

IMPACTO  
DE EVENTOS  
CLIMÁTICOS  
EXTREMOS  
SOBRE LA  
SALUD Y  
LA EDUCACIÓN  
DE NIÑOS,  
ADOLESCENTES  
Y JÓVENES EN  
EL SEMIÁRIDO  
BRASILEÑO



SALVADOR | ABRIL DE 2020

# IMPACTO DE EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS SOBRE LA SALUD Y LA EDUCACIÓN DE NIÑOS, ADOLESCENTES Y JÓVENES EN EL SEMIÁRIDO BRASILEÑO

## EQUIPO DEL PROGRAMA SEMEAR INTERNACIONAL

### COORDINADORA

FABIANA DUMONT VITERBO

### ASISTENTE ADMINISTRATIVA FINANCIERA

ANA LUIZA SANTOS

### GERENTE DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

ALINE MARTINS DA SILVA

### GERENTE DE COOPERACIÓN SUR-SUR

RUTH PUCHETA

### ASISTENTE DE COOPERACIÓN SUR-SUR

ESTHER MARTINS

### ASESOR DE M&A

ADALTO MARTINS

### ASESOR DE COMUNICACIÓN

GABRIEL MONTEIRO

## EQUIPO DEL ESTUDIO

### RODRIGO OLIVEIRA

Doctor en Economía, profesor de Economía de la UFBA, coordinador general del proyecto

### DIANA GONZAGA

Doctora en Economía, profesora de Economía de la UFBA, vicecoordinadora del proyecto

### HENRIQUE MOTTÉ

Estudiante de Doctorado en Economía, investigador responsable de la construcción de las bases de datos de educación

### SILVANA GUIMARÃES

Estudiante de Doctorado en Economía, investigadora responsable de la construcción de las bases de datos de trabajo y renta

### FIRMINO SOUSA FILHO

Estudiante de Doctorado en Economía, investigador responsable de la construcción de las bases de datos de salud

### BEATRIZ OLIVEIRA

Graduada en Economía, asistente de investigación

### VITOR BERNARD

Graduado en Economía, asistente de investigación

### SONIA BASTOS (ESTÚDIO 513)

Projeto gráfico e diagramação

### GILDEMAR SENA OLIVEIRA

Ilustrações

Además de este equipo, la presente investigación contó con la contribución de especialistas de Unicef en Salvador en la definición de los indicadores y temas de mayor relevancia para pensar en los estudios sobre niños, adolescentes y jóvenes.

As ilustrações que abrem os capítulos foram desenvolvidas pelo artista Gildemar Sena de Oliveira especialmente para esta publicação. Técnica: Nanquim sobre papel.

# Índice

MAP OF IFAD IN BRAZIL	6
IFAD'S PERFORMANCE IN BRAZIL WITH SEMEAR INTERNACIONAL PROGRAM	8
FOREWORD	10
1. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Water scarcity in the world and in brazil's northeast region	14
2. LITERATURE REVIEW	18
3. METHODOLOGY	23
3.1. Data	23
3.1.1. Health..	23
3.1.2. Education	25
3.1.3. Climate	26
3.2. Initial evidence	27
3.3. Empirical approach	35
3.3.1. Health	36
3.3.2. Education	37
4. RESULTS	40
4.1. Health	40
4.2. Education	44
5. DISCUSSION AND CONCLUSIONS	53
5.1. How these results relate to the study by machado filho et al. (2016): "Climate change and impacts on family agriculture in the north and northeast of brazil"	55
5.2. Relationship between this study's results and early-childhood policies	56
REFERENCES	57
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS	3
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	5

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F981i

Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola (FIDA).  
Impacto de eventos climáticos extremos sobre a saúde e a educação de crianças, adolescentes e jovens no semiárido brasileiro – [Salvador] : Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola (FIDA), 2020.  
63 p. ; il. color.

Estudo coordenado pela equipe do Programa Semear Internacional (PSI) e desenvolvido por uma equipe técnica de pesquisadores da Universidade Federal da Bahia (UFBA).  
Contou também com a contribuição de especialistas do Unicef Salvador.

ISBN 978-92-9266-045-1

1. Saúde. 2. Educação. 3. Semiárido 4. Nordeste. I. Título.

CDU 308

# Mapa del FIDA en Brasil



## Projeto Viva o Semiárido (PVSA)

- Familias Beneficiadas: 22.000
- Familias Encabezadas por Jóvenes: 6.600
- Familias Encabezadas por Mujeres: 9.500
- Financiación FIDA: US\$ 20 millones
- Financiación Gubernamental: US\$ 10,1 millones



PROJETO  
**PAULO FREIRE**  
DESENVOLVIMENTO PRODUTIVO E DE CAPACIDADES

## Projeto Paulo Freire (PPF)

- Familias Beneficiadas: 60.000
- Familias Encabezadas por Jóvenes: 16.052
- Familias Encabezadas por Mujeres: 10.800
- Financiación FIDA: US\$ 40 millones
- Financiación Gubernamental: US\$ 40 millones



**PROCASA**  
PROJETO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL  
DO CARIRI, SERIDÓ E CURIMATAÚ

## Projeto de Desenvolvimento Sustentável do Cariri, Seridó y Curimataú (Procasa)

- Familias Beneficiadas: 22.000
- Familias Encabezadas por Jóvenes: 1.570
- Familias Encabezadas por Mujeres: 10.800
- Financiación FIDA: US\$ 25 millones
- Financiación Gubernamental: US\$ 15,5 millones



PROJETO  
**DOM TÁVORA**  
DESENVOLVIMENTO DE NEGÓCIOS RURAIS  
PARA PEQUENOS PRODUTORES

## Projeto Dom Távora (PDT)

- Familias Beneficiadas: 12.000
- Familias Encabezadas por Jóvenes: 3.600
- Familias Encabezadas por Mujeres: 4.800
- Financiación FIDA: US\$ 16 millones
- Financiación Gubernamental: US\$ 12,2 millones



## Projeto Pro Semiárido (PSA)

- Familias Beneficiadas: 70.000
- Familias Encabezadas por Jóvenes: 20.200
- Familias Encabezadas por Mujeres: 40.500
- Financiación FIDA: US\$ 45 millones
- Financiación Gubernamental: US\$ 50 millones



PROJETO  
**DOM HELDER  
CÂMARA**

## Projeto Dom Helder Câmara (PDHC) 2

- Familias Beneficiadas: 74.000
- Familias Encabezadas por Jóvenes: 39.000
- Familias Encabezadas por Mujeres: 37.000
- Financiación FIDA: US\$ 18 millones
- Financiación Gubernamental: US\$ 42 millones

# Actuación del FIDA en Brasil por medio del Programa Semear Internacional

El Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA) es una agencia de inversiones de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), que, en alianza con los gobiernos estatales y federales, celebra acuerdos de préstamos y donaciones para apoyar el desarrollo rural. En Brasil, el principal foco de inversión del Fida es la región semiárida, donde promueve acciones destinadas a fomentar proyectos productivos de generación de renta agropecuaria, cooperativismo, asociativismo y acceso a los mercados. Con la meta de promover la seguridad alimentaria nutricional y disminuir la pobreza en la zona rural entre sus pilares, el Fida fomenta el fortalecimiento de las actividades cuyos públicos prioritarios son las mujeres, los jóvenes y las comunidades tradicionales.

El Fida ya ha facilitado un monto de aproximadamente 300 millones de dólares para la implementación de trece proyectos en Brasil. En el 2020, se están ejecutando seis proyectos que benefician directamente a 250.000 familias. Cinco de ellos se llevan a cabo en alianza con los gobiernos de los estados, por medio de acuerdos bilaterales: Paraíba (Proyecto de Desarrollo Sustentable de Cariri, Seridó y Curimataú, Procasa), Bahía (Proyecto Pro Semiárido), Sergipe (Proyecto Dom Távora), Piauí (Proyecto Viva el Semiárido) y Ceará (Proyecto Paulo Freire). En alianza con el gobierno federal, el Proyecto Dom Hélder Câmara (PDHC), abarca

once estados: Pernambuco, Ceará, Rio Grande do Norte, Alagoas, Bahía, Piauí, Paraíba, Sergipe, Maranhão, Minas Gerais y Espírito Santo.

Paralelamente a los proyectos, el Fida busca realizar acciones que van más allá del desarrollo productivo en las comunidades atendidas, estimulando el acceso a la información por medio de programas de donación, como el Programa Semear Internacional (PSI), cuya operatividad es apoyada por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Con actuación en Brasil, el PSI tiene los siguientes ejes: Gestión del Conocimiento; Monitoreo y Evaluación; Comunicación; Diálogos de Políticas; y Cooperación Sur-Sur y Triangular. El PSI trabaja junto con los seis proyectos apoyados por el Fida en Brasil, fortaleciendo sus capacidades mediante la realización de actividades que estimulan el conocimiento. El objetivo es facilitar el acceso a los saberes y a las innovaciones contextualizados para la convivencia con el semiárido.

Entre las actividades del PSI figuran los intercambios; capacitaciones; talleres y seminarios con técnicos y beneficiarios de proyectos; formación técnica para gestores públicos; articulaciones institucionales; promoción del trabajo por la igualdad de género; apoyo a la recopilación de datos socioeconómicos y el metodizado de los resultados; publicaciones de libros; y producción de con-

tenidos periodísticos y de comunicación en formatos impreso y digital. De esta manera, el programa ha venido contribuyendo, de manera expresiva, a la sistematización y difusión de las buenas prácticas rurales de los proyectos de Fida, tanto en el ámbito nacional como internacional.

Funcionamiento de cada componente de actuación del PSI:

## GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

Capacitaciones, intercambios, encuentros temáticos y seminarios son las principales actividades que se desarrollan para fortalecer los saberes y el intercambio entre los proyectos, con la participación de técnicos, técnicas, beneficiarias y beneficiarios. Los temas más trabajados son el acceso a los mercados, la agroecología, el género, la gastronomía y la caprinovincultura. Muchos de estos eventos resultan en publicaciones que, en formato impreso o digital, contribuyen a la potenciación y a la visibilidad de estas buenas prácticas y experiencias exitosas.

