2019; Jaramillo et al., 2019). En este sentido, contribuye con la literatura económica que busca soluciones para aminsonar los efectos del cambio climático en la salud de las personas siendo este el primer documento, bajo el conocimiento del autor, que analiza el efecto de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado ante choques de precipitaciones sobre la mortalidad infantil. Anteriormente, la relación entre mortalidad, cambio climático y servicios públicos solo se había estudiado evaluando el consumo de energía eléctrica ante choques de temperatura (Deschênes y Greenstone, 2011). Por otra parte, reúne nueva evidencia de los efectos generados por choques de precipitaciones sobre la mortalidad en Colombia. Finalmente, adhiere a la literatura de género que ha encontrado una mayor vulnerabilidad de los niños menores de 5 años relativa a las niñas (Kraemer, 2000; Vlassoff, 2007; Organización

Mundial de la Salud, 2007; Zarulli, 2017; Yang et al., 2018; Mauvais-Jarvis et al., 2020).

Este documento continuará con la Sección II, donde se expone el contexto de la mortalidad infantil, las lluvias y los servicios públicos de acueducto y alcantarillado en Colombia. La Sección III presenta la metodología utilizada en esta investigación. La Sección IV los datos. La Sección V presenta los resultados principales, mientras la Sección VI muestra los distintos ejercicios de robustez realizados para sustentarlos. La Sección VII presenta una discusión sobre los resultados encontrados. Finalmente, la Sección VIII concluye.

II. Mortalidad Infantil, Lluvias y Servicios Públicos en Colombia

A. Mortalidad Infantil

Colombia experimentó una rápida transición epidemiológica durante la segunda mitad del Siglo XX que estuvo acompañada por una disminución significativa en la mortalidad infantil. Para la década de 1950, cuando eran comunes las enfermedades infecciosas y perinatales, cerca de la mitad del total de muertes en el país correspondían a niños menores de 5 años (Flórez, 2000). En contraste, durante el 2018 las muertes de niños menores de 5 años representaron el 3,8% del total nacional.

Teniendo en cuenta el periodo analizado en este documento, el Cuadro 2 presenta la distribución de la mortalidad infantil para los años 1985 y 2018 por causas. Aparte de las defunciones por afecciones en el periodo perinatal, las principales causas de mortalidad en 1985 fueron las enfermedades del aparato respiratorio, con 18,6% de las muertes, y las enfermedades infecciosas y parasitarias que representaron el 16,2% y continuaron en el 2018 con una carga del 8,5% y 4,2% del total de las muertes, respectivamente.

Cuadro 2.
Muertes Infantiles en Colombia por Causa

Causa de Muerte	1985 (%)	2018 (%)
Enfermedades Infecciosas y Parasitarias	16,2	4,2
Neoplasias	1,1	2,0
Enfermedades de la Sangre	0,7	0,6
Diabetes	0,0	0,0
Enfermedades del Aparato Circulatorio	1,9	1,4
Enfermedades del Aparato Respiratorio	18,6	8,5

Nota: todos los porcentajes son proporciones del total de defunciones.
 Fuente: Estadísticas Vitales - DANE. Cálculos propios.

En este punto es preciso aclarar que las enfermedades infecciosas y parasitarias analizadas en este documento reúnen las clasificadas en la lista CIE-10⁵ como enfermedades infecciosas intestinales, helmintiasis, toxoplasmosis, afecciones virales por priones del sistema nervioso central y hepatitis virales, enfermedades con posible origen hídrico de acuerdo con los Manuales de Calidad del Agua Potable de la Organización Mundial de la Salud (2006), pues dentro del total de enfermedades infecciosas y parasitarias están clasificadas enfermedades como, por ejemplo, la generada por el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) o la tuberculosis generada por la *Mycobacterium Tuberculosis*, entre otras, que no se transmiten por el agua.

Si bien las mejoras en materia de salubridad y nutrición ayudaron a reducir la mortalidad infantil por estas causas (Gaviria, 2010; Jaramillo, Meisel y Ramírez, 2018), los resultados presentados son indicio de una alta prevalencia ocasionada por factores diferentes a estas variables y, en general, al desarrollo económico que ha tenido el país durante las últimas décadas.

B. Lluvias y Sequías

La ubicación geográfica de Colombia, cercana a la región Niño 3-4 en el Océano Pacífico, hace que su territorio se vea expuesto a choques climáticos, especialmente de precipitaciones, pues los cambios en la temperatura del Océano Pacífico en esa zona desencadenan disminuciones o aumentos en los niveles de lluvias que, en sus versiones más extremas, pueden convertirse en fenómenos de El Niño y La Niña⁶, respectivamente.

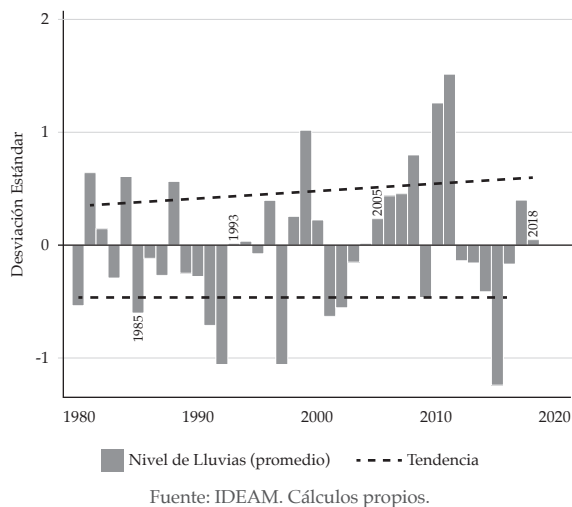
Watts et al., (2019) afirman que las poblaciones de América del Sur están entre las que más experimentarán un aumento en los choques de precipitaciones. Por su parte, Caicedo, Gaviria y Moreno (2011) y Calderón y Sánchez (2015) encontraron que las lluvias fuertes tienen una tendencia creciente en el tiempo para Colombia. Así mismo, las autoridades colombianas han determinado que los fenómenos más recientes de La Niña, entre el 2010 y 2011, y de El Niño, entre 2015

6 El Niño se produce cuando hay un aumento en la temperatura del agua superficial del Océano Pacífico en la región mencionada y La Niña cuando sucede el efecto contrario, provocando en Colombia una disminución o aumento en el nivel de lluvias, respectivamente (Alonso, 2014).

5 Clasificación Internacional de Enfermedades, décima edición, realizada por la Organización Mundial de la Salud.

y 2016, están dentro de los más fuertes de la historia, no solo por su impacto económico y social, sino también por sus orígenes climatológicos (Euscátegui et al., 2011; IDEAM, 2016). En este sentido, el Gráfico 1 presenta un histórico anual del nivel de lluvias estandarizado para el periodo 1980-2018, donde se evidencia una tendencia creciente en la magnitud los choques de precipitaciones, especialmente para los positivos.

Gráfico 1
Nivel de Lluvias Estandarizado por Año en Colombia



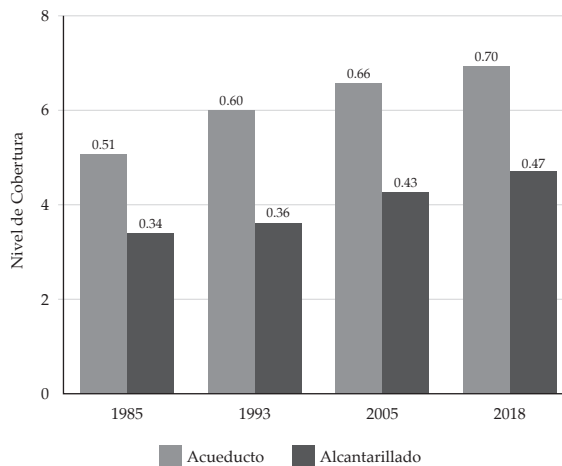
C. Servicios Públicos de Acueducto y Alcantarillado

Durante la segunda mitad del Siglo XX, la intervención del Estado fue fundamental para aumentar las coberturas y la calidad de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado en Colombia. El incremento en el acceso a estos servicios se ha relacionado con la disminución de la mortalidad, particularmente en los niños menores de 5 años, pues este segmento de la población presenta una mayor susceptibilidad ante las enfermedades infecciosas y virales de origen hídrico (Galiani et al., 2005; Granados y Sánchez, 2014; Sánchez y Vega, 2014; Jaramillo et al., 2018). El Gráfico 2 presenta la evolución de la cobertura municipal de

ambos servicios públicos en Colombia para el periodo estudiado⁷.

Si bien es cierto que la calidad del agua es objeto de debate en Colombia (Domínguez y Uribe, 2005; Montenegro, 2020), el poder acceder a ella permite mantener hábitos de higiene y así facilitar la eliminación de virus, bacterias, hongos, protozoos y helmintos causantes de enfermedades infecciosas y respiratorias. Por su parte, el alcantarillado permite la eliminación de aguas lluvias para evitar la proliferación de enfermedades respiratorias y mejorar las condiciones de salubridad en las ciudades.

Gráfico 2.
Evolución de los Servicios Públicos de Acueducto y Alcantarillado en Colombia



⁷ El nivel de cobertura de cada servicio presentado en el Gráfico 2 corresponde al promedio de cobertura del total de 888 municipios utilizados en este documento. La cobertura se obtiene a partir del total de viviendas ocupadas por municipio que cuenta con el servicio público sobre el total de viviendas ocupadas del municipio. La cobertura nacional, tradicionalmente presentada por el DANE, presenta el total de viviendas ocupadas nacional que cuenta con el servicio, sobre el total de viviendas ocupadas del país. En este caso, las ciudades más grandes, que a su vez cuentan con una mayor cantidad de viviendas con acceso a estos servicios, presionan al alza el nivel de cobertura promedio y por eso es mucho mayor que el presentado para cada uno de los cuatro años en este documento.