## MONITOREO Y EVALUACIÓN

Periódicamente se realizan capacitaciones dirigidas a técnicos y técnicas en estas áreas, con la promoción de reuniones en grupos de trabajo y la participación de profesionales de otras instituciones. Todos los proyectos del Fida en Brasil emplean un sistema de gestión integrada denominado Data.Fida, un gran producto desarrollado por Semear International para este componente, que contribuye a aumentar la calidad y la precisión de la información recopilada y procesada por los proyectos.

## COMUNICACIÓN

Un componente que impregna todos los demás, la Comunicación de Semear International usa

diversos canales, como el portal y las redes sociales, para llevar el conocimiento y la información a los más diversos públicos. En el sitio web están disponibles, por ejemplo, las publicaciones (libros, cartillas, manuales y estudios), el acervo de vídeos y fotografías y el banco de buenas prácticas ya catalogadas, además de los textos creados semanalmente y difundidos entre los proyectos del Fida. Un producto reciente en esta área es el Premio Sembrar Internacional de Periodismo, que galardona los mejores reportajes de Brasil sobre buenas prácticas rurales y que se encuentra en su primera edición.

## COOPERACIÓN SUR-SUR Y TRIANGULAR Y DIÁLOGOS SOBRE POLÍTICAS

El objetivo de la Cooperación Sur-Sur y Triangular es fomentar nuevos conocimientos y redes mediante la internacionalización de sus acciones. Por medio de intercambios, capacitaciones y seminarios en los que participan países de Latinoamérica y África, se abordan temas de interés común de la agricultura familiar, identificando técnicas y prácticas que pueden ayudar a los trabajadores rurales en su vida diaria. Además, el PSI trata de facilitar el diálogo sobre políticas públicas con el fin de apoyar espacios destinados al debate entre la sociedad civil, los gobiernos, la academia y los aliados.

Conozca más sobre las acciones del PSI, visite la biblioteca virtual y acceda a los eventos realizados para sumarse a la red de difusión de buenas prácticas rurales en el semiárido, accediendo a [www.portalsemear.org.br](http://www.portalsemear.org.br).

# Presentación

El agua es un elemento primordial no solo para la supervivencia, sino también para el bienestar de los individuos. Por lo tanto, su disponibilidad o escasez son determinantes para que las comunidades se desarrollen, económica y socialmente, de manera satisfactoria.

Actualmente, la mayor amenaza para el logro de este objetivo de desarrollo reside en los rápidos cambios climáticos impulsados por los fenómenos de calentamiento global. Estos cambios se comprueban por el aumento de la frecuencia de eventos extremos, que afectan directamente la disponibilidad o la calidad del agua en una región determinada. Si a esto se añade el hecho de que el consumo de agua ha aumentado considerablemente en los últimos 20 años, se percibe la potencialización negativa de un escenario que ya tenía características catastróficas.

Con el propósito de abordar este punto de manera precisa, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) incluyó en su Agenda 2030 para el Desarrollo Sustentable la disponibilidad de agua potable, su uso sostenible y el acceso a los servicios de saneamiento (enumerados por medio del indicador "Agua potable y saneamiento"). Esto demuestra el compromiso de la Organización y su comprensión de la relevancia del tema y sus impactos (directos e indirectos) en la salud, educación, trabajo y renta.

En este sentido, el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (Fida), por medio del Programa Semear Internacional, se unió al Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) para preparar un estudio que tiene como objetivo contribuir a la comprensión del impacto de los eventos climáticos extremos en la vida de los niños y adolescentes del nordeste semiárido brasileño. El presente estudio, por lo tanto, se originó a partir de un diálogo propuesto por Helena Oliveira, coordinadora de la oficina de Unicef en Salvador, con el propósito de fortalecer la perspectiva de desarrollo centrado en la infancia y adolescencia en la región mencionada.

La articulación se hizo naturalmente posible en función de la intersección de los temas más relevantes para las dos agencias en Brasil, en particular el Semiárido, la infancia y la juventud, trabajados desde una perspectiva de progreso en las capacidades de las poblaciones.

Durante la concepción del estudio, Unicef Salvador, que reconocidamente ha realizado un trabajo relevante en esta área, dirigido a mejorar las condiciones de vida de los niños y adolescentes del Semiárido nordestino, contribuyó con la presentación del equipo de la Universidad Federal de Bahía (UFBA), que se encargó, por medio de un grupo de investigación específicamente designado para este trabajo, de la elaboración del estudio y del desarrollo de todas las investigaciones y análisis que lo componen. Además, asignó a la especialista Francisca María Andrade para que contribuyera técnicamente con los equipos de la UFBA y el Programa Semear Internacional en la elaboración de este trabajo.

Metodológicamente, el estudio fue posible gracias a la construcción de tres bases de datos en el ámbito municipal para la región Nordeste: climático (pluviosidad y temperatura mensual; situaciones de emergencia y calamidad pública); salud (Departamento de Informática del Sistema Único de Salud, Datasus); y educación (Instituto Nacional de Estudios e Investigaciones Educativas Anísio Teixeira, Inep). Se emplearon análisis descriptivos y econométricos para medir los posibles impactos de los eventos climáticos extremos en las poblaciones seleccionadas.

Los resultados encontrados confirman que los choques climáticos y la ausencia de pluviosidad están asociados a peores indicadores de salud y educación, y sus efectos negativos se sienten más en la zona del Semiárido. Se ha comprobado que existen conexiones entre el aumento de la mortalidad infantil y la disponibilidad y calidad del agua, por ejemplo. Otro efecto significativo se refiere al impacto de los períodos de sequía en la evolución escolar, corroborando que la falta de una hidratación adecuada también repercute en el incremento cognitivo de los niños y adolescentes del Semiárido brasileño, lo que contribuye negativamente al histórico y crónico problema del subdesarrollo humano en la región.

¡Buena lectura!

# 1. Introducción

Las sequías representan más del 5 % de los desastres naturales del mundo y afectan a 1100 millones de personas, causando más de 22.000 muertes y pérdidas de alrededor de 100.000 millones de dólares en 20 años (CRED/UNISDR, 2015). Este escenario podría intensificarse en los próximos años con el cambio climático, que se manifiesta principalmente por el aumento de la frecuencia de los eventos extremos y afecta la disponibilidad y la calidad del agua. Otro factor agravante es el hecho de que el uso del agua se ha sextuplicado en los últimos seis años y sigue aumentando un 1 % al año. Según la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE, 2012), se prevé que el consumo de agua en el mundo crezca alrededor del 55 % entre el 2000 y el 2050.

Teniendo en cuenta que el agua es un bien fundamental para el bienestar de las personas, sobre todo de los niños, que afecta directamente la salud, la educación, el trabajo y la renta, la ONU ha incluido el "Agua potable y saneamiento" como uno de los 17 Objetivos de Desarrollo Sustentable para el 2030. En este sentido, no solo es importante el acceso al agua, sino también su calidad y las buenas prácticas de higiene y manejo. Esto se hace fundamental, una vez que la escasez de este recurso afecta directamente la producción de alimentos, y la mala calidad y el manejo inadecuado del agua son los mayores medios de propagación de enfermedades como la diarrea, el dengue y otras enfermedades transmitidas por vectores (Unesco, 2020).

The Lancet (2018), una de las revistas de salud más respetadas del mundo, advierte que el cambio climático es la principal





amenaza para la salud en el siglo XXI. En el informe también se resaltan tres principales esferas afectadas por estos cambios en lo que respecta a las políticas relacionadas con la salud: (i) los impactos de las olas de calor en la salud y en la productividad laboral; (ii) las enfermedades infecciosas sensibles al clima; y (iii) la gestión del uso de la tierra y la deforestación. La construcción de políticas de salud que mitiguen el cambio climático que atraviesan estas esferas es esencial para adaptarse a un mundo que ya está en transición.

Los impactos de los cambios climáticos en la salud pública son enormes y, en lo que respecta a los países de mediana y baja renta, la situación se agrava aún más. Según Cissé (2019) y Ashrafuzzaman y Furini (2019), las regiones pobres o los países en desarrollo serán los primeros en sentir los daños causados por el calentamiento global. En el primer estudio, se estima que las cuestiones relacionadas con la alimentación y el agua potable se verán acentuadas por el cambio climático, especialmente debido al aumento medio de la temperatura, y harán que las poblaciones pobres sean aún más vulnerables. En el segundo, los autores orientan que la mejor estrategia para mitigar los efectos del cambio climático es un sistema eficaz de infraestructura de salud pública, que contribuya para la adaptación y al desarrollo de programas sustentables de prevención y control de enfermedades.

En Brasil, una de las principales preocupaciones en cuanto al cambio climático es la región Nordeste y, sobre todo, el Semiárido, compuesto por 1262 municipios distribuidos entre los nueve estados de la región. Alrededor de 22 millones de personas viven en el Semiárido, lo que representa el 12 % de la población brasileña y el 37 % de la población del Nordeste. La región corresponde a cerca de 855.450 km<sup>2</sup>, una superficie equivalente a casi todo el territorio de Francia. El Semiárido se caracteriza por un alto nivel de pobreza y bajos indicadores sociales. Cerca de la mitad de la población brasileña por debajo del umbral de la pobreza vive en esta región, donde aproximadamente 8 millones de personas se benefician del programa de transferencia de renta del gobierno brasileño, el Bolsa Familia (ASA Brasil, 2017).

Según Da Mata y Resende (2020), en el 2005 hubo un cambio en la clasificación del Semiárido brasileño, con base en la cual un municipio se encuadraría en esta región si cumpliera, al menos, uno de los siguientes criterios: (i) precipitación anual por debajo de 800 milímetros (este criterio era el único usado en la definición anterior, de modo que todos los municipios se mantienen en la nueva clasificación); (ii) índice de aridez de Thornthwaite entre 0,21 y 0,50; y (iii) falta de agua en más del 60 % del tiempo. Estos nuevos criterios se definieron para incluir las regiones áridas que, sin embargo, no presentan una pluviosidad tan baja. La Figura 1 presenta la delimitación del Semiárido brasileño.

FIGURA 1: MAPA DEL SEMIÁRIDO EN LA REGIÓN NORDESTE



Fuente: Elaboración propia.

La mayor preocupación de los académicos y los encargados de formular políticas en relación con esta región es su persistente vulnerabilidad climática, sobre todo a choques climáticos extremos. En el caso del Semiárido brasileño, la sequía es el principal problema. La falta de agua tiene efectos directos en la producción agrícola, lo que afecta directamente la renta de las familias, debido a la reducción tanto de la producción agrícola familiar como de las oportunidades de empleo (Branco y Feres, 2018; Oliveira, Palialol y Pereda, 2019). Sin embargo, la falta de acceso al agua potable puede afectar otras dimensiones de la vida en el Semiárido, como la salud de las personas, sobre todo de los niños (Rocha y Soares, 2015), empeorar los indicadores educativos (Shah y Steinberg, 2013) y aumentar los conflictos civiles (Hidalgo et al., 2010). En el cuadro 1 y en la Figura 2 presentamos, respectivamente, los posibles impactos de la sequía y un modelo lógico de la manera en que puede afectar a los niños, adolescentes y jóvenes.

Promover el acceso al agua sigue siendo un gran desafío en el Semiárido nordestino. A lo largo de los años, se han aplicado varias políticas con este objetivo, las más recientes son la transposición del río São Francisco y el Programa Un Millón de Cisternas. Además, diversas instituciones, como la Superintendencia del Desarrollo del Nordeste (Sudene) y el Banco del Nordeste, han dedicado mucha atención a este problema. Sin embargo, son escasos los resultados empíricos que presentan alguna evidencia de los impactos socioeconómicos de estos programas.

CUADRO 1: POTENCIALES IMPACTOS DE LA SEQUÍA

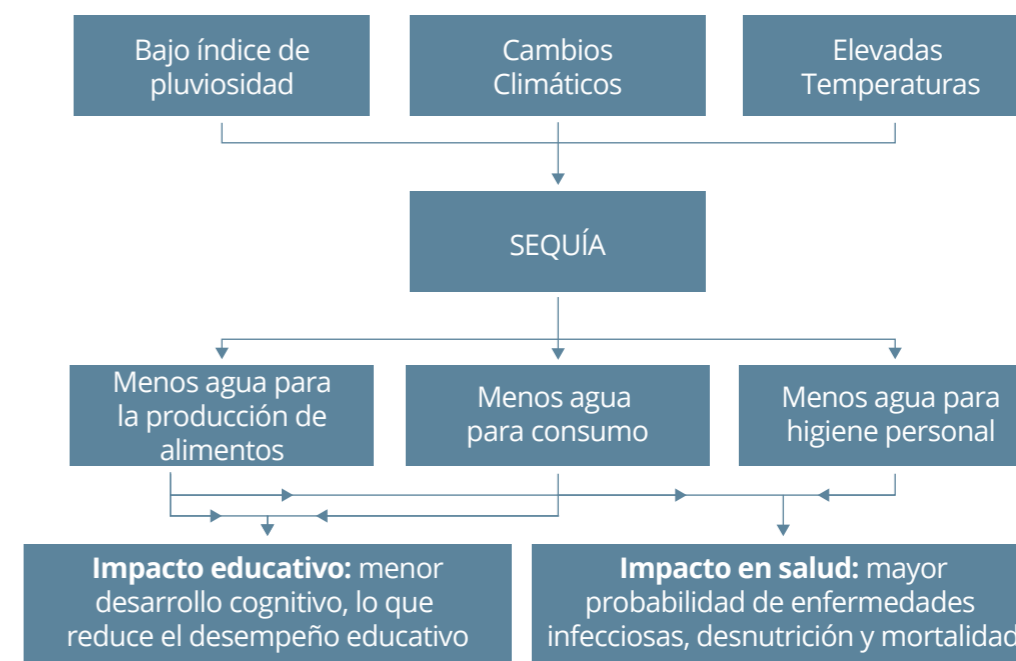
Potenciales impactos en la disponibilidad del agua	Potenciales impactos en salud y otros desenlaces
<ul style="list-style-type: none"> <li>Menor disponibilidad del agua para limpiar, cocinar y asearse, lo que aumenta la exposición a la contaminación por el agua.</li> <li>Aumento de la concentración de contaminantes cuando las condiciones son más secas.</li> <li>Reducidos índices de agua subterránea y flujos de agua superficiales pueden hacer que los pozos se sequen, lo que aumenta las distancias recorridas para recoger agua (potencialmente insalubre/impropia para el consumo) y la contaminación de las fuentes hídricas.</li> <li>Disminución de la seguridad alimentaria debido a la baja producción de comida en los trópicos; y menos acceso a comida debido a la reducción en la oferta y de los precios más altos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento de la carga/cantidad de enfermedades transmitidas por alimentos y por el agua.</li> <li>Fluoruro: fluorosis dental y ósea/esquelética.</li> <li>Arsenio: alteraciones en la piel (cambio en la pigmentación, hiperkeratosis), cáncer (de piel, vejiga, pulmón), etc.</li> <li>Hierro y manganeso: alteración en el color del agua, sabor desagradable.</li> <li>Aumento de los riesgos de impactos en la salud asociados a la desnutrición resultante de la interacción entre mayores índices de enfermedades infecciosas y disminución de la producción y del consumo de alimentos en regiones pobres.</li> <li>Efectos combinados de la desnutrición y de enfermedades infecciosas; y efectos crónicos del bajo peso y del bajo peso por altura en los niños.</li> </ul>

Fuente: Adaptado de Unesco (2020).

En este estudio, se analizará el impacto de eventos climáticos extremos en los niños, adolescentes y jóvenes. Para llevar a cabo este análisis, hemos construido una base de datos de pluviosidad y temperatura mensuales de cada municipio de la región Nordeste, lo que ha permitido elaborar indicadores de sequía. También se usó la base de datos de Reconocimientos Federales de Situación de Emergencia y Estado de Calamidad Pública<sup>1</sup> para caracterizar situaciones de sequía. Los indicadores de salud se construyeron con base en los datos públicos del Ministerio de Salud (Datusus); y los indicadores de educación, con base en los datos públicos del Ministerio de Educación facilitados por el Inep.

<sup>1</sup> Fuente: <https://s2id.mi.gov.br/paginas/series/>.

FIGURA 2: MODELO LÓGICO DEL IMPACTO DE LA SEQUÍA



Fuente: Elaboración propia.

### 1.1. LA ESCASEZ DE AGUA EN EL MUNDO Y EN EL NORDESTE

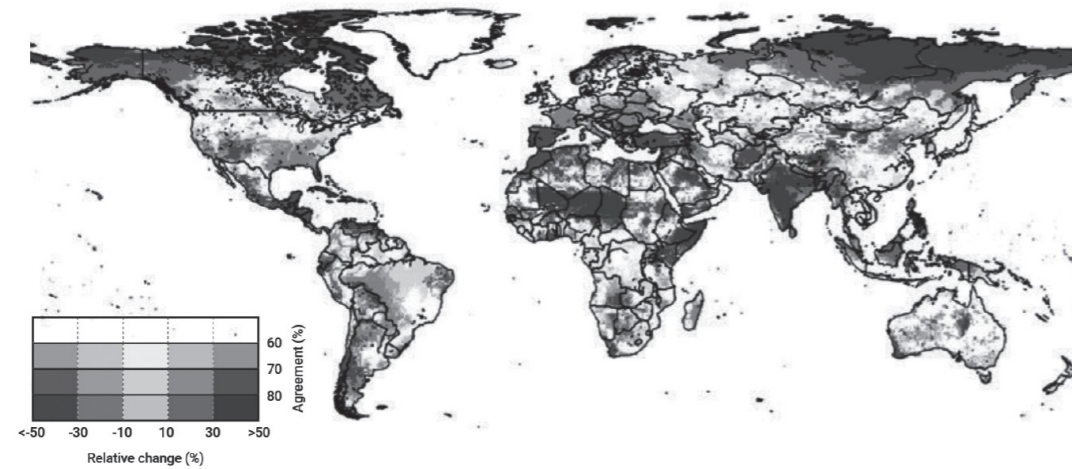
La sequía es un fenómeno natural complejo que reduce la disponibilidad de agua e implica efectos sustanciales en la agricultura y en las actividades socioeconómicas básicas desarrolladas en las localidades afectadas, según Cunha *et al.* (2015). Para estos autores, la sequía puede definirse como un período en el que la precipitación es menor que el promedio anual y, por consiguiente, hay escasez de agua.

En general, las sequías se clasifican como: (i) sequía meteorológica, cuando hay escasez de precipitación sobre una región en un período de tiempo determinado; (ii) sequía hidrológica, cuando los recursos acuáticos son escasos en la superficie o en el subsuelo; (iii) sequía agrícola, un período de disminución de la humedad del suelo y de fracaso en la cosecha debido a la falta

de recursos hídricos; o (iv) sequía socioeconómica, cuando falta agua para abastecer las demandas que afectan directa e indirectamente las actividades humanas (Udmale, 2014).

Existen diversas métricas para analizar cuestiones relacionadas con la disponibilidad del agua, y una de las más importantes es el cambio en los niveles de pluviosidad y temperatura. Schewe *et al.* (2014) desarrollaron un modelo hidrológico para mostrar que el cambio climático puede afectar directamente la disponibilidad del agua. Los resultados de este estudio se presentan en la Figura 3, en la que se puede observar que las regiones que más sufrirán con el cambio climático son las que presentan un color azul - en el caso de Brasil, hay un predominio de este color en la región del Nordeste.

FIGURA 3: VARIACIONES DE TEMPERATURA OCASIONADAS POR LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS



Fuente: Schewe *et al.* (2014).

Un indicador muy usado es el estrés hídrico, es decir, la diferencia entre la demanda de agua y la oferta disponible, como se muestra en la Figura 4 (WRI, 2019). Como se puede observar, en Brasil hay un predominio de zonas más oscuras también en el Nordeste, lo que indica que es la región con mayores problemas de estrés hídrico.

Anualmente, la ONU publica el Informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo (WWDR, por sus siglas en inglés), un documento que aborda el acceso al agua y el cambio climático en todo el mundo. Con base en este material, es posible verificar la relación entre los indicadores de Brasil y de otros países. Finalmente, en la Figura 5 se puede observar que, debido al índice de severidad de la sequía de Palmer, la región Nordeste es la que más sufre este tipo de evento climático en Brasil (Unesco, 2020).