III. Metodología

Para poder evaluar si los servicios públicos mencionados mitigan los efectos de los choques de precipitaciones, se construye la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}
 TMI_{i,t} = & \beta_1 Prec_{pos_{i,t}} + \beta_2 Prec_{neg_{i,t}} + \beta_3 Acued_{i,t} + \beta_4 Alcant_{i,t} \\
 & + \beta_5 (Prec_{pos_{i,t}} * Alcant_{i,t}) + \beta_6 (Prec_{neg_{i,t}} * Acued_{i,t}) \\
 & + (\lambda X_{i,t} + y_i + \gamma_t + \varepsilon_{i,t})
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Donde $TMI_{i,t}$ es la tasa de mortalidad infantil de la municipalidad i en el año t . $Prec_{pos_{i,t}}$ representa el número de días en el año t que la municipalidad i tuvo niveles de precipitaciones 1 desviación estándar por encima de la media histórica municipal de lluvias; a su vez, $Prec_{neg_{i,t}}$ representa el número de días en el año t que la municipalidad i sufrió niveles de precipitaciones 1 desviación estándar por debajo de la media histórica municipal. Aunque sus consecuencias reales sean diferentes, los choques se analizan en una misma ecuación porque una municipalidad pudo haber sido afectada tanto por choques positivos como por choques negativos en un mismo año.

$Acued_{i,t}$ y $Alcant_{i,t}$ son los niveles de cobertura de los servicios de acueducto y alcantarillado, respectivamente. De acuerdo con la intuición presentada en secciones anteriores, se incluye la interacción de los choques positivos con el alcantarillado esperando que este servicio mitigue los efectos de los primeros sobre la mortalidad infantil. De igual manera, se espera que el acueducto aminore los efectos de los choques negativos. La ecuación también incluye los términos y_i y γ_t como efectos fijos de municipio y tiempo. El primero, permite controlar por variables observables y no observables que son constantes en el tiempo como la distancia a la capital departamental, la distancia a fuentes de agua, la idiosincrasia de los individuos pertenecientes a cada municipalidad, la altura respecto al nivel del mar y la composición del suelo, factores que pueden afectar la salud de los niños. Por su parte, los efectos fijos de año permiten controlar por eventos que

han ocurrido a través del periodo analizado y que son comunes a todos los municipios como, por ejemplo, la descentralización de la prestación de los servicios públicos domiciliarios promulgada mediante la Ley 60 de 1993.

La unidad de tiempo que se tiene para la construcción del panel es por año como consecuencia de la base principal de la mayoría de las variables utilizadas que son los censos nacionales de población y vivienda. De esta manera, es menester poder homologar las variables de defunciones y precipitaciones a esta unidad de tiempo. Si bien se puede perder precisión en la relación entre las causas de las muertes y los niveles de lluvias al pasarlas de una medición diaria a anual, la forma en como estas variables son utilizadas en este estudio se convierte en una de las más convenientes en la que pueden relacionarse con las demás variables analizadas en el estudio. Además, otra manera de incorporar las lluvias al modelo podría ser como un promedio anual, pero de esta forma no podría observarse la ocurrencia de sucesos de sequías y lluvias intensas para un mismo año en un mismo municipio, algo que sucede frecuentemente en las entidades territoriales de segundo orden colombianas como se puede observar en la sección de Datos en los Gráficos 3 y 4.

El término $X_{i,t}$ incluye como variables de control a nivel municipal la población (ln), gasto de inversión pública municipal (ln), porcentaje de jefes del hogar con nivel de educación mayor a la secundaria, porcentaje de viviendas con hacinamiento y la proporción de viviendas ubicadas en el sector rural. Estas variables, aunque endógenas, permiten controlar por el número de habitantes para evitar que se confunda la estimación con el crecimiento de esta variable año tras año; la inversión en promoción en salud e infraestructura pública; el conocimiento y experiencia sobre hábitos de higiene y tratamiento de enfermedades; las condiciones de vida de las personas, pues el hacinamiento juega un factor crucial en la reproducción y contagio por virus, bacterias, hongos, protozoos y helmintos causantes de enfermedades respiratorias e infecciosas y parasitarias; finalmente, el porcentaje de viviendas

en el sector rural permite controlar por la desigualdad en la prestación y acceso a servicios públicos del municipio, que es bastante dispar entre la cabecera urbana y el resto. Deschênes et al., (2011) y Andalon et al., (2016) encuentran efectos de choques de temperatura sobre la mortalidad controlando por el nivel de lluvias. Por esta razón, se realizará una estimación incluyendo la temperatura diaria como variable de control. Sin embargo, Deschênes et al., (2011) encuentran que incluir otra variable climática no resulta trascendente en la estimación. Esto será demostrado más adelante para el ejercicio propuesto.

Ahora bien, esta estrategia empírica puede presentar problemas. Siguiendo la argumentación de Galiani et al., (2005), el término de error $\varepsilon_{i,t}$ se asume es independientemente a de todos los y_i y y_t , empero, estos errores $\varepsilon_{i,t}$ pueden estar correlacionados en el tiempo y el espacio. La persistencia de factores epidemiológicos regionales puede inducir a una correlación en el tiempo a nivel municipal. Así mismo, factores epidemiológicos presentes en un área pueden afectar a las municipalidades vecinas, produciendo así una correlación de los errores en la dimensión de corte transversal del panel. En consecuencia, para evitar estos problemas de medición se calculan errores estándar por clústeres a nivel de municipio.

La validez de este ejercicio depende del supuesto que la estimación de la ecuación (1) producirá estimadores insesgados β_1 y β_2 . Esto es factible dado que la variación del clima es impredecible y, en consecuencia, no es posible pronosticar el número de días en que una municipalidad sufrirá choques de precipitaciones en un año determinado. Por tanto, se puede asumir que la variable de choques de precipitaciones es ortogonal a otros factores no observables que también afectan la mortalidad infantil en Colombia.

Sin embargo, el punto más importante a discutir sobre la estrategia empírica propuesta es si las estimaciones de los coeficientes β_5 y β_6 que acompañan a las interacciones son exógenas. Esto será posible teniendo en cuenta la aleatoriedad en el número de días

por año que presentaron choques de precipitaciones. Siguiendo el argumento de Nizalova y Murtazashvili (2016), el carácter endógeno de las coberturas de acueducto y alcantarillado desaparece al interactuar con la variable aleatoria de choques de precipitaciones de acuerdo con los siguientes argumentos.

En primer lugar, la tasa de cobertura de los servicios públicos analizados no tiene ninguna incidencia en el nivel de lluvias del municipio y, a su vez, la intensidad aleatoria de las lluvias de cada municipio no tiene relación con el aumento de las tasas de cobertura efectiva que, para el caso colombiano, obedecen principalmente a la riqueza del municipio, de la nación y a la voluntad política para la construcción de este tipo de infraestructura en el momento t . Es importante resaltar que las inversiones en infraestructura de servicios públicos municipales en Colombia se planifican y ejecutan por medio de presupuestos municipales promulgados cada año. Dada la restricción presupuestal que enfrenta cada uno de los municipios, los planes de desarrollo no involucran un rubro destinado a posibles eventos o catástrofes climáticas, pues no es posible predecirlos con certeza. En este sentido, ante eventos climáticos extremos en t , la planeación de inversión en infraestructura puede realizarse en t , pero la provisión efectiva se da en $t+1$. De esta manera, las interacciones propuestas se pueden asumir como exógenas y sus estimadores de MCO serán consistentes.

IV. Datos

Con el fin de implementar este análisis y entender cómo los choques de precipitaciones afectan la mortalidad infantil en Colombia, se recolectó la información disponible en el país referente a defunciones, clima, cobertura de servicios públicos de acueducto y alcantarillado, y los controles mencionados en la sección anterior, para cada municipalidad.

La variable principal, tasa de mortalidad infantil, fue construida a partir de las bases de datos de

Estadísticas Vitales del Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. Estas bases contienen la información correspondiente al registro de las muertes en Colombia por municipalidad de residencia del fallecido, así como también por causa básica, edad y género. La confiabilidad en estas bases, disponibles desde 1979, se debe a que históricamente el DANE ha recolectado esta información basándose en los certificados de defunción⁸ recolectados en las diferentes municipalidades (DANE, 2009).

A partir de 1997 Colombia, como miembro de la Organización Mundial de la Salud, adoptó la Clasificación Internacional de Enfermedades y Problemas relacionados con la Salud (CIE) en su décima versión (DANE, 2011). Esto pudo haber traído complicaciones en la homologación con las defunciones de años anteriores, clasificadas a partir de la lista CIE-9, porque no se hizo una diferenciación de las causas por lesiones e intoxicaciones externas en el registro de los datos. Por esta razón, en el presente documento no se tendrá en cuenta la mortalidad por estas causas, aunque es probable que las lluvias fuertes puedan tener alguna relación con ellas. Además, al concentrar el análisis en los niños menores de 5 años su inclusión no es relevante porque la mayoría están relacionadas directamente con actividades o profesiones que, en general, las personas de esa edad no realizan, obteniendo así resultados más limpios sobre la mortalidad en el periodo estudiado.

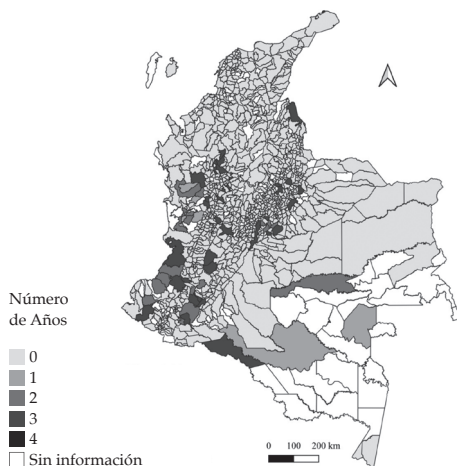
Es importante señalar que al realizar la homologación de las enfermedades estudiadas en este documento se utilizó la causa básica de defunción, entendida como la enfermedad o lesión que inició la cadena de acontecimientos patológicos que condujeron a la muerte. El DANE utiliza esta referencia para producir las estadísticas de mortalidad en el país (DANE, 2009).

En Colombia, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, es el encargado de recolectar los datos de lluvias y temperatura a nivel nacional. Las bases de datos de esta entidad permiten obtener el nivel de lluvia diario por entidad territorial desde inicios del Siglo XX. Ahora bien, dado que algunas municipalidades cuentan con más de una estación pluviométrica o climática, se realizó un promedio simple entre los datos recolectados por las diferentes estaciones para obtener una sola medida del nivel de precipitaciones diario. Una vez consolidada esta información, se construyó el promedio histórico en el nivel de lluvias diario de cada municipalidad, así como la desviación estándar. Finalmente, el dato de lluvias de cada día fue estandarizado y se tuvo en cuenta si estuvo una desviación estándar o más por encima o por debajo respecto de la media histórica para construir una variable continua que presenta el número de días por año con choques de precipitaciones por municipalidad.

En el Gráfico 3 es posible observar los municipios dentro de la muestra que sufrieron al menos un día con choques de precipitaciones negativos para 1, 2, 3 o los cuatro años contenidos en el panel. A su vez, el Gráfico 4 presenta los municipios con choques positivos. Como se mencionó en secciones anteriores, estos gráficos prueban que Colombia es un país propenso a sufrir lluvias intensas. Sin embargo, lo preocupante de los datos estudiados es el incremento en el número de municipalidades que sufrieron choques de precipitaciones. Respecto de los choques negativos, en 1985 solo 46 municipalidades de la muestra sufrieron de al menos un día de este fenómeno. Sin embargo, en 2018 esta cifra aumentó un 26,1%, es decir que 58 sufrieron de al menos un día con choques negativos de precipitaciones. Ahora bien, en el año de 1985, 660 municipalidades sufrieron de al menos un día con choques positivos de precipitaciones. Para el año 2018, esta cifra aumentó en un 18,5%, con un total de 782 que experimentaron de estos fenómenos climáticos.

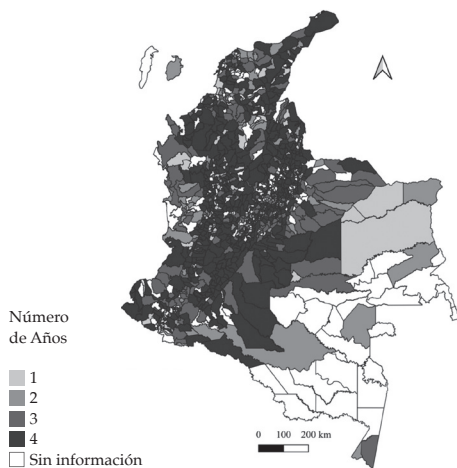
8 En la página web del DANE es posible encontrar el Certificado Individual de Defunción para el periodo 1979-1996, prueba del registro de las defunciones por parte de esta entidad desde antes de 1998. Ver: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/defunciones/CIND_DEF_1979_1997.pdf, consultado el 10 de marzo de 2020.

Gráfico 3.
Municipalidades con Choques de Precipitaciones Negativos



Fuente: IDEAM. Cálculos propios.

Gráfico 4.
Municipalidades con Choques de Precipitaciones Positivos



Fuente: IDEAM. Cálculos propios.

La diversidad geográfica del territorio colombiano no permite tener un nivel de lluvias homogéneo a nivel nacional, por esta razón se construyó la variable para cada municipalidad respecto de su media histórica. Esta media se construyó desde la década de 1980 porque a partir de este año el comportamiento

del número de estaciones pluviométricas que cuentan con información se mantuvo relativamente constante hasta el 2018.

De otra parte, respecto de las bases de datos del IDEAM, vale la pena mencionar que los datos recolectados no son iguales en número para lluvias y temperatura. La red pluviométrica, encargada de medir los datos de precipitaciones en Colombia, es la de mayor cubrimiento a nivel nacional (IDEAM, 2016). Estas estaciones no prestan el servicio de recolección de datos de temperatura, pues esta función es realizada por las estaciones climatológicas que, por el contrario, sí recogen datos de precipitaciones. Por consiguiente, cuando se utiliza esta variable como control, el número de municipios analizados dentro de la muestra disminuye significativamente y por eso se incluye en una especificación adicional para evitar sesgo de selección en los resultados principales. En el Gráfico 5 se pueden observar las municipalidades incluidas en la muestra, donde 888 cuentan con datos de mortalidad, lluvias y controles, y solo 385 con lo anterior más datos de temperatura.

La cobertura de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado se obtuvo a partir de la información contenida en los Censos Nacionales de Población y Vivienda realizados en los años 1985, 1993, 2005 y 2018. Para construir ambas variables, se tuvo en cuenta el número de viviendas ocupadas que contaban con el servicio público por cada municipio, sobre el total de viviendas de este. De igual forma, a partir de la información contenida en los censos y las bases de datos del DANE, se construyeron las variables a nivel municipal de población (\ln), porcentaje de jefes del hogar con nivel de educación mayor a la secundaria, porcentaje de viviendas con hacinamiento y la proporción de viviendas ubicadas en el sector rural. Finalmente, a partir de la base de ejecuciones presupuestales publicada por el Departamento Nacional de Planeación – DNP, se construyó la variable de gasto de inversión pública municipal (\ln).

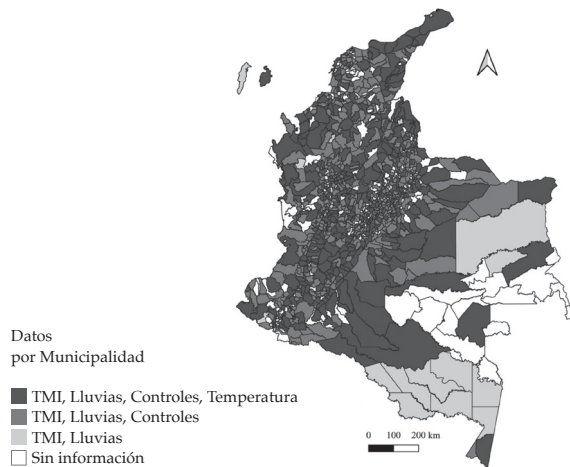
Con la información mencionada, se construyó un panel de datos para 888 municipalidades del país, en el periodo 1985-2018. De igual manera, es importante señalar que este documento se enfoca en la tasa de mortalidad infantil por dos razones. La primera, porque los niños menores de 5 años son más susceptibles de padecer enfermedades infecciosas al tener un sistema inmunológico inmaduro y un menor conocimiento sobre cómo evitar las enfermedades (Galiani et al., 2005). La segunda, porque permite obtener un efecto más limpio de los choques de precipitaciones sobre la mortalidad cuando se evalúa a nivel de sexo, porque en estas edades posiblemente los roles de género no son tan influyentes como las dotaciones iniciales de salud (sistema inmunológico) sobre la mortalidad (Kraemer, 2000; Vlassoff, 2007; Organización Mundial de la Salud, 2007; Zarulli, 2017; Yang et al., 2018; Mauvais-Jarvis et al., 2020).

tarías y parroquias (DANE, 2009). De este modo, no es posible obtener una tasa de mortalidad infantil por nacidos vivos, pero sí por el total de niños menores de 5 años para cada municipalidad.

El Cuadro 3, presenta algunas estadísticas descriptivas de las variables principales para el ejercicio propuesto en este documento.

Como se puede observar, en Colombia es más frecuente experimentar choques de precipitaciones positivos. No obstante, hay municipios que pueden experimentar déficits de lluvias durante el equivalente a más de dos meses por año. Esto puede significar una menor capacidad de acceder al agua que, a su vez, será de menor calidad al estancarse o almacenarse en depósitos antisépticos, traduciéndose en menores niveles de higiene y mayor propensión a sufrir de enfermedades infecciosas y víricas.

Gráfico 5.
Municipalidades con Información Disponible



La tasa de mortalidad infantil está construida a partir del total de la población menor de 5 años de cada municipalidad porque la información de nacimientos para Colombia no fue recolectada directamente por el DANE sino hasta 1998, cuando entró en vigor el Sistema de Registro Civil y Estadísticas Vitales. Antes de ese año, la información no resulta del todo confiable porque gran parte era recolectada por alcaldías, no-

Es posible observar que hay un rango bastante amplio en la tasa de mortalidad infantil. El cero (0) supone un no fallecimiento de niños menores de 5 años por municipalidad. Sin embargo, es importante mencionar que pudo presentarse un sub-reporte en estas cifras. Por este motivo, en la siguiente sección se presentará una estimación teniendo en cuenta únicamente los dos años más recientes (2005 y 2018), donde se asume, por la mejora en el sistema de recolección de datos de defunciones, que el sub-reporte no es representativo. Por otra parte, como se mencionó en secciones anteriores, es posible observar que para el periodo estudiado las enfermedades respiratorias representaron una carga importante con un promedio del 13,7% de las muertes infantiles y, a su vez, las enfermedades infecciosas y parasitarias con el 9%.

Finalmente, las cifras relacionadas con la cobertura de acueducto y alcantarillado presentadas en el Cuadro 3 están relacionadas con los cambios en el marco normativo de la prestación de servicios públicos domiciliarios en Colombia establecidos en la década de 1990. Ejemplo de lo anterior es la Ley 60 de 1993, que determinó la descentralización en la prestación de los

Cuadro 3.
Estadísticas Descriptivas

Variable	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Tasa de Mortalidad Infantil Total ⁹ (cada 100.000)	380,9	602,8	0	18.868
Tasa de Mortalidad Infantil Niñas (cada 100.000)	372,8	591,8	0	19.231
Tasa de Mortalidad Infantil Niños (cada 100.000)	391,2	677,1	0	18.519
Tasa de Mortalidad Infantil Enfermedades Infecciosas y Parasitarias (cada 100.000)	34,1	101,6	0	1.970
Tasa de Mortalidad Infantil Enfermedades Respiratorias (cada 100.000)	52,1	126,2	0	1.887
Días con Choques de Precipitación por Año (+1 desviación estándar)	40,1	12,5	0	119
Días con Choques de Precipitación por Año (-1 desviación estándar)	0,3	3,2	0	76
Cobertura de Acueducto (%)	62,1	23,8	0	100
Cobertura de Alcantarillado (%)	40,4	25,8	0	99,4

Fuente: DANE, IDEAM, DNP. Cálculos propios.

servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado, y obligó a las municipalidades a asegurar su provisión. Así mismo, la Ley 142 de 1994 creó un marco regulatorio donde el gobierno central era el responsable de planear, vigilar y controlar la prestación de los servicios (Granados y Sánchez, 2014). Este nuevo marco regulatorio, sumado al desarrollo económico presenciado durante las últimas décadas en el país, permitió alcanzar niveles de coberturas más altos en la actualidad. Por esta razón, dentro del panel construido se tienen niveles promedio relativamente bajos (consecuencia de las cifras de 1985 y 1993), empero, los niveles máximos alcanzan valores cercanos al 100%.

V. Resultados Principales

Esta sección presenta los resultados de la estimación de la ecuación (1), teniendo en cuenta que en este ejercicio se propone el acceso a acueducto y alcantarillado como mecanismo de protección ante fenómenos de precipitaciones extremas.