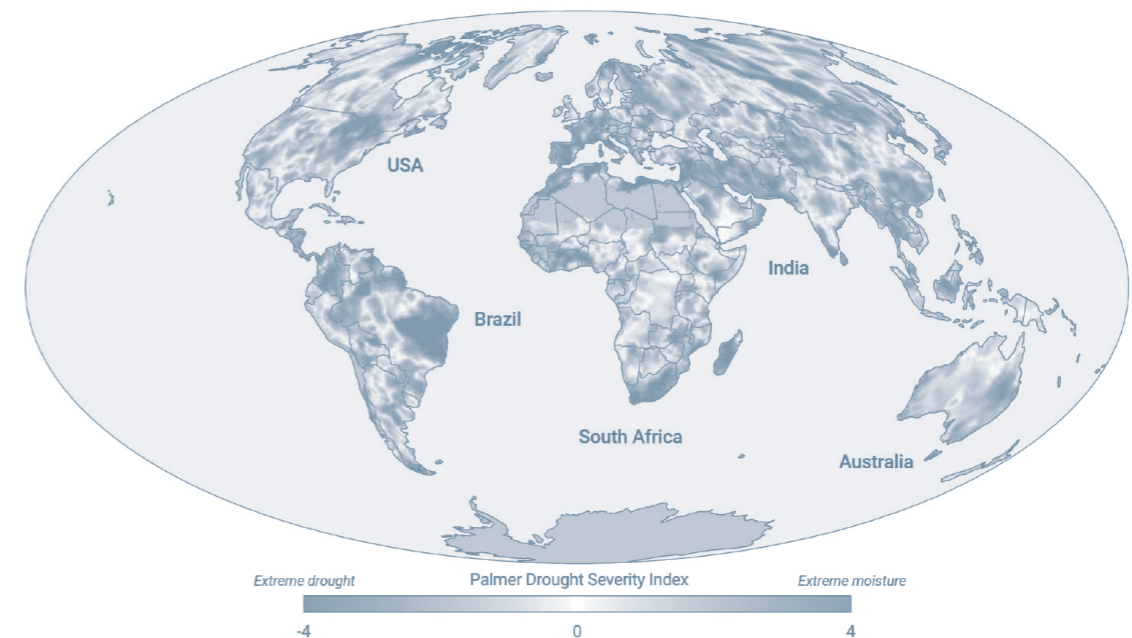
Las políticas de monitoreo de las sequías son esenciales para mitigar sus impactos en la salud humana. Las sequías tienden a constituir condiciones de aridez que pueden prolongarse y afectar las condiciones normales del manejo de intervenciones gubernamentales en las regiones semiáridas. Las condiciones severas de sequía ponen en peligro la gestión administrativa e institucional de los programas de convivencia con el Semiárido, dado el peligro de que se vacíen los embalses, lo que tiene consecuencias para la producción de alimentos y para la propia sobrevivencia de la población y de las instituciones locales (Awange *et al.*, 2016).

FIGURA 4: ESTRÉS HÍDRICO (DEMANDA - OFERTA)

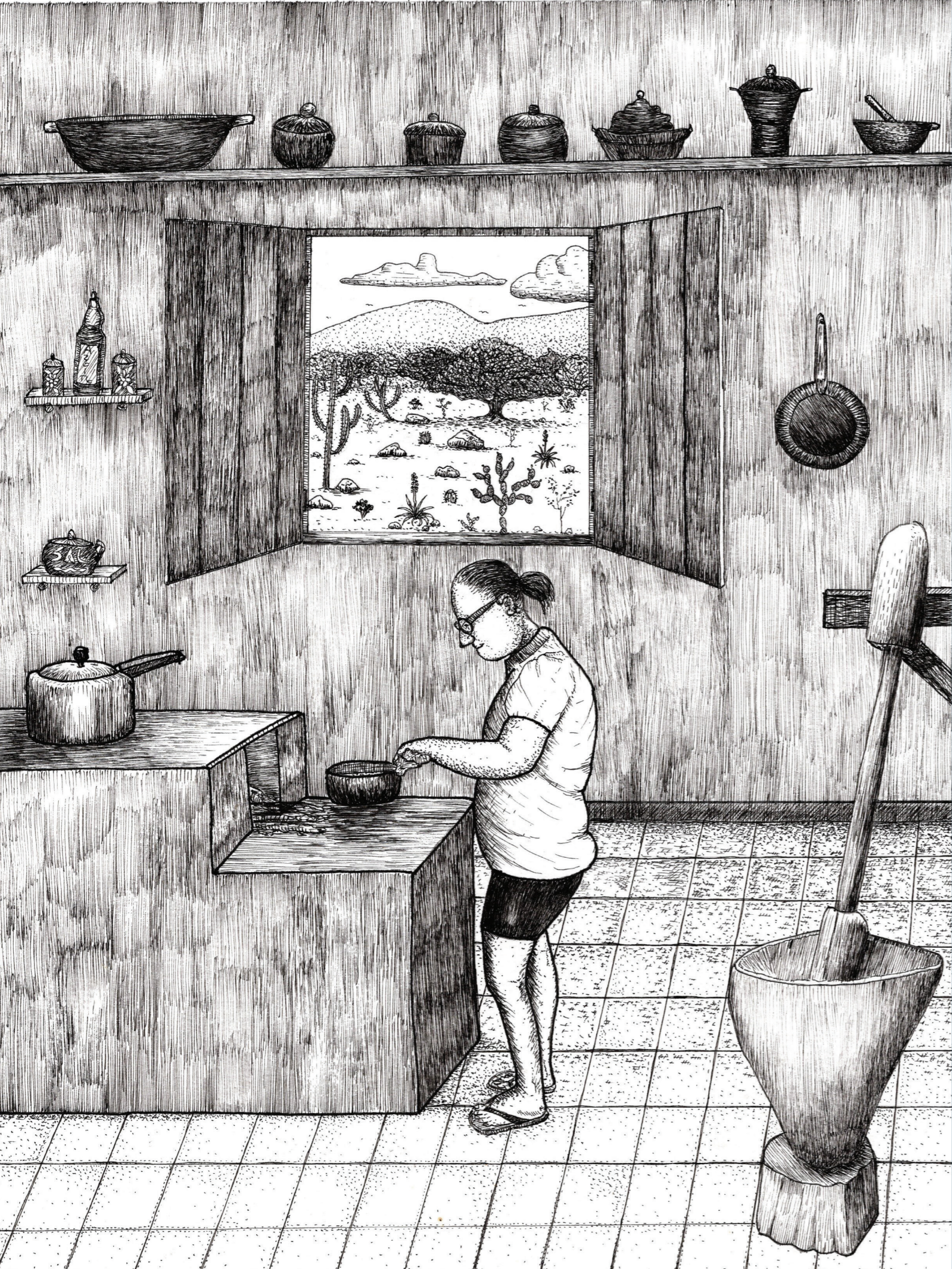


Fuente: WRI (2019).

FIGURA 5: ÍNDICE DE SEVERIDAD DE LA SEQUÍA DE PALMER



Fuente: Unesco (2020).



## 2.Revisión de la literatura

Esta sección tiene como objeto revisar algunos estudios, sobre Brasil y otros países, que tratan de medir, por medio de un instrumento econométrico, los impactos de los eventos climáticos adversos, en particular de la sequía, sobre la salud y la educación de los niños, adolescentes y jóvenes. Además de las evidencias que corroboran la presente investigación, los análisis desarrollados por los autores de estos estudios se tomarán como referencia para la estrategia empírica que se adoptará en el análisis de los datos.

Según Krol y Bronstert (2007), la escasez de agua en las zonas semiáridas aumenta la vulnerabilidad de la sociedad, dadas las restricciones naturales y la dependencia de la población de bienes y servicios básicos, como la alimentación y las condiciones de higiene. Cuestiones como la inseguridad alimentaria, el acceso al agua y el saneamiento, la atención sanitaria a las poblaciones más vulnerables, entre otras, siguen siendo un gran desafío que deben superar las familias del Semiárido, a pesar de la ampliación de los programas de transferencia de renta que se llevan a cabo desde la década del 2000. Además, las poblaciones rurales de las zonas semiáridas son más sensibles a las variaciones del clima y, como consecuencia, la productividad de la región es menor (Lemos *et al.*, 2016).

Rocha y Soares (2015) analizaron la manera en que la escasez de agua es un determinante de la salud de los individuos al inicio de

la vida en el Semiárido brasileño entre 1996 y el 2010. Los autores observaron que los choques pluviométricos idiosincrásicos durante el embarazo implican una mayor mortalidad infantil, especialmente en relación con las enfermedades infecciosas y la desnutrición, un menor peso al nacer y un aumento del número de niños nacidos prematuramente. Sostienen que estos efectos se derivan de una menor producción agrícola y del difícil acceso al agua potable, que, combinados, resultan en un menor consumo de ingredientes y en una mayor incidencia de enfermedades infecciosas. En un análisis adicional, los autores muestran que las localidades con una mayor cobertura de agua potable —suministrada por los camiones cisterna, por ejemplo— y una mejor cobertura de la infraestructura sanitaria logran minimizar los impactos climáticos.

Maccini y Yang (2009) analizaron los efectos de los choques pluviométricos al principio de la vida de hombres y mujeres nacidos entre 1953 y 1974 en Indonesia. Los autores encontraron impactos de choques climáticos en los indicadores de estos individuos en la edad adulta. Más concretamente, es menos probable que las mujeres que estuvieron expuestas a choques climáticos positivos informen de que su salud es mala, que son más altas, que tienen más años de estudio y que acumulan más activos. En el caso de los hombres, no se encontraron resultados estadísticamente significativos.

Deschênes y Greenstone (2011) estudiaron el impacto del cambio climático en la mortalidad en los Estados Unidos y encontraron que los días extremadamente calurosos o fríos están asociados con su aumento. A diferencia de otros trabajos, los autores no se centraron en la pluviosidad, sino en la temperatura. Además, concluyen que, a lo largo del siglo XXI, el cambio climático será responsable de cerca del 3 % del incremento de la mortalidad en los Estados Unidos.

Carrilho (2017) contribuye con la literatura que analiza el impacto de los choques climáticos en el bienestar al investigar, desde la fecha exacta de nacimiento, la manera en que la exposición a condiciones adversas en el volumen de lluvia aún durante el período de gestación impacta los resultados socioeconómicos de los individuos a largo plazo. El autor usa cohortes de nacidos a lo largo de 40 años (de 1942 a 1981) en municipios de Colombia, considerada uno de los lugares con mayor incidencia de eventos

climáticos extremos. Su estrategia empírica se basa en la construcción conjunta de datos meteorológicos mensuales a nivel municipal, combinados con microdatos de fecha y lugar de nacimiento, para identificar las condiciones de lluvia prevalecientes durante el embarazo. Con base en ello, el autor compara los resultados posteriores de la vida de los individuos que estuvieron expuestos a sequías extremas o a inundaciones aún durante la gestación con los de aquellos que experimentaron condiciones climáticas menos severas cuando aún estaban en el útero.