El Cuadro 4 presenta los principales resultados de la estimación de la ecuación (1) para la tasa de mortalidad infantil total y las tasas de mortalidad por sexo. El servicio de acueducto interactúa con los choques de precipitaciones negativos pues se espera que el suministro de agua aminore el efecto de este último. Por su parte, se espera que el alcantarillado disminuya el efecto de los choques positivos porque puede ayudar a evacuar el exceso de aguas lluvias en el suelo, reduciendo la exposición al ser humano. Las columnas I, III

⁹ Niños menores de 5 años por cada 100.000 niños menores de 5 años.

y V presentan la estimación sin controles para la TMI total, TMI de niñas y TMI de niños, respectivamente, mientras que en las columnas II, IV y VI se utilizan los

propuestos en secciones anteriores. Los errores estándar robustos por clúster de municipio se presentan en paréntesis.

Cuadro 4.
Efecto del Acceso a Servicios Públicos ante Choques de Precipitaciones sobre la TMI

	Tasa de Mortalidad Infantil					
	Total		Niñas		Niños	
	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)
Número de Días por Año con Choque Negativo (-1 d.e.)	28,87*** (3,256)	26,44*** (4,892)	12,92*** (2,394)	10,66*** (3,596)	43,94*** (4,705)	41,32*** (6,54)
Cobertura Acueducto	223,7 (159,9)	-63,67 (165,6)	206,5 (137,2)	-58,45 (169,8)	238,8 (192,9)	-70,37 (172,9)
Interacción Días con Choque Negativo y Acueducto	-55,42*** (10,15)	-48,10*** (8,143)	-32,11*** (7,979)	-25,32*** (6,397)	-77,65*** (12,78)	-69,77*** (10,63)
Número de Días por Año con Choque Positivo (+1 d.e.)	4,015** (1,772)	2,685* (1,574)	3,233** (1,616)	2,011 (1,522)	4,801** (2,197)	3,368* (1,94)
Cobertura Alcantarillado	876,6*** (305,8)	416,6 (391)	764,1*** (280,3)	358,9 (415,5)	1,011*** (343,8)	498,8 (374,8)
Interacción Días con Choque Positivo y Alcantarillado	-10,77*** (3,113)	-9,599*** (2,98)	-9,023*** (2,865)	-7,918*** (2,756)	-12,45*** (3,841)	-11,21*** (3,701)
Controles	-	✓	-	✓	-	✓
Efectos Fijos de Municipio	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Efectos Fijos de Año	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Observaciones	2990	2990	2990	2990	2990	2990
Municipios	888	888	888	888	888	888
R2	0,18	0,24	0,15	0,20	0,18	0,24

Notas: Errores estándar robustos por clúster de municipio en paréntesis. Los controles incluyen: población municipal (ln), gasto de inversión pública (ln), porcentaje de jefes del hogar con nivel de educación mayor a la secundaria, porcentaje de viviendas con hacinamiento y la proporción de viviendas ubicadas en el sector rural. *** estadísticamente significativo al 1%, ** al 5% y * al 10%.

Los resultados presentados señalan que el efecto marginal del aumento en una desviación estándar del número de días con déficit de lluvias por año aumentará la mortalidad, en promedio, en 0,14 desviaciones estándar (83,4 niños cada 100.000) cuando el municipio cuenta con una cobertura de acueducto de 0%. No obstante, cuando el municipio cuenta con una cobertura de este servicio público del 100%, el efecto marginal del aumento en una desviación estándar del número de días por año con déficit de lluvia sobre la mortalidad infantil es de -0,12 desviaciones estándar (68,6 niños menos cada 100.000). Esto representa que el rango entre no contar con cobertura y contar con cobertura completa de acueducto significó una variación de la mortalidad infantil de 0,26 desviaciones estándar para el periodo de estudio.

A su vez, se encuentra que el aumento en una desviación estándar en el número de días por año con lluvias intensas, cuando la municipalidad cuenta con una cobertura de alcantarillado del 0%, aumenta la mortalidad infantil en 0,06 desviaciones estándar (33,7 niños por cada 100.000). Sin embargo, cuando se cuenta con una cobertura del 100%, el efecto marginal del aumento señalado en el número de días por año con lluvias intensas sobre la mortalidad infantil es de -0,14 desviaciones estándar (86,1 niños cada 100.000). En este caso, el rango entre no contar con cobertura y contar con cobertura completa de alcantarillado representó una variación de la mortalidad infantil de 0,20 desviaciones estándar para el periodo de estudio.

Cuando se analiza la mortalidad infantil a nivel de sexo, se encuentra que el efecto marginal del aumento en una desviación estándar en el número de días por año con choques negativos de precipitaciones, cuando no se cuenta con acueducto, representa un aumento en la mortalidad de las niñas de 0,06 d.e., mientras que para los niños es de 0,19 d.e. De otra parte, cuando se cuenta con 100% de cobertura de acueducto, el efecto marginal para las niñas es de -0,08 d.e. y para los niños de -0,13 d.e. Por otra parte, es posible observar que el efecto marginal del aumento en una desviación estándar en el número de días por año con choques

positivos de precipitaciones, cuando la cobertura de alcantarillado municipal es de 0%, no es estadísticamente significativo para las niñas, pero para los niños es de un aumento en la mortalidad de 0,06 d.e. No obstante, el efecto marginal de contar con una cobertura del 100% de alcantarillado bajo este escenario en la mortalidad de las niñas es de -0,17 d.e. y de los niños de -0,14 d.e.

Los efectos encontrados a nivel de sexo pueden obedecer a un sistema inmunológico menos desarrollado de los niños. Al exponerse a fenómenos de precipitaciones extremos, la mortalidad de los varones se ve más afectada y, del mismo modo, al recibir una ayuda externa (en este caso los servicios públicos) el organismo de los niños responde con un efecto mayor, en promedio, en comparación con las niñas. Esto puede observarse en el rango de los efectos marginales dada la variación en las coberturas. En esta línea argumentativa, la literatura médica ha señalado que la madurez de una niña recién nacida es comparable con la de un niño que tiene entre 4 y 6 semanas de nacido (Kraemer, 2000). En esta misma línea, se ha establecido que el cromosoma X es el mayor responsable del desarrollo del sistema inmunológico, por tanto, la probabilidad de desarrollar un mejor sistema es más alta en las niñas pues cuentan con el doble de estos cromosomas que los niños. De otra parte, el cromosoma encargado del desarrollo testicular (SRY) puede disminuir la velocidad de maduración y desarrollo de los niños (Mauvais-Jarvis et al., 2020).

VI. Ejercicios de Robustez

En esta sección, se pretende extender el análisis proponiendo diferentes especificaciones que examinan la mortalidad infantil en Colombia por causas, así como variaciones en la magnitud de intensidad de los choques para determinar si los resultados presentados en el Cuadro 4 son razonables. También se propone una especificación incluyendo como control adicional la temperatura municipal y, finalmente, otra donde solo

se incluye la información para los años 2005 y 2018, con motivo del cambio en la metodología del DANE en 1998 para medir las estadísticas vitales.

A. *Efectos por Causa de Mortalidad.*

Hasta este punto, los resultados han sido robustos a la inclusión de varios controles de orden económico y social. Sin embargo, dejan abierta la posibilidad de que los servicios públicos *per se* no sean los únicos que mitiguen los efectos de los choques de precipitaciones sobre la mortalidad, pues no tienen en cuenta factores como, por ejemplo, mejoras en el sistema y promoción en salud, programas de guarderías y alimentación infantil impulsados por el gobierno, que disminuyan la exposición de los niños a los fenómenos de precipitaciones extremas, afectando directamente su salud.

A fin de aislar el efecto de los servicios públicos de los factores no observables relacionados con la salud y cuidado infantil, se examinará la tasa de mortalidad por diferentes causas. En virtud de la relación que tienen, tanto los choques de precipitaciones como los servicios públicos de acueducto y alcantarillado con el agua, es probable que las enfermedades infecciosas, parasitarias y respiratorias sean las más afectadas por las interacciones propuestas. De igual manera, se espera que la tasa de mortalidad infantil por causas no relacionadas directamente con el agua y las precipitaciones no se vea estadísticamente afectada.

Los resultados del Cuadro 5 fueron obtenidos a partir de la ecuación (1) incluyendo todo el conjunto de controles económicos y sociales propuestos anteriormente. De acuerdo con lo esperado, se encuentran resultados estadísticamente significativos para las enfermedades infecciosas intestinales y las enfermeda-

des respiratorias. Estos efectos señalan que el aumento en una desviación estándar del número de días por año con choques negativos de precipitaciones, cuando se cuenta con una cobertura de acueducto del 0%, provocará un aumento en la mortalidad infantil por enfermedades infecciosas y parasitarias en 0,10 d.e. y de 0,24 d.e. por enfermedades respiratorias. Por el contrario, cuando la cobertura es del 100%, el efecto marginal será de -0,001 d.e. y -0,17 d.e. respectivamente. De otra parte, el efecto marginal del aumento en una desviación estándar en el número de días por año con choques positivos de precipitaciones es de 0,07 d.e. sobre la mortalidad infantil por enfermedades respiratorias, cuando la cobertura de alcantarillado es nula. Por el contrario, cuando la cobertura de este servicio es del 100%, el efecto marginal sobre la mortalidad infantil por enfermedades respiratorias es de -0,08 d.e. Al margen de estos resultados, la ausencia de significancia para la mortalidad por enfermedades no relacionadas directamente con el agua o las precipitaciones, lo que comprueba la intuición propuesta al inicio de este documento.

B. *Efecto de Incluir las Interacciones Cruzadas.*

Ahora bien, la especificación de la ecuación (1) permite pensar que podría omitirse el efecto de las interacciones faltantes, es decir, el acueducto con los choques positivos y el alcantarillado con los negativos. Jaramillo et al., (2018) encuentran una complementariedad entre los servicios públicos de acueducto y alcantarillado. Por ende, si estas nuevas interacciones tienen algún efecto sobre la mortalidad infantil, los resultados del Cuadro 4 estarían afectados por sesgo de variable omitida.

Cuadro 5.
Efecto del Acceso a Servicios Públicos ante Choques de Precipitaciones sobre la TMI por Causa

	Tasa de Mortalidad Infantil por Causa						
	Infecciosas Intestinales	Respiratorias	Neoplasias	Hematopoyéticas	Diabetes	Cardiovasculares	Malformaciones Congénitas
	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)	(VII)
Número de Días por Año con Choque Negativo (-1 d.e.)	3,285*** (1,066)	9,565*** (1,793)	0,5 (0,361)	0,134 (0,146)	-0,00106 (0,00317)	-0,178 (0,205)	0,354 (0,573)
Cobertura Acueducto	-45,99** (19,39)	-35,7 (32,43)	0,3 (4,53)	3,94 (2,494)	0,012 (0,34)	-7,891 (5,749)	-14,84 (12,74)
Interacción Días con Choque Negativo y Acueducto	-3,906*** (1,006)	-16,63*** (5,525)	-0,99 (0,858)	0,135 (0,146)	0,00456 (0,00487)	-0,0111 (0,204)	-1,427 (1,125)
Número de Días por Año con Choque Positivo (+1 d.e.)	0,169 (0,272)	0,753* (0,412)	0,0345 (0,0561)	0,0102 (0,0217)	0,00399 (0,0036)	-0,107 (0,0953)	-0,167 (0,178)
Cobertura Alcantarillado	0,399 (52,41)	82,79 (54,87)	33,11 (20,35)	0,41 (2,301)	0,112 (0,182)	-4,848 (7,819)	38,35 (24,41)
Interacción Días con Choque Positivo y Alcantarillado	-0,0288 (0,552)	-1,522** (0,743)	-0,0326 (0,153)	-0,0371 (0,0427)	0,00263 (0,00271)	0,183 (0,166)	-0,172 (0,44)
Controles	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Efectos Fijos de Municipio	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Efectos Fijos de Año	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Observaciones	2990	2990	2990	2990	2990	2990	2990
Municipios	888	888	888	888	888	888	888
R2	0,24	0,21	0,03	0,01	0,00	0,03	0,03

Notas: Errores estándar robustos por clúster de municipio en paréntesis. Los controles incluyen: población municipal (ln), gasto de inversión pública (ln), porcentaje de jefes del hogar con nivel de educación mayor a la secundaria, porcentaje de viviendas con hacinamiento y la proporción de viviendas ubicadas en el sector rural. *** estadísticamente significativo al 1%, ** al 5% y * al 10%.

El Cuadro 6 presenta los resultados para la especificación propuesta, en donde se incluyen las interacciones cruzadas de servicios públicos y choques de precipitaciones. Es posible observar que los resultados de los efectos del Cuadro 6 no son muy diferentes a los encontrados en el Cuadro 4 para las interacciones inicialmente propuestas (acueducto y choques positivos; alcantarillado y choques negativos). Si bien es cierto que el tamaño de los errores estándar aumentó, lo que generó una disminución en el nivel de significancia

estadística para casi todos los coeficientes (el número de días por año con choques positivos perdió su significancia), la magnitud de los efectos de las interacciones originarles se mantuvo constante y con un nivel de significancia relativamente alto. A pesar de la inclusión de las nuevas variables no se encontraron efectos estadísticamente significativos para estas últimas, comprobando así que la intuición propuesta desde el principio es correcta.

Cuadro 6.
Especificación incluyendo Interacciones Cruzadas

	Tasa de Mortalidad Infantil		
	Total	Niñas	Niños
	(I)	(II)	(III)
Número de Días por Año con Choque Negativo (-1 d.e.)	27,74***	12,36***	43,22***
	(4,068)	(3,912)	(5,628)
Cobertura Acueducto	-321,4	-344,9	-250
	(406,7)	(396,1)	(412,7)
Interacción Días con Choque Negativo y Acueducto	-43,32**	-28,66*	-63,82**
	(20,56)	(15,00)	(27,34)
Interacción Días con Choque Negativo y Alcantarillado	-11,79	-6,889	-15,26
	(33,43)	(26,49)	(44,28)
Número de Días por Año con Choque Positivo (+1 d.e.)	0,0565	1,355	1,255
	(3,397)	(3,242)	(3,826)
Cobertura Alcantarillado	478,8	446,2	522,6
	(310,2)	(325,0)	(314,9)
Interacción Días con Choque Positivo y Alcantarillado	-11,45**	-10,74**	-12,08**
	(4,827)	(4,946)	(5,198)
Interacción Días con Choque Positivo y Acueducto	5,329	6,91	3,676
	(7,136)	(7,000)	(7,674)

	Tasa de Mortalidad Infantil		
	Total	Niñas	Niños
	(I)	(II)	(III)
Controles	✓	✓	✓
Efectos Fijos de Municipio	✓	✓	✓
Efectos Fijos de Año	✓	✓	✓
Observaciones	2990	2990	2990
Municipios	888	888	888
R2	0,26	0,20	0,26

Notas: Errores estándar robustos por clúster de municipio en paréntesis. Los controles incluyen: población municipal (ln), gasto de inversión pública (ln), porcentaje de jefes del hogar con nivel de educación mayor a la secundaria, porcentaje de viviendas con hacinamiento y la proporción de viviendas ubicadas en el sector rural. *** estadísticamente significativo al 1%, ** al 5% y * al 10%.

C. Efecto de Diferentes Magnitudes de los Choques de Precipitaciones.

Otra forma de analizar los resultados encontrados es cuantificando el comportamiento de los efectos de las interacciones ante cambios en la magnitud de los choques. Podría esperarse que el contar con acceso a los servicios de acueducto y alcantarillado ante choques negativos y positivos de precipitaciones, respectivamente, ayude a disminuir la mortalidad en mayor medida cuando estos últimos son más fuertes. En el Cuadro 7 se presenta un ejercicio en donde se estima la ecuación (2) cuando los choques fueron de 0,5, 1 y 1,25 desviaciones estándar por encima y por debajo de la media histórica de lluvias.

En este caso, es posible destacar varios resultados. Como se puede observar, a medida que la magnitud de los choques diarios crece el efecto de mitigación es mayor. Aunque con los choques positivos se pierde significancia estadística en algunos casos, los signos y las magnitudes se mantienen crecientes, respondiendo

a la intuición planteada en secciones anteriores. Finalmente, es posible observar que el efecto sobre la tasa de mortalidad infantil es mayor ante los déficits de lluvia, que afectan en mayor medida la tasa de mortalidad infantil.

Sin embargo, los resultados cuando los choques positivos de precipitaciones son de 1,5 desviaciones estándar o más deben analizarse con cautela. Es posible notar que el efecto es similar en magnitud al presentado cuando el choque es de 0,5 desviaciones estándar, aunque con un nivel de significancia estadística inferior. Además, esta significancia se pierde al desagregar la mortalidad por sexo biológico. El efecto puede ser menor porque ante choques positivos de precipitaciones más fuertes, dada la capacidad limitada del alcantarillado, el contar con este servicio puede ser contraproducente porque las aguas contenidas en él pueden salir a la superficie, poniendo en riesgo la salud de los niños. Sin embargo, esto no es posible probarlo con la información disponible.

Cuadro 7.
Efecto ante Cambios en la Magnitud de los Choques de Precipitaciones

	Tasa de Mortalidad Infantil		
	Total	Niñas	Niños
	(I)	(II)	(III)
Panel A. Choques de 0,5 d.e. o más.			
Interacción Días con Choque Negativo y Acueducto	-3,730***	-2,818**	-4,622***
	(1,206)	(1,123)	(1,365)
Interacción Días con Choque Positivo y Alcantarillado	-8,263***	-7,094***	-9,413***
	(2,467)	(2,303)	(2,905)
Panel B. Choques de 1 d.e. o más.			
Interacción Días con Choque Negativo y Acueducto	-48,10***	-25,32***	-69,77***
	(8,143)	(6,397)	(10,63)
Interacción Días con Choque Positivo y Alcantarillado	-9,599***	-7,918***	-11,21***
	(2,980)	(2,756)	(3,701)
Panel C. Choques de 1,25 d.e. o más.			
Interacción Días con Choque Negativo y Acueducto	-107,0***	-99,81**	-116,4***
	(35,74)	(43,62)	(29,87)
Interacción Días con Choque Positivo y Alcantarillado	-8,231**	-6,944*	-9,410**
	(3,991)	(3,766)	(4,774)
Controles	✓	✓	✓
Efectos Fijos de Municipio	✓	✓	✓
Efectos Fijos de Año	✓	✓	✓
Observaciones	2990	2990	2990
Municipios	888	888	888

Notas: Errores estándar robustos por clúster de municipio en paréntesis. Los controles incluyen: población municipal (ln), gasto de inversión pública (ln), porcentaje de jefes del hogar con nivel de educación mayor a la secundaria, porcentaje de viviendas con hacinamiento y la proporción de viviendas ubicadas en el sector rural. *** estadísticamente significativo al 1%, ** al 5% y * al 10%.

D. Efecto de Intensidad de los Choques de Precipitaciones.

De igual manera, la intensidad en los choques también puede tenerse en cuenta al evaluar los efectos sobre la mortalidad. Ante una mayor duración de los choques es posible que aumente la probabilidad de sufrir alguna afección. Para evaluar estos efectos, se proponen dos tipos de intensidad. El primero, examina los efectos cuando los choques de precipitaciones se presentaron en días consecutivos. En este caso, se estimaron tres especificaciones donde se incluyen eventos de dos, tres y cuatro días seguidos para cada choque, cuando este se presentó en una desviación estándar por encima o por debajo de la media.

El segundo, analiza los choques ya no por el número de días sino por los meses en el año en que se presentaron. De manera análoga, para este ejercicio se construyó la media histórica de precipitaciones a nivel mensual de cada municipalidad y se realizó la respectiva estandarización. Es importante resaltar que, dada la estacionalidad de los meses, la estandarización se hizo mes a mes, es decir se comparó el nivel de lluvias de enero de 2018 con el histórico del nivel de lluvias de todos los eneros para cada municipalidad por separado.

En el Cuadro 8 es posible observar que el efecto es más fuerte a medida que los días con choques negativos seguidos aumentan, lo que puede obedecer al principio vital del agua, es decir, ante un periodo más largo de déficits importantes de lluvias más importante es contar con la provisión de agua (asumiendo que la calidad es óptima y el servicio es continuo), pues no solo se cuenta con el consumo del líquido para beber, sino también con el factor principal cuando de higiene se trata. Así mismo, el efecto es similar cuando son dos los días consecutivos con choques positivos de precipitaciones, pues los efectos aumentan en compa-

ración a los encontrados en el Cuadro 4. Sin embargo, la significancia estadística se pierde cuando el choque se presenta en tres días consecutivos. Ahora bien, un detalle importante a destacar es el cambio del signo en el efecto cuando el choque positivo se presenta en eventos de cuatro días consecutivos, pues esto refuerza la hipótesis de la capacidad limitada del alcantarillado para contener aguas lluvias, empero, esto sigue sin poder probarse formalmente.