Los principales resultados indican que la exposición a choques adversos en el volumen de lluvia durante el embarazo da lugar a peores indicadores de bienestar en la vida adulta. Por ejemplo, un aumento de la desviación estándar en las inundaciones durante el período de embarazo está asociado a un aumento del 3,2 % en la probabilidad de desarrollar enfermedades mentales graves, un declive del 0,21 % en los años de estudio, un aumento del 1,7 % en los índices de analfabetismo y una reducción del 0,36 % en la probabilidad de trabajar. Los efectos son similares para la ocurrencia de sequías en el período prenatal, pero en menor magnitud. Todos los resultados son mayores para los hombres que para las mujeres, en magnitud, cuando se consideran los indicadores de educación y salud. Cuando las medidas de exposición se consideran por separado para cada trimestre, se puede observar que los efectos a largo plazo en los resultados de educación y salud se producen debido a la exposición durante el primer trimestre del embarazo (Carrilho, 2017).

Andalón *et al.* (2016) realizaron un estudio similar al investigar el impacto de la exposición fetal a choques climáticos en los indicadores de salud en Colombia. Sin embargo, el estudio considera los choques de temperatura y su impacto en los resultados de la salud inmediatamente después del nacimiento (peso y longitud al nacer). Usando los registros de casi 1,5 millones de nacimientos en los municipios rurales de Colombia entre 1999 a 2008, en un modelo de efectos fijos, los autores encontraron efectos negativos de choques de temperatura en los resultados de salud al nacer. Los principales resultados indican que el momento de la exposición al choque es importante para los resultados y que la exposición a choques de altas temperaturas durante el tercer trimestre del embarazo reduce el peso del niño al nacer en unos 4,1 g. La ex-

posición a choques de baja temperatura durante el primer y el segundo trimestre del embarazo reduce la longitud al nacer en 0,014-0,018 cm.

Shah y Steinberg (2013) analizan los impactos de los choques pluviométricos en los indicadores de educación, al principio de la vida y a largo plazo, e indicadores del mercado laboral. Reportan que, en la India, el 66 % de los hombres y el 82 % de las mujeres dependen de actividades agrícolas, por lo que están muy expuestos al cambio climático. El estudio muestra que, en períodos de sequía, los niños obtienen mejores calificaciones en matemáticas y presentan una mayor participación en la escuela, mientras que en períodos de lluvia sus calificaciones en matemáticas y lectura disminuyen, y aumenta el abandono escolar. La explicación de los autores indica que en los períodos de lluvia la producción agrícola aumenta, de modo que las familias pueden emplear mano de obra trabajo infantil en la cosecha. Además, en épocas de sequía, debido a la escasez de alimentos, los niños tienden a ir a la escuela porque la mayoría de ellas ofrecen comida gratis.

Sin embargo, el efecto en los niños es bastante heterogéneo cuando el choque se produce al principio de la vida. Si se produce un choque negativo durante el embarazo, el niño tiene peores indicadores educativos. Este resultado se mantiene para los choques que se producen hasta los 4 años de edad. En el caso de los choques positivos, cuando se producen desde el período de gestación hasta los 2 años de edad, implican mejores calificaciones y una mayor participación en la escuela, lo que coincide con la literatura que relaciona el mayor consumo de nutrientes en la infancia con el desarrollo cognitivo. Sin embargo, al analizar la vida adulta, Shah y Steinberg (2013) constatan que los choques pluviométricos

reducen la probabilidad de que las personas estudien, aumentan la posibilidad de que las mujeres trabajen, pero reducen esta posibilidad en el caso de los hombres; al paso que implican un aumento de los salarios.

Björkman-Nyqvist (2013) estudió el efecto de los choques pluviométricos en el desempeño académico de los niños y niñas de Uganda. El autor constató que los choques negativos afectan la participación de las niñas en la escuela y que estos impactos son más altos en el caso de las niñas mayores. Además, estos choques también implican un menor desempeño académico para las niñas. No se encontraron efectos estadísticamente significativos en los chicos. El autor resalta que la razón del efecto encontrado es el uso de niñas mayores como mano de obra para complementar la renta familiar.

Kim (2008) analiza el impacto de eventos climáticos extremos en el desempeño educativo. Para ello, usa la escolaridad por franja etaria en un conjunto de datos de sección transversal para un grupo de países en desarrollo, estimando el impacto de los choques climáticos históricos que pueden haber afectado a las personas cuando eran niños en edad escolar, mediante el método de diferencias en diferencias (*diff-in-diff*). Los principales resultados sugieren que los eventos meteorológicos extremos tienen un impacto negativo, a largo plazo, en el desempeño educativo. Por ejemplo, en el Camerún, la sequía redujo en 8,7 puntos porcentuales las posibilidades de que las mujeres terminen la enseñanza primaria. En Mongolia, un incendio forestal redujo en 14,4 puntos porcentuales la probabilidad de que las personas terminen la enseñanza secundaria.

Amaya (2020) contribuye a la literatura que analiza la relación entre el cambio climático y el capital humano investigando el impacto de los

fuertes choques climáticos que afectaron a Colombia del 2010 al 2011 en los resultados de la prueba Pruebas Saber 11, realizada en el período del 2010 al 2012. Las Pruebas Saber 11 son un examen nacional estandarizado que evalúa a los estudiantes al final de la enseñanza secundaria y se utiliza como una forma de ingreso a la enseñanza superior. Los principales resultados insinúan una relación negativa entre el choque climático y las calificaciones de los estudiantes, más fuerte en magnitud y significancia para las calificaciones en lenguaje, filosofía y matemáticas que en biología, física, ciencias sociales, química e inglés. Además, los choques tuvieron un impacto más fuerte en los estudiantes del sexo masculino que vivían en zonas urbanas.

Sin embargo, este impacto fue menos severo para los estudiantes que vivían en un municipio que sufrió un choque por encima de la media en años anteriores. Amaya (2020) asocia este resultado a los posibles mecanismos de adaptación y enfrentamiento desarrollados tras la incidencia de un choque climático. Otro resultado relevante se refiere al hecho que el impacto de los desastres no solo afectó las calificaciones de los alumnos más vulnerables económicamente, sino que también tuvo un

efecto importante en las notas de los alumnos de clase media y alta.

Thai y Falaris (2011) analizan el efecto de los choques pluviométricos en la salud y educación de los niños en la zona rural de Vietnam. Teniendo en cuenta que la mayoría de las familias rurales vietnamitas participan en la producción agrícola y dependen de la lluvia, una precipitación anual insuficiente representa choques de renta que pueden tener consecuencias negativas para la salud y el desarrollo intelectual de los niños. Los autores examinan el impacto de choques de lluvia (precipitación anual inferior a la media) en los primeros años de vida mediante una variable de retraso escolar y de progreso escolar, mientras que la medida de la salud es la estatura para la edad.

Los principales resultados indican que los choques de lluvia ocurridos durante el período gestacional resultan en un mayor retraso para ingresar en la escuela y en un menor desempeño escolar. Choques de lluvia similares en el tercer año de vida también afectan negativamente estos dos resultados, además de la altura del niño respecto a la edad. Asimismo, estos efectos son mayores en las regiones en que las familias tienen relativamente más dificultades para moderar el consumo ante un choque adverso de renta.

# 3. Metodología

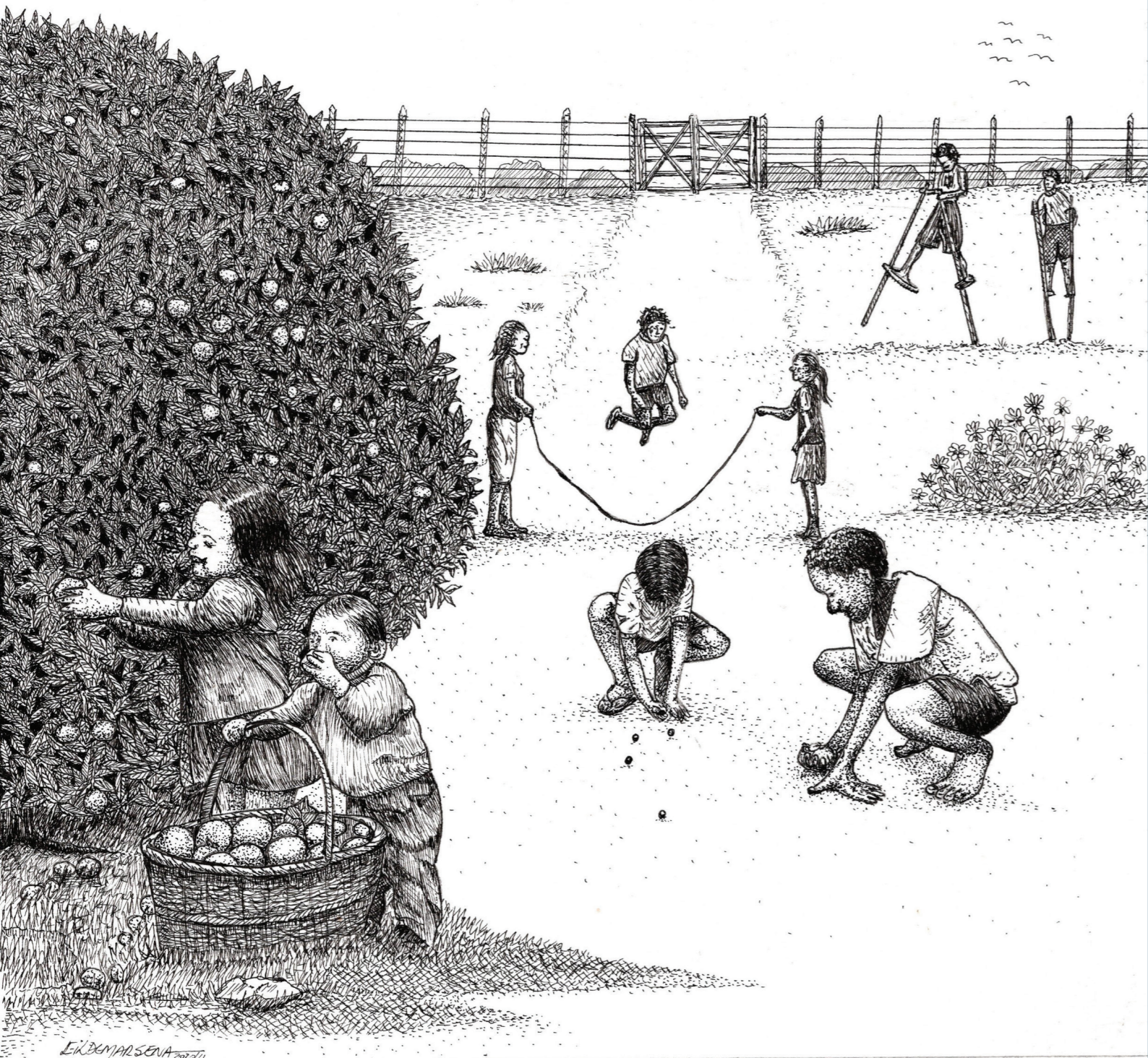
En este estudio, medimos el impacto de los fenómenos climáticos extremos (sequía) en los indicadores de salud y educación de niños, adolescentes y jóvenes. En este sentido, usaremos el instrumental econométrico de datos en panel para estimar las relaciones entre estas variables. Sin embargo, antes de explicar el modelo empírico, es importante hacer una descripción detallada de las variables utilizadas.

## 3.1. DATOS

### 3.1.1. Salud

Las bases de datos que se usaron son de nivel municipal. Los indicadores de salud se obtuvieron del Sistema de Información Hospitalaria del Sistema Único de Salud (SIHSUS), del Sistema de Información sobre Mortalidad (SIM) y del Sistema de Información de Nacidos Vivos (Sinasc). Todas estas bases de datos son de carácter público, puestas a disposición por Datasus mensualmente y recopiladas por medio del software Tabwin/Tabnet del propio Ministerio de Salud.

El SIHSUS es administrado por la Secretaría de Asistencia a la Salud del Ministerio de Salud, junto con las secretarías estatales y municipales de salud. En este sistema se encuentra información sobre los ingresos de pacientes en las unidades de salud pública y conveniadas al Sistema Único de Salud (SUS), obtenidas medi-



ante las Autorizaciones de Ingreso Hospitalario (AIH), en las que se recogen variables relacionadas con la identificación, los procedimientos realizados, los exámenes de diagnóstico, etc. Para el presente trabajo, se tabularon variables, como ingresos por enfermedades infecciosas (capítulo I, códigos A00-B99 de la Clasificación Internacional de Enfermedades, CIE-10); ingresos por enfermedades respiratorias (capítulo X, códigos J00-J99 de la CIE-10); ingresos por enfermedades endocrinas, nutricionales y metabólicas (capítulo IV, códigos E00-E90 de la CIE-10); ingresos por desnutrición, deficiencia de vitamina A, otras deficiencias vitamínicas, secuelas de la desnutrición y otras deficiencias nutricionales (capítulo IV, códigos E40-E64 de la CIE-10); ingresos por enfermedades del aparato circulatorio (capítulo IX, códigos I00-I99 de la CIE-10); ingresos por enfermedades del aparato digestivo (capítulo XI, códigos K00-K93 de la CIE-10); ingresos por enfermedades del sistema genitourinario (capítulo XIV, códigos N00-N99 de la CIE-10); ingresos por lesiones, envenenamiento y algunas otras consecuencias de causas externas (capítulo XIX, códigos S00-T98 de la CIE-10); e ingresos por causas

externas de morbilidad y mortalidad (capítulo XX, códigos V01-Y98 de la CIE-10).

La base de datos del SIM es administrada por el Departamento de Análisis de la Situación de la Salud de la Secretaría de Vigilancia en Salud del Ministerio de Salud, en alianza con las secretarías estatales y municipales de salud. Por medio de las Declaraciones de Defunción (DD), las secretarías tienen acceso a datos de los individuos, como la edad, el lugar de residencia, el sexo, la causa de la muerte, etc. En Brasil, las causas de muerte se clasifican según la CIE-10 desde 1996. Las estadísticas de muertes infantiles y de muertes fatales también se encuentran por el SIM.

La base del Sinasc también es administrada por el Departamento de Análisis de la Situación de la Salud. La información sobre los nacidos vivos es recopilada por las secretarías en las Declaraciones de Nacimiento Vivo (DN), que contienen datos esenciales, como el lugar de residencia de la madre, la duración de la gestación, el tipo de parto, el peso al nacer, el sexo, entre otros.

Los indicadores de salud relacionados con el nacimiento se calcularon siempre en términos de índice, tal como se indica en la Ecuación 1:

$$\text{Índice de } i = \frac{\text{Total de la variable } i \text{ en el municipio } j}{\text{Nacidos vivos en el municipio } j} * 1.000 \quad (1)$$

En la que  $i$  podrá ser:

- mortalidad infantil (0 a 1 años);
- mortalidad fetal;
- mortalidad materna;
- bajo peso; o
- prematuridad.

Por otra parte, para las variables que no están relacionadas con el nacimiento, el denominador fue el tamaño de la población con la misma franja etaria (Ecuación 2):

$$\text{Índice de } i = \frac{\text{Total de la variable en el municipio } j}{\text{Total de la variable en el municipio } j} * 1.000 \quad (2)$$

La información municipal sobre el estado nutricional de los niños menores de 5 años se obtuvo de los informes públicos del Sistema de Vigilancia Alimentaria y Nutricional (Sisvan Web) (Brasil, 2018), un sistema de información en salud de Datasus que consolida y genera informes sobre los datos provenientes de la vigilancia alimentaria y nutricional de los usuarios del SUS, incluidos los beneficiarios del Programa Bolsa Familia, como parte de las condicionalidades de salud del programa. Orientaciones y procedimientos para la recopilación y análisis de datos antropométricos en los servicios de salud han sido estandarizado por el Sisvan (Brasil, 2011).

Para la evaluación del estado nutricional de los niños menores de 5 años, Sisvan Web dispone de información sobre los siguientes índices antropométricos: estatura por edad (E/E), peso por edad (P/E), peso por estatura (P/E) e índice de masa corporal (IMC) por edad (IMC/E). Las curvas de crecimiento y los puntos de corte propuestos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) se adoptan como referencia para clasificar el estado nutricional de los niños (OMS, 2006). El registro más reciente de cada individuo en cada año se considera para la consolidación de los informes públicos y el cálculo de las prevalencias municipales de los indicadores nutricionales (Brasil, 2017). Una estrategia similar fue usada por Uzeda *et al.* (2019) para analizar los datos individuales en la Encuesta Nacional de Salud Escolar. En ese sentido, por medio del Sisvan, calculamos el índice de prevalencia de la desnutrición crónica y aguda como se indica en la Ecuación 3:

$$\text{Prevalencia de } D = \frac{\text{Total de casos de } i \text{ en el municipio } j}{\text{Total de niños en la misma franja etaria en el municipio } j} \quad (3)$$



### 3.1.2. Educación

Los efectos de la sequía en el desempeño educativo se midieron por medio de los resultados de pruebas estandarizadas aplicadas a alumnos de diferentes etapas de la enseñanza. Para identificar los efectos de la sequía en los alumnos de la enseñanza primaria y en los estudiantes que están terminando o que ya terminaron la enseñanza secundaria, se usaron las bases de datos de la Prueba Brasil y del Examen Nacional de la Enseñanza Media (Enem), respectivamente. Ambas bases, además del desempeño de cada alumno en las áreas de conocimiento evaluadas, aportan información sobre las características socioeconómicas de cada estudiante, lo que nos permitió ingresarlas como variables explicativas de control en las estimaciones y, como consecuencia, obtener un parámetro más preciso del efecto de la sequía en el desempeño educativo.

En el caso de los estudiantes de la enseñanza primaria, se evaluaron los efectos de la sequía en el desempeño de los alumnos del 5.º grado en las evaluaciones de portugués y matemáticas de la Prueba Brasil, que se realiza una vez cada dos años, y se pudieron identificar aun datos, como género, edad, raza, trabajo infantil, además de información sobre la ubicación de la escuela (urbana o rural) y su dependencia (municipal, estatal, federal o privada). Las ediciones de la Prueba Brasil que se usaron para la construcción de la base de datos fueron las de 2011, 2013, 2015 y 2017.

De la base de datos de Enem se obtuvo información sobre el desempeño de cerca de 22 mil-

lones de candidatos que hicieron la prueba en el Noreste de Brasil entre 2010 y 2018. Los resultados de las pruebas aplicadas se dividen en: lenguajes, matemáticas, humanidades, ciencias naturales y redacción. En esta base también fue posible ingresar variables socioeconómicas como control en las estimaciones, tales como nivel de ingresos, sexo, raza, edad y escolaridad de los padres. En esta base de datos, al igual que en la Prueba Brasil, es posible identificar el municipio y el año en que los individuos hicieron las pruebas, lo que permite el uso de efectos fijos en las estimaciones.

### 3.1.3. Clima

Se construyó una serie histórica de precipitación y temperatura usando los datos de *Terrestrial Air Temperature and Terrestrial Precipitation Gridded Monthly Time Series* (Matsuura y Willmott, 2009). Esta base de datos tiene información mensual de estas dos variables a una distancia de  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$  ( $0,5^\circ$  corresponde a aproximadamente 56 km). Los procedimientos fueron los mismos adoptados por Rocha y Soares (2015).

Con base en estos datos mensuales por municipio, creamos las siguientes variables:

- volumen anual medio de pluviosidad en el municipio;
- volumen medio histórico de lluvia en el municipio (1950-2017);
- desviación estándar del volumen medio histórico de lluvia;
- temperatura media anual en el municipio.