Al considerar periodos más largos bajo la influencia de choques de precipitaciones, es probable que la mortalidad y el efecto del acceso a servicios públicos se vean más afectados en comparación con los choques diarios. El Cuadro 9 presenta los resultados de la evaluación de choques de precipitaciones mensuales, donde es posible observar lo planteado anteriormente. Cuando el acueducto interactúa con choques negativos mensuales, los efectos sobre la mortalidad son significativamente mayores a los encontrados en el Cuadro 4. Sin embargo, nuevamente la interacción entre alcantarillado y choques positivos no arroja ningún resultado estadísticamente significativo. Esto puede ser un indicio que, ante periodos más largos con choques de precipitaciones positivos, el saneamiento no tiene mayor repercusión sobre la mortalidad infantil.

Respecto al último argumento, es importante resaltar que los resultados encontrados en los paneles B y C del Cuadro 8 podrían verse afectados también por la poca ocurrencia de los eventos consecutivos estudiados. Sin embargo, respecto a los fenómenos de lluvias intensas por tres días consecutivos, estos fenómenos se presentan en más en un rango de 1 a 9 eventos por año para más del 67% de las observaciones del panel. De igual manera, los eventos de cuatro días consecutivos se presentan en un rango de 1 a 4 en el 25,9% de las observaciones. Esto sugiere, que la intuición presentada anteriormente puede ser coherente con los resultados presentados.

Cuadro 8.
Efecto ante Choques de Precipitaciones por Días Consecutivos

	Tasa de Mortalidad Infantil		
	Total	Niñas	Niños
	(I)	(II)	(III)
Panel A. Choques por dos días seguidos.			
Interacción Días con Choque Negativo y Acueducto	-265,6***	-143,8***	-380,0***
	(46,14)	(41,88)	(62,38)
Interacción Días con Choque Positivo y Alcantarillado	-48,34***	-38,40**	-55,51***
	(18,46)	(19,31)	(19,12)
Panel B. Choques por tres días seguidos.			
Interacción Días con Choque Negativo y Acueducto	-423,2***	-213,3*	-622,2***
	(129,9)	(109,0)	(157,3)
Interacción Días con Choque Positivo y Alcantarillado	-65,31	-61,36	-70,49
	(51,60)	(53,67)	(53,26)
Panel C. Choques por cuatro días seguidos.			
Interacción Días con Choque Negativo y Acueducto	-957,0***	-577,3***	-1316***
	(179,6)	(167,2)	(237,1)
Interacción Días con Choque Positivo y Alcantarillado	21,16	42,04	3,539
	(53,58)	(55,17)	(63,01)
Controles	✓	✓	✓
Efectos Fijos de Municipio	✓	✓	✓
Efectos Fijos de Año	✓	✓	✓
Observaciones	2990	2990	2990
Municipios	888	888	888

Notas: Errores estándar robustos por clúster de municipio en paréntesis. Los controles incluyen: población municipal (ln), gasto de inversión pública (ln), porcentaje de jefes del hogar con nivel de educación mayor a la secundaria, porcentaje de viviendas con hacinamiento y la proporción de viviendas ubicadas en el sector rural. *** estadísticamente significativo al 1%, ** al 5% y * al 10%.

Cuadro 9.
Efectos ante Choques de Precipitaciones Mensuales

	Tasa de Mortalidad Infantil					
	Total		Niñas		Niños	
	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)
Número de Días con Choque Negativo (-1 d.e.)	51,16**	62,76***	37,08*	47,80**	64,49**	76,92***
	(22,36)	(20,83)	(20,23)	(18,86)	(26,47)	(25,00)
Cobertura Acueducto	331,1*	60,72	292,6*	45,05	367,4*	74,72
	(184,3)	(168,6)	(155,1)	(167,8)	(222,4)	(181,7)
Interacción Días con Choque Negativo y Acueducto	-91,25***	-102,0***	-70,77**	-81,10***	-111,5***	-122,8***
	(33,40)	(31,33)	(29,75)	(28,54)	(39,91)	(37,35)
Número de Días con Choque Positivo (+1 d.e.)	16,53	11,32	7,374	2,484	23,93	18,42
	(20,02)	(19,06)	(18,75)	(18,91)	(22,79)	(20,93)
Cobertura Alcantarillado	546,4**	117,1	481,8*	105,8	631,0**	151,4
	(265,8)	(381,3)	(264,6)	(417,9)	(276,2)	(345,6)
Interacción Días con Choque Positivo y Alcantarillado	-35,3	-27,77	-27,04	-19,84	-41,09	-33,26
	(32,90)	(32,35)	(30,77)	(31,71)	(37,55)	(35,77)
Controles	-	✓	-	✓	-	✓
Efectos Fijos de Municipio	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Efectos Fijos de Año	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Observaciones	2990	2990	2990	2990	2990	2990
Municipios	888	888	888	888	888	888
R2	0,18	0,24	0,15	0,20	0,17	0,23

Notas: Errores estándar robustos por clúster de municipio en paréntesis. Los controles incluyen: población municipal (ln), gasto de inversión pública (ln), porcentaje de jefes del hogar con nivel de educación mayor a la secundaria, porcentaje de viviendas con hacinamiento y la proporción de viviendas ubicadas en el sector rural. *** estadísticamente significativo al 1%, ** al 5% y * al 10%.

E. Efecto de Incluir Temperatura como Control Adicional.

Otras variables climáticas como la humedad y la temperatura pueden afectar la salud de las personas. Respecto de la primera, se ha encontrado que tiene una relación positiva con las enfermedades respiratorias (Barreca, 2009). Por su parte, se ha encontrado que los choques de temperaturas extremas afectan la mortalidad en los Estados Unidos (Deschênes y Greenstone, 2011). Respecto a este último estudio, se utilizó como control el nivel de precipitaciones. Siguiendo esta especificación, el Cuadro 10 presenta los resultados de la estimación de la ecuación (1) incluyendo, además de los controles ya propuestos, la variable de choques de temperatura. Los efectos tienen una estructura similar a la presentada en los resultados principales. Ambos choques de precipitaciones tienen un efecto positivo en la mortalidad (aunque los positivos no son estadís-

ticamente significativos) y las interacciones muestran que los servicios públicos de acueducto y alcantarillado mitigan los efectos de los choques negativos y positivos, respectivamente.

Podría pensarse que, respecto a las enfermedades diarreicas, por ejemplo, las altas temperaturas agudizarían consecuencias como la deshidratación o también, podrían generar afecciones cardíacas; a su vez, las temperaturas bajas aumentarían el riesgo de padecer enfermedades respiratorias. Sin embargo, el incluir la temperatura no es trascendente en cuanto a la magnitud de los efectos. Si bien la muestra se reduce a 385 municipalidades, consecuencia de las pocas estaciones que miden la temperatura en Colombia, estos resultados concuerdan con los encontrados por Deschênes y Greenstone (2011), que no encuentran mayor variación en los efectos principales al incluir ambas variables climáticas en la misma regresión.

Cuadro 10.
Efecto del Acceso a Servicios Públicos ante Choques de Precipitaciones sobre la TMI incluyendo Temperatura

	Tasa de Mortalidad Infantil					
	Total		Niñas		Niños	
	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)
Número de Días por Año con Choque Negativo (-1 d.e.)	34,24**	34,53**	11,00**	11,21**	56,15***	56,55***
	(13,40)	(13,86)	(4,65)	(4,91)	(15,97)	(16,70)
Cobertura Acueducto	-76,14	-72,74	-88,22	-85,75	-99,36	-94,6
	(259,3)	(258,1)	(223,6)	(223,1)	(332,4)	(330,4)
Interacción Días con Choque Negativo y Acueducto	-62,37**	-62,91**	-31,71**	-32,10**	-90,91***	-91,67***
	(24,32)	(24,90)	(12,75)	(13,08)	(28,60)	(29,50)
Número de Días por Año con Choque Positivo (+1 d.e.)	3,565	3,604	3,715	3,744	3,904	3,959
	(3,269)	(3,286)	(2,897)	(2,905)	(4,338)	(4,369)

	Tasa de Mortalidad Infantil					
	Total		Niñas		Niños	
	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)
Cobertura Alcantarillado	979,5	982,7	997,4	999,8	994,4	998,9
	(598,3)	(598,2)	(539,4)	(539,2)	(685,2)	(685,6)
Interacción Días con Choque Positivo y Alcantarillado	-11,58**	-11,53**	-11,25***	-11,18***	-12,60***	-12,56***
	(5,584)	(5,559)	(3,263)	(3,241)	(4,835)	(4,806)
Controles	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Incluyendo Temperatura	-	✓	-	✓	-	✓
Efectos Fijos de Municipio	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Efectos Fijos de Año	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Observaciones	1118	1118	1118	1118	1118	1118
Municipios	385	385	385	385	385	385
R2	0,30	0,30	0,28	0,28	0,26	0,26

Notas: Errores estándar robustos por clúster de municipio en paréntesis. Los controles incluyen: población municipal (ln), gasto de inversión pública (ln), porcentaje de jefes del hogar con nivel de educación mayor a la secundaria, porcentaje de viviendas con hacinamiento y la proporción de viviendas ubicadas en el sector rural. *** estadísticamente significativo al 1%, ** al 5% y * al 10%.

F. Estimación para el periodo 2005-2018.

A partir de la entrada en funcionamiento del Sistema de Registro Civil y Estadísticas Vitales en 1998, el DANE cambió la metodología en la recolección de la información sobre nacimientos y defunciones en Colombia. Con esto, mejoró la precisión en la recolección de la información y se ha disminuido el subregistro en las variables mencionadas. En este orden de ideas, el Cuadro 11 presenta la estimación de la ecuación (1)

incluyendo únicamente los años posteriores a 1998. Como se puede observar, aunque menores en magnitud, los efectos estimados mantienen la significancia estadística y el sentido que los encontrados en el Cuadro 4. Ciertamente, los efectos del número de días por año con choques negativos han perdido su significancia, pero esto puede obedecer a las condiciones climáticas que se presentaron en 2005 y 2018 que, según el Gráfico 1, fueron años con una mayor presencia de choques positivos en promedio.