Con estas variables, creamos los dos indicadores principales de impactos climáticos de nuestro interés. El primero indica si en el año  $t$  el volumen medio de lluvia fue menor que el volumen anual medio histórico (Ecuación 4):

$$Poca\ Lluvia_{jt} = \begin{cases} 1, & \text{si } Lluvia_{jt} < (\text{promedio } Lluvia_j - \text{desviación estándar } Lluvia_j) \\ 0, & \text{en caso contrario} \end{cases} \quad (4)$$

El segundo, más importante para el análisis, es un indicador de la incidencia de sequía en cada mes  $t$  del municipio  $j$ . La construcción de esta variable sigue el mismo enfoque que adoptaron Rocha y Soares (2015):

$$Sequía_{jt} = \begin{cases} 1, & \text{si } Lluvia_{jt} < (\text{promedio hist. } Lluvia_j - \text{desv. estándar hist. } Lluvia_j) \\ 0, & \text{en caso contrario} \end{cases} \quad (5)$$

En la Ecuación 5,  $j$  es un subíndice para cada municipio, y  $t$  es el mes en el que se calculó el indicador de pluviosidad. El promedio de lluvia corresponde al promedio de pluviosidad del municipio entre 1950 y 2017, y la desviación estándar se refiere al mismo período. Además de estas variables, también calculamos el número total de meses de sequía en el municipio  $j$  en el año  $n$  para usarlo en el caso de bases de datos anuales (Ecuación 6).

$$\text{Número total de meses con sequía}_{jn} = \sum_{t=1}^{12} Sequía_{jt} \quad (6)$$

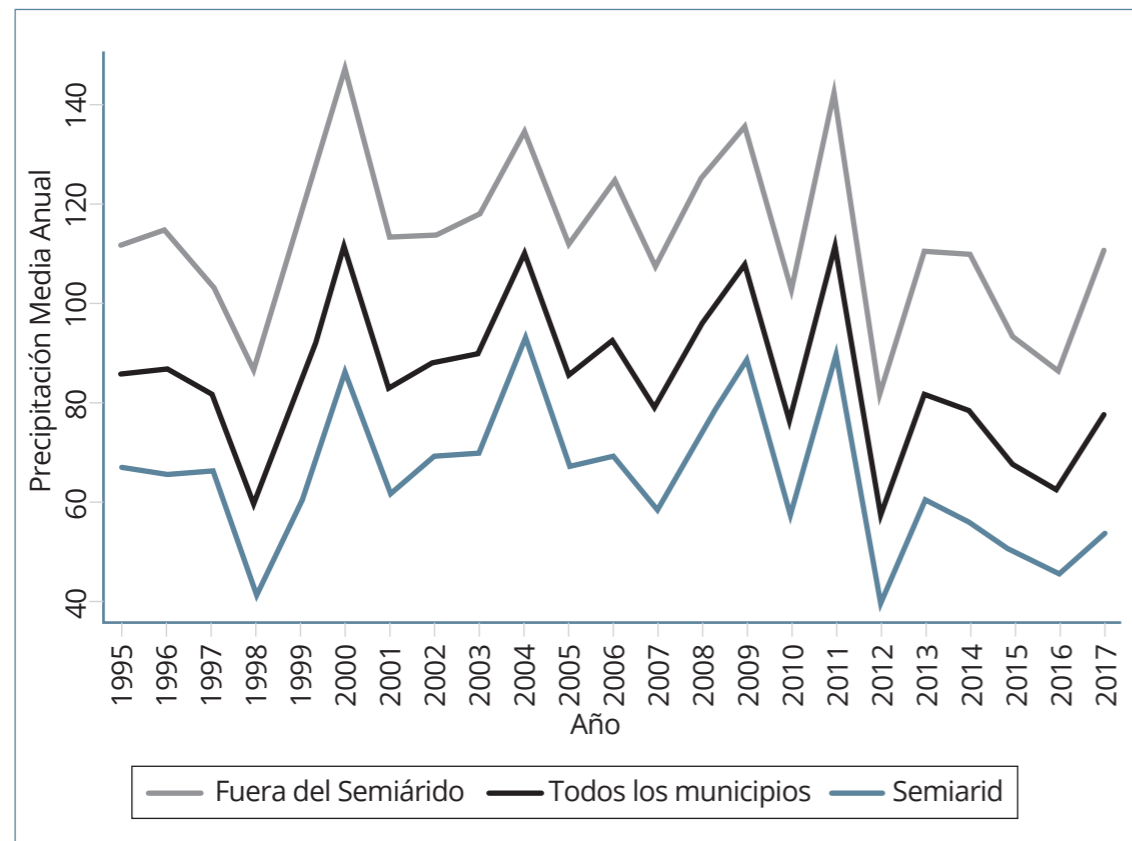
Además, para identificar qué municipios sufrieron más esta fuerte reducción de las lluvias y tener una medida diferente de los eventos de sequía, se recopiló información sobre los municipios que declararon estado de calamidad pública debido a la sequía o estiaje. Estos datos están disponibles en el Sistema Integrado de Información sobre Desastres (S2ID), que pertenece a la Secretaría Nacional de Protección y Defensa Civil (Sedec).

### 3.2. EVIDENCIAS INICIALES

En esta subsección presentaremos los datos de precipitación y temperatura a lo largo del tiempo y entre las regiones, así como los datos de salud y educación. Estas evidencias iniciales permiten verificar estándares de las variables analizadas tanto en el tiempo como en el espacio y son fundamentales para comprender los resultados que se obtendrán de los modelos econométricos usados.

En la Figura 6 presentamos el promedio anual de precipitación entre los años 1995 y 2017. Como se puede observar, existe un estándar bastante evidente de mayor precipitación en los municipios fuera del Semiárido. Además, la precipitación media en el Semiárido es inferior a la precipitación media relativa a todos los municipios de la región. La segunda evidencia que se puede observar es que en este período hubo dos años de sequía más acentuada, en los años 1998 y 2012.

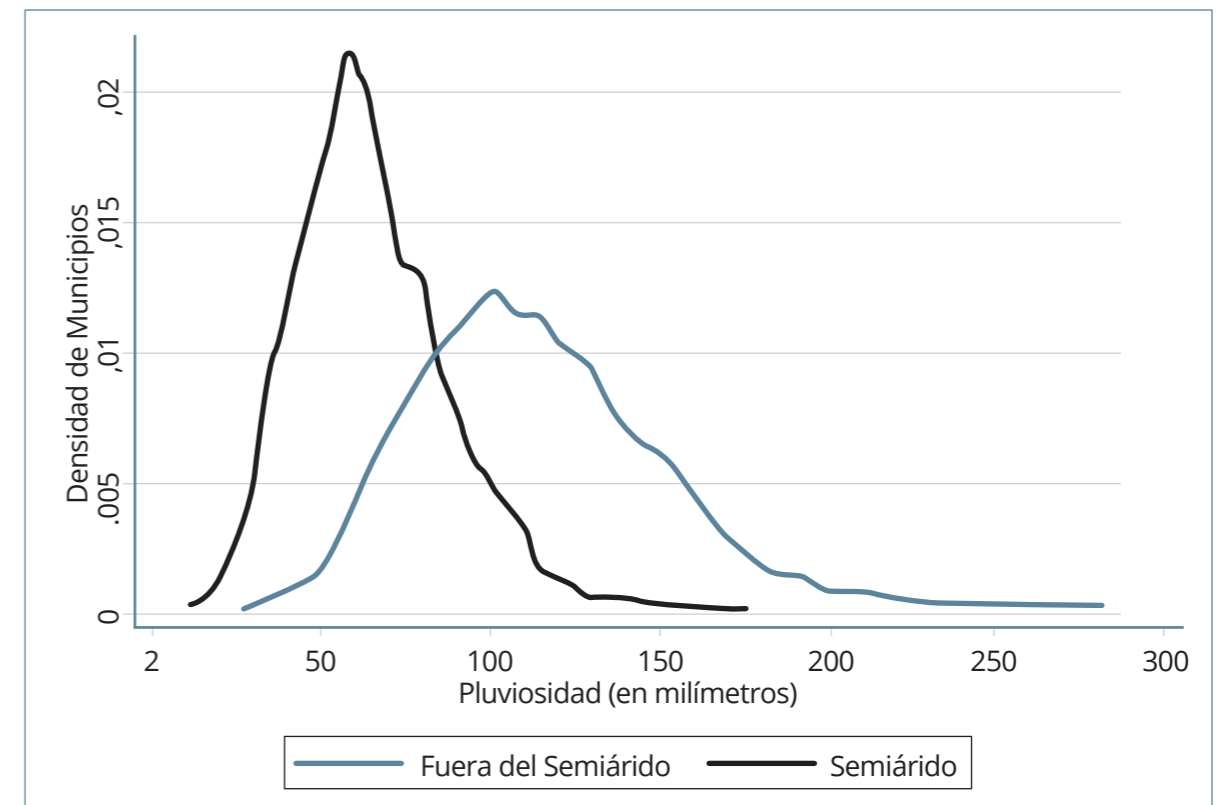
FIGURA 6: PRECIPITACIÓN A LO LARGO DEL TIEMPO EN EL NORDESTE



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 7 presentamos gráficos de densidad de municipios por índice pluviométrico, es decir, en el eje vertical tenemos la cantidad de municipios, y en el eje horizontal, la pluviosidad. Se nota que en el Semiárido la dispersión de los municipios por grado de precipitación es mucho inferior a la de los municipios fuera de esta región. Además, hay una concentración de municipios de la región del Semiárido en la pluviosidad de alrededor de 50 milímetros de lluvia al mes, mientras que, para los municipios fuera del Semiárido, dicha concentración es de alrededor de 100 milímetros.