Cuadro 11.
Efecto del Acceso a Servicios Públicos ante Choques de Precipitaciones
sobre la TMI entre 2005 y 2018

	Tasa de Mortalidad Infantil		
	Total	Niñas	Niños
	(I)	(II)	(III)
Número de Días por Año con Choque Negativo (-1 d.e.)	8,307	7,164	9,161
	(11,34)	(10,19)	(14,18)
Cobertura Acueducto	-75,39	-142,8	-27,68
	(90,51)	(137,2)	(84,38)
Interacción Días con Choque Negativo y Acueducto	-33,26**	-21,10*	-44,85**
	(13,50)	(11,06)	(19,87)
Número de Días por Año con Choque Positivo (+1 d.e.)	3,675***	3,614**	3,890***
	(1,205)	(1,779)	(1,474)
Cobertura Alcantarillado	125,3	123,9	120,5
	(109,3)	(130,7)	(141,4)
Interacción Días con Choque Positivo y Alcantarillado	-4,205*	-3,809**	-4,857*
	(2,272)	(1,535)	(2,700)
Controles	✓	✓	✓
Efectos Fijos de Municipio	✓	✓	✓
Efectos Fijos de Año	✓	✓	✓
Observaciones	1576	1576	1576
Municipios	821	821	821
R2	0,11	0,10	0,12

Notas: Errores estándar robustos por clúster de municipio en paréntesis. Los controles incluyen: población municipal (ln), gasto de inversión pública (ln), porcentaje de jefes del hogar con nivel de educación mayor a la secundaria, porcentaje de viviendas con hacinamiento y la proporción de viviendas ubicadas en el sector rural. *** estadísticamente significativo al 1%, ** al 5% y * al 10%

VII. Discusión

En esta sección, se presentan las limitaciones del estudio presentado y los aportes al análisis de política pública en materia de infraestructura de servicios y salud pública.

Es importante resaltar que los resultados presentados anteriormente son entendidos desde el punto de vista contextual, dada la medición a nivel municipal del acceso a servicios públicos y no a nivel individual. En este sentido, las estimaciones encuentran efectos promedio a nivel municipal, lo que no necesariamente implica que un individuo que no cuente con acceso a acueducto o alcantarillado vaya a morir. Sin embargo, dado el carácter exógeno de las precipitaciones y su interacción con los servicios públicos es posible inferir que, bajo un escenario de fenómenos climáticos extremos, el acceso a estos servicios públicos puede ayudar a disminuir la carga de mortalidad del país, particularmente por enfermedades respiratorias e infecciosas y parasitarias.

Por otra parte, es importante mencionar que los efectos encontrados pueden estar subestimados dado el registro de las defunciones en las Estadísticas Vitales del DANE. Como se pudo ver en el Cuadro 3, el mínimo de la mortalidad es cero y este valor se repite para varios municipios, especialmente en los años 1985 y 1993. De acuerdo con la intuición, esto es poco creíble porque para esos años Colombia no tenía altos niveles de coberturas en acceso a la salud, vacunación y tratamiento de enfermedades, particularmente para la periferia, donde más se presentan los casos de cero mortalidades. Además, excluyendo a Bogotá D.C., los municipios con menor acceso a servicios de salud también cuentan con menor cobertura de servicios públicos y están ubicados en las zonas más expuestas a choques climáticos. Por esta razón, los efectos podrían ser más grandes.

Ahora bien, teniendo en mente lo anterior, se calcula el valor esperado de las muertes infantiles evita-

das condicionado en los efectos encontrados para las coberturas de acueducto y alcantarillado a nivel municipal, los choques de precipitaciones y demás controles utilizados en el Cuadro 4 (ver detalles del cálculo en Anexo 1).

El cálculo de muertes evitadas para el periodo 1985-2018, condicionadas en las coberturas de servicios públicos y los fenómenos de precipitaciones extremos, es de 54,3 niños menores de 5 años por cada 100.000. Este valor, respecto de la media de mortalidad infantil para la muestra estudiada en el periodo 1985-2018, el aumento del 18,9% en la cobertura de acueducto promedio municipal y el aumento en 13,4% del alcantarillado ayudó a evitar un 14,3% de las defunciones infantiles, lo que resulta bastante importante en términos de la carga de mortalidad infantil. En este sentido, si se garantiza el acceso a acueducto y alcantarillado para toda la población colombiana, posiblemente continúen reduciéndose las defunciones infantiles por enfermedades respiratorias e infecciosas y parasitarias principalmente, que aún siguen representando una parte importante de las enfermedades que afectan a la población infantil del país.

VIII. Conclusiones

Este documento encuentra varios resultados importantes respecto de los fenómenos de precipitaciones sobre la mortalidad infantil en Colombia. Se encontró que el efecto marginal del aumento en una desviación estándar del número de días con déficit de lluvias por año aumentará la mortalidad, en promedio, en 0,14 desviaciones estándar cuando el municipio cuenta con una cobertura de acueducto de 0%. A su vez, cuando el municipio cuenta con una cobertura de este servicio público del 100%, el efecto marginal del aumento en una desviación estándar del número de días por año con déficit de lluvia sobre la mortalidad infantil es de -0,12 desviaciones estándar. De igual manera, se encontró que el aumento en una desviación estándar en el número de días por año con lluvias intensas, cuando

la municipalidad cuenta con una cobertura de alcantarillado del 0%, aumenta la mortalidad infantil en 0,06 desviaciones estándar. Finalmente, cuando se cuenta con una cobertura del 100%, el efecto marginal del aumento señalado en el número de días por año con lluvias intensas sobre la mortalidad infantil es de -0,14 desviaciones estándar. Cuando se realizó la estimación a nivel de sexo, los niños varones sufrieron efectos de mayor magnitud, resultado coherente con la literatura médica que afirma una mayor fortaleza biológica de las niñas. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la magnitud de estas brechas podría cambiar, dados los problemas de subestimación señalados en la sección anterior.

El contar con un acueducto permite acceder al consumo de agua de mejor calidad y mantener hábitos de higiene, esenciales para la prevención de enfermedades. De igual manera, el alcantarillado ayuda a evacuar aguas lluvia que pueden transportar virus y bacterias causantes de enfermedades respiratorias, evitando así la exposición del ser humano a estos riesgos.

Estos resultados fueron evaluados por diversas causas de mortalidad. La Organización Mundial de la Salud en sus Guías para la Calidad del Agua Potable (2006), advierte que diferentes virus, bacterias, hongos, protozoos y helmintos pueden ser transportados por el agua de consumo o de contacto con el ser humano, produciendo tanto infecciones intestinales como respiratorias que pueden tener consecuencias fatales. Así mismo, la literatura ha encontrado una relación positiva entre el nivel de lluvias y la proliferación de enfermedades respiratorias, como se mencionó en secciones anteriores. En este sentido, se esperaba que las enfermedades infecciosas y parasitarias, y las enfermedades respiratorias fueran las más afectadas por la provisión de los servicios públicos ante choques de precipitaciones. Efectivamente, este fue el resultado observado y paralelamente se probó que enfermedades no relacionadas directamente con el agua no tienen efecto alguno en términos de significancia estadística. Además, se llevó a cabo el análisis incluyendo las interacciones cruzadas entre servicios públicos y

choques de precipitaciones para probar que la hipótesis propuesta al inicio de este documento es razonable. Las pruebas complementarias señalan que el aumento en la cobertura de acueducto y alcantarillado pueden mitigar los efectos de los choques de precipitaciones que la literatura ha señalado, se espera sean crecientes en el tiempo, teniendo respuestas positivas ante choques negativos más intensos y duraderos.

Se espera que el cambio climático afecte en mayor medida a las poblaciones del mundo, particularmente con fenómenos de precipitaciones extremos para el Sudeste Asiático y América del Sur. Como fue señalado, para el caso colombiano aumentó el número de municipios afectados por estos choques climáticos y se espera que esta tendencia continúe en el tiempo. Por esta razón, es importante que se sigan realizando inversiones en diferentes mecanismos que protejan a la población de las consecuencias negativas que generan los eventos climáticos extremos.

IX. Referencias

- Alonso, G. (2006). "El Fenómeno de El Niño en Colombia: Caracterización y Posible Impacto". *Reportes del Emisor – Banco de la República*. Vol. (182). Consultado en: <https://publicaciones.banrepcultural.org/index.php/emisor/article/view/7891>.
- Alsan, M. & Goldin, C. (2019). "Watersheds in Child Mortality: The Role of Effective Water and Sewerage Infrastructure 1880-1920". *Journal of Political Economy*. Vol. (127). No. 2. 586-638.
- Andalón, M., Azevedo, J., Rodríguez-Castelán, C., Sanfelice, V. & Valderrama-González, D. (2016). "Weather Shocks and Health at Birth in Colombia". *World Development*. Vol. 82(C), pages 69-82.
- Barreca, A. (2012). "Climate Change, Humidity, and Mortality in the United States". *Journal of Environmental Economics and Management*. Vol. 63. 19-34.

- Brando, J.F. & Santos, R. (2015). "La Niña y los Niños: Effects of an Unexpected Winter on Early Life Human Capital and Family Responses". *Documentos CEDE*. Vol. 25. 1-58.
- Caicedo, J.M., Gaviria, A. & Moreno, J. (2011). "Hechos y Palabras: la Realidad Coombiana Vista a través de la Prensa Escrita". *Documentos CEDE*. Vol. 46. 1-34.
- Calderón, S. & Sánchez, F. (2015). "Caracterización de y Vulnerabilidad a los Desastres Naturales en Colombia, 1970-2011". *Documentos CEDE*. Vol. 16. 1-54.
- Centers for Disease Control and Prevention. (2020). "Multiple Cause of Death Files, 1999-2018". National Center for Health Statistics. Contenido en: <http://wonder.cdc.gov/ucd-isc10.html>.
- Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico. Base de Datos "Censo Nacional de Población y Vivienda 1985". Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE.
- Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico. Base de Datos "Censo Nacional de Población y Vivienda 1993". Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE.
- Chan, P.W.K., Chew, F.T., Tan, T.N., Chua, K.B. & Hooi, P.S. (2002). "Seasonal Variation in Respiratory Syncytial Virus Chest Infection in the Tropics". *Pediatric Pulmonology*. Vol. (34). 47-51.
- Chew, F.T., Doraisingham, S., Ling, A.E., Kumarasinghe, G. & Lee, B.W. (1998). "Seasonal Trend of Viral Respiratory Tract Infections in the Tropics". *Epidemiology and Infections*. Vol. (121). 121-128.
- Cutler, D., Deaton, A. & Lleras-Muney, A. (2006). "The Determinants of Mortality". *Journal of Economic Perspectives*. Vol. (20). 97-120.
- Cutler, D. & Miller, G. (2005). "The Role of Public Health Improvements in Health Advances: The Twentieth-Century United States". *Demography*. Vol. (42). 1-22.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas – DANE. (s.f.). Base de Datos "Censo Nacional de Población y Vivienda 2005". Dirección de Censos y Demografía.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas – DANE. (s.f.). Base de Datos "Censo Nacional de Población y Vivienda 2018". Dirección de Censos y Demografía.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas – DANE. (2009). "Estadísticas Vitales – EEVV". Dirección de Censos y Demografía.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas – DANE. (2011). "Manual para la Certificación Médica de la Causa de Defunción y Selección de la Causa Básica de Muerte – EEVV". Dirección de Censos y Demografía.
- Deschênes, O. & Greenstone, M. (2011). "Climate Change, Mortality, and Adaptation: Evidence from Annual Fluctuations in Weather in the US". *American Economic Journal: Applied Economics*. Vol. (3). 152-185.
- Domínguez, C. & Uribe, E. (2005). "Evolución del Servicio de Acueducto y Alcantarillado Durante la Última Década". *Documentos CEDE*. Vol. 19. 1-75.
- Euscátegui, C. & Hurtado, G. (2011). "Análisis del Impacto del Fenómeno "La Niña" 2010-2011 en la Hidroclimatología del País". Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. 1-32.
- Flórez, C. (2000). *Las Transformaciones Sociodemográficas en Colombia Durante el Siglo XX*. Bogotá: Banco de la República y Tercer Mundo Editores.

- Henry, S. & Dos Santos, S. (2013). "Rainfall Variations and Child Mortality in the Sahel: Results From a Comparative Event History Analysis in Burkina Faso and Mali". *Population and Environment*. Vol. (34). 431-459.
- Galiani, S., Gertler, P., & Scharfrodsky, E. (2005) "Water for Life: The Impact of the Privatization of Water Services on Child Mortality". *Journal of Political Economy*. Vol. 113. 83-120.
- Gaviria, A. (2010). "Cambio Social en Colombia Durante la Segunda Mitad del Siglo XX". *Documentos CEDE*. Vol. (30). 1-40.
- Granados, C. & Sánchez, F. (2014). "Water Reforms, Decentralization and Child Mortality in Colombia, 1990-2005". *World Development*. Vol. (53). 68-79.
- Hoddinott, J. & Kinsey, B. (2001). "Child Growth in the Time of Drought". *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*. Vol. (63). 409-436.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2016). "Impacto del Fenómeno "El Niño" 2015-2016 en los Nevados y Alta Montaña en Colombia". Bogotá. 1-19.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2017). "Diseño de la Red Hidrometeorológica Nacional". Bogotá. 1-16.
- Ingole, V., Juvekar, S., Muralidharan, V., Sambhudas, S. & Rocklöv, J. (2012). "The Short-Term Association of Temperature and Rainfall with Mortality in Vadu Health and Demographic Surveillance System: A Population Level Time Series Analysis". *Global Health Action*. Vol. (23). 44-52.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2018). "Global Warming of 1.5°C.". Consultado en: <https://www.ipcc.ch/sr15/>.
- Jaramillo, J., Meisel, A., & Ramírez, M. (2019). "More Than One Hundred Years of Improvements in Living Standards: The Case of Colombia". *Clometrica*. vol. (13). 323-366.
- Kraemer, S. (2000). "The Fragile Male". *British Medical Journal*. Vol. (321). 1609-1612.
- Maccini, S. & Yang, D. (2009). "Under the Weather: Health, Schooling, and Economic Consequences of Early-Life Rainfall". *American Economic Association*. Vol. (99). 1006-1026.
- Machado-Silva, F., Libonati, R., Melo de Lima, T.F., Bitencourt Peixoto, R., de Almeida França, J.R., de Figueiredo, M., Lemos, F., Abrantes, J. & DaCamara, C. (2020). "Drought and Fires Influence the Respiratory Diseases Hospitalization in the Amazon". *Ecological Education*. Vol. (109). 1-13.
- Montenegro, A. (2020). "Notas sobre la Historia y el Impacto de las Leyes de Servicios Públicos de 1994". *Documentos CEDE*. Vol. (10). 1-43.
- Naciones Unidas. (2015). "Resolución Aprobada por la Asamblea General el 25 de Septiembre de 2015". Consultado en: https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_es.pdf.
- Nizalova, O. & Murtazashvili, I. (2016). "Exogenous Treatment and Endogenous Factors: Vanishing of Omitted Variable Bias on the Interaction Term". *Journal of Econometric Methods*. Vol. (5). 71-77.
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la Calidad del Agua Potable*. Vol. (1). Tercera Edición. Consultado en: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf.

- Organización Mundial de la Salud. (2007). *Addressing Sex and Gender in Epidemic-Prone Infectious Diseases*. Organización Mundial de la Salud: Ginebra. Consultado en: <https://www.who.int/csr/resources/publications/SexGenderInfectDis.pdf>.
- Paynter, S., Weinstein, P., Ware, R.S., Lucero, M.G., Tallo, V., Nohynek, H., Barnett, A.G., Skelly, C., Simoes, E.A.F., Sly, P.D., Williams, G. & Arivac Consortium. (2013). "Sunshine, Rainfall, Humidity and Child Pneumonia in the Tropics: Time-Series Analyses". *Epidemiology and Infections*. Vol. (141). 1328-1336.
- Sánchez, F. & Vega, A. (2014). "Cobertura de Acueducto y Alcantarillado, Calidad del Agua y Mortalidad Infantil en Colombia, 2000-2012". *Documentos CEDE*. Vol. (40). 1-50.
- Watts, N., et al. (2019). "The 2019 Report of The Lancet Countdown on Health and Climate Change: Ensuring that the Health of a Child Born Today is not Defined by a Changing Climate". *The Lancet*. Vol. (394). 1836-1878.
- Mauvais-Jarvis, F., et al. (2020). "Sex and Gender: Modifiers of Health, Disease, and Medicine". *The Lancet*. Vol. (396). 565-582.
- Thongpan, I., Vongpunsawad, S. & Poovorawan, Y. (2020). "Respiratory Syncytial Virus Infection Trend is Associated with Meteorological Factors". *Nature*. Vol. (10). 1-7.
- Vlasoff, C. (2007). "Gender Differences in Determinants and Consequences of Health and Illness". *Journal of Health, Population, and Nutrition*. Vol. 25. 47-61.
- Yang, T.O., Huang, W.T., Chen, M.H., Huang, K.Y. & Chen, P.C. (2018). "Sex Differences in Common Childhood Infections in Taiwan". *International Journal of Infectious Diseases*. Vol. (75). 115-117.
- Yusuf, S., Piedimonte, G., Auais, A., Demmler, G., Krishnan, S., Van Caesele, P., Singleton, R., Broor, S., Parveen, S., Avendano, L., Parra, J., Chavez-Bueno, S., Murguía de Sierra, T., Simoes, E.A.F., Shaha, S. & Welliver, R. (2007). "The Relationship of Meteorological Conditions to the Epidemic Activity of Respiratory Syncytial Virus". *Epidemiology and Infections*. Vol. (135). 1077-1090.
- Zarulli, V., Barthold, J., Oksuzyan, A., Lindahl-Jacobsen, R., Christensen, K. & Vaupel, J. (2018). "Women Live Longer Than Men Even During Severe Famines and Epidemics". *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. (115). 832-840.

X. Anexos

Valor esperado de la tasa de mortalidad infantil condicionado en las coberturas, choques de precipitaciones y controles propuestos.

$$\begin{aligned}
 & \text{Muertes Evitadas}_{1985-2018} \\
 &= E(Y_{it} | Acued_{i,2018}, Alcant_{i,2018}, X) - E(Y_{it} | Acued_{i,1985}, Alcant_{i,1985}, X) \\
 &= (\hat{Y}_i + \hat{Y}_t + \beta_1 Prec_{neg} + \beta_2 Prec_{pos} + \beta_3 Acued_{2018}) \beta_4 Alcant_{2018} \\
 &+ \beta_5 (Prec_{neg} * Acued_{2018}) + \beta_6 (Prec_{pos} * Alcant_{2018}) + \Omega X_{i,t} \\
 &- (\hat{Y}_i + \hat{Y}_t + \beta_1 Prec_{neg} + \beta_2 Prec_{pos} + \beta_3 Acued_{1985}) \beta_4 Alcant_{1985} \\
 &+ \beta_5 (Prec_{neg} * Acued_{1985}) + \beta_6 (Prec_{pos} * Alcant_{1985}) + \Omega X_{i,t} \\
 &= \beta_3 (Acued_{2018} - Acued_{1985}) + \beta_4 (Alcant_{2018} - Alcant_{1985}) \\
 &+ \beta_5 ((Prec_{neg} * Acued_{2018}) - (Prec_{neg} * Acued_{1985})) \\
 &+ \beta_6 ((Prec_{pos} * Acued_{2018}) - (Prec_{pos} * Acued_{1985})) \\
 &= \beta_3 (Acued_{2018} - Acued_{1985}) + \beta_4 (Alcant_{2018} - Alcant_{1985}) + \beta_5 \\
 &*Prec_{neg} (Acued_{2018} - Acued_{1985}) + \beta_6 \\
 &*Prec_{pos} (Alcant_{2018} - Alcant_{1985}) + \beta_6 \\
 &(2)
 \end{aligned}$$

En la primera parte de la ecuación (2), los coeficientes β_3 y β_4 acompañan lo que serían las ganancias directas por la provisión de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado. Por otra parte, los coeficientes β_5 y β_6 acompañan el ahorro por evitar muertes ante fenómenos de precipitaciones extremos. Dado que estadísticamente los efectos encontrados para las variables de coberturas son iguales a cero, las ganancias en cuanto a muertes evitadas son indirectas.