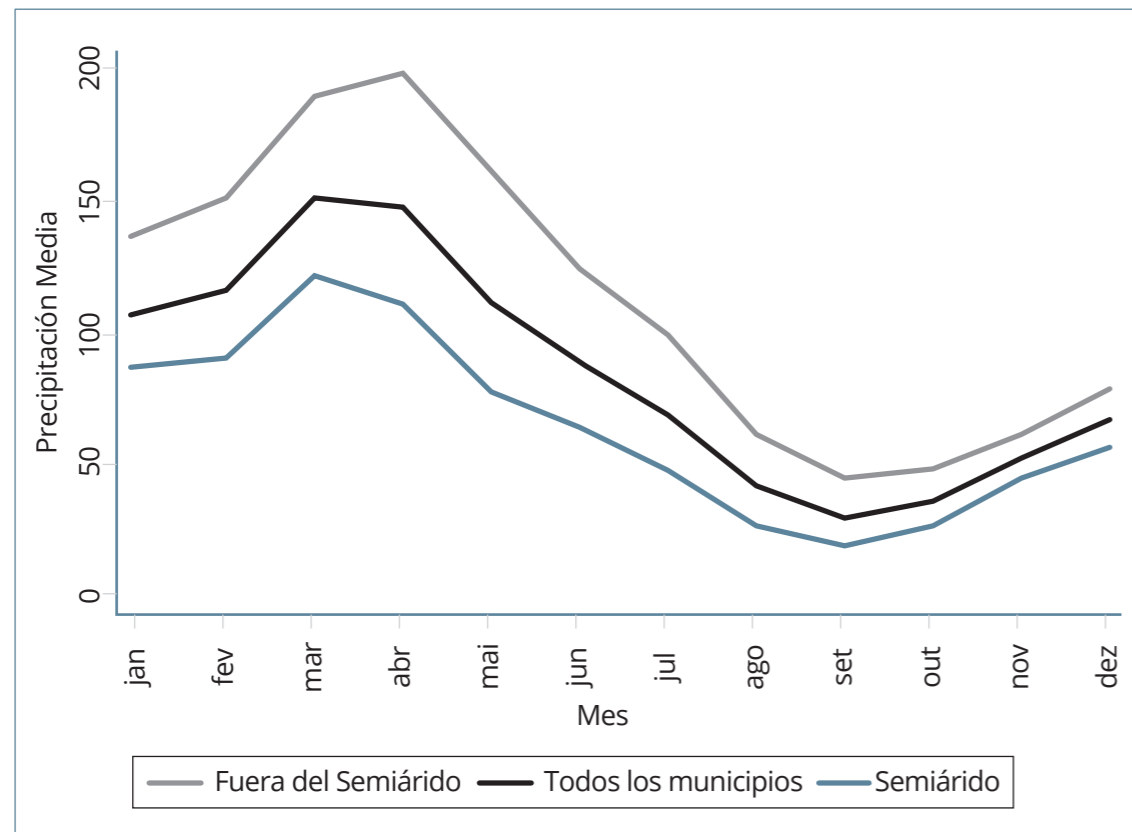
FIGURA 7: DISTRIBUCIÓN DE MUNICIPIOS POR NIVEL DE PLUVIOSIDAD



Fuente: Elaboración propia.

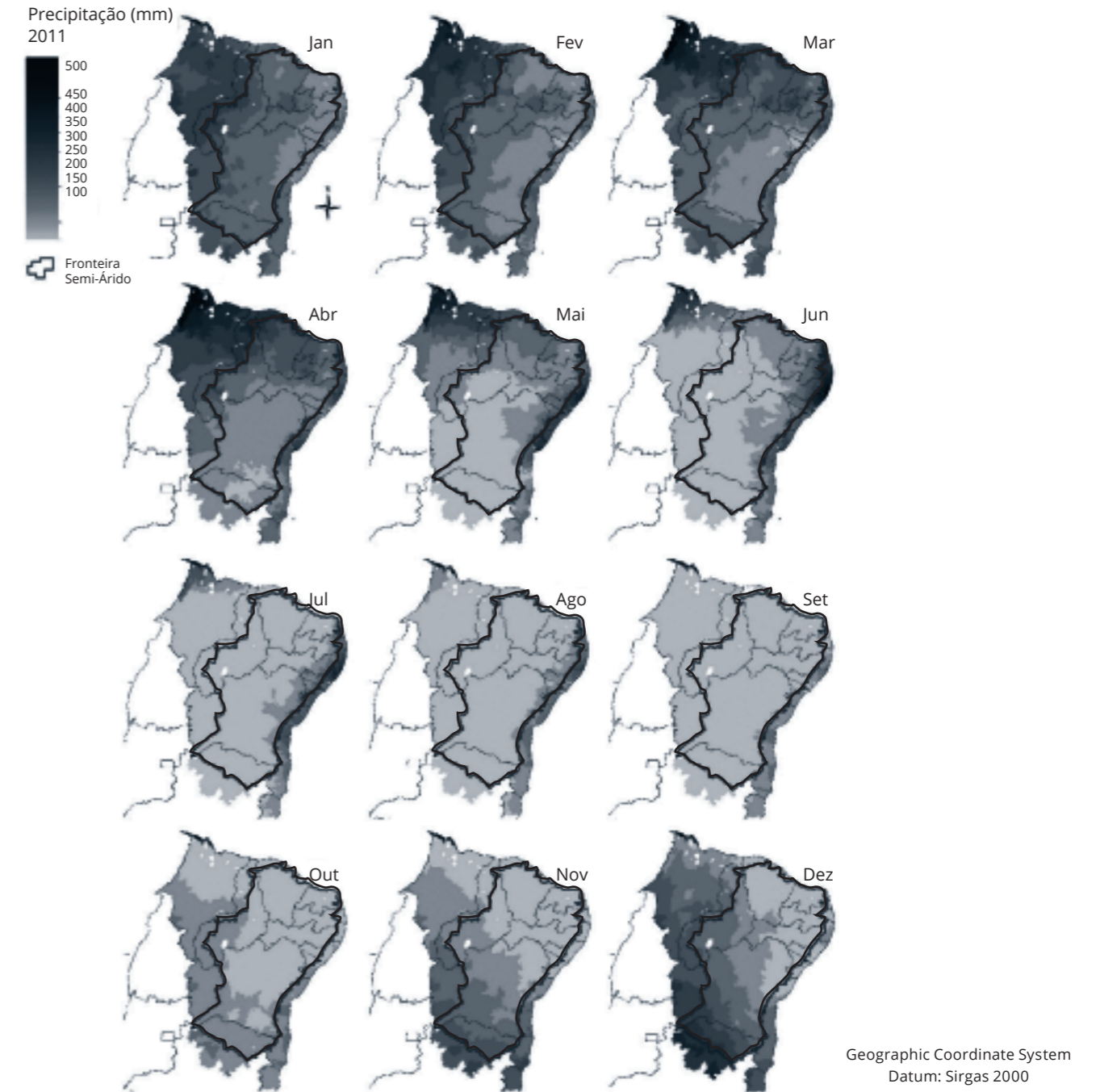
En la Figura 8 presentamos el comportamiento del indicador de precipitación a lo largo de los meses. Como se puede observar, en general, el segundo semestre del año se caracteriza por menores índices pluviométricos. La información de esta figura está corroborada por las Figuras 9 y 10, en las que se presentan, mes a mes, mapas de la región referentes al año 2000. Estas figuras muestran que, en el segundo semestre del año, hay un período más acentuado de baja precipitación, mientras que las temperaturas son más altas.

FIGURA 8: PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (1995-2017)



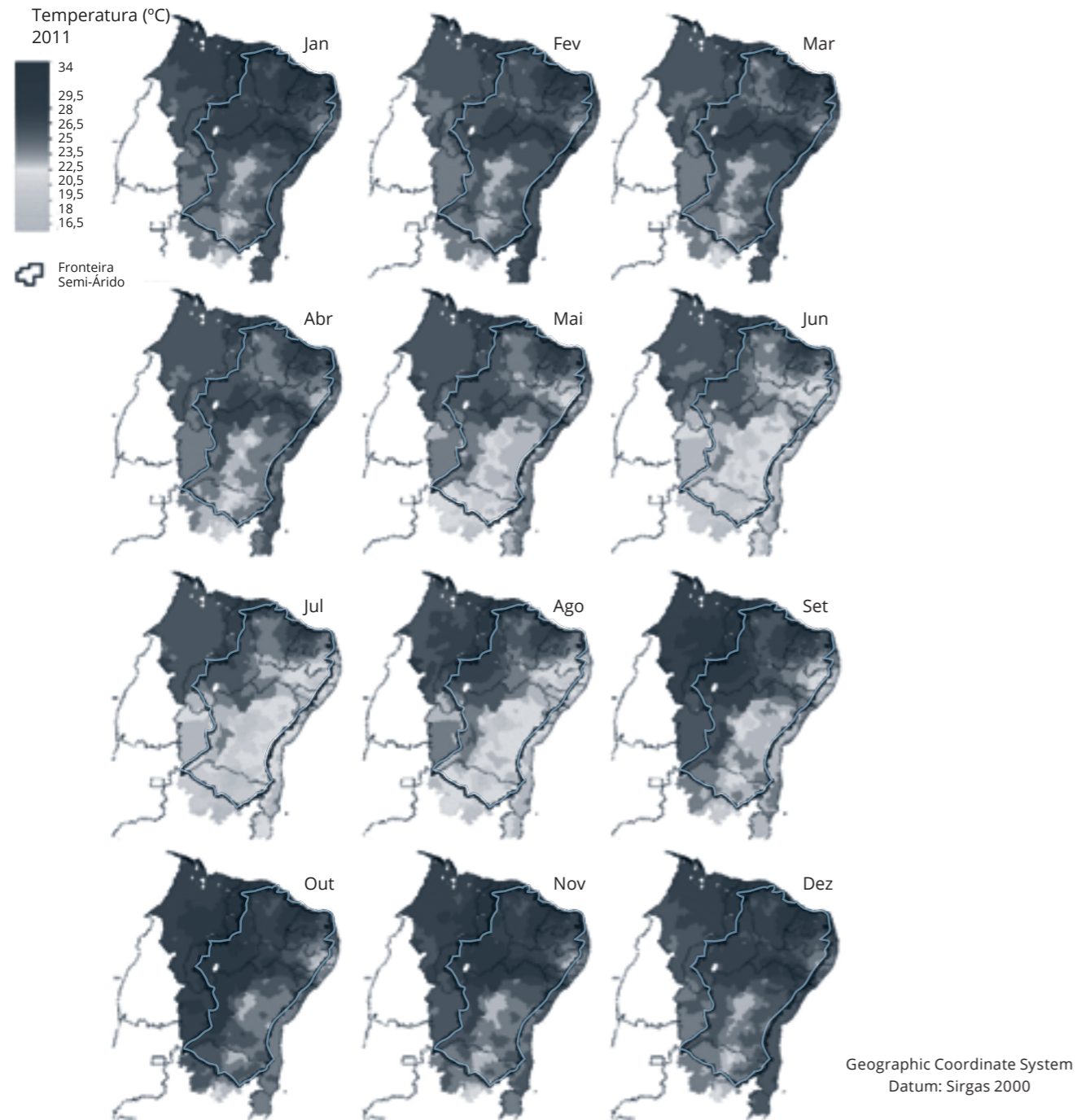
Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 9: ÍNDICES MENSUALES DE PLUVIOSIDAD DE LA REGIÓN NORDESTE (AÑO 2000)



Fuente: Da Mata et al. (2019).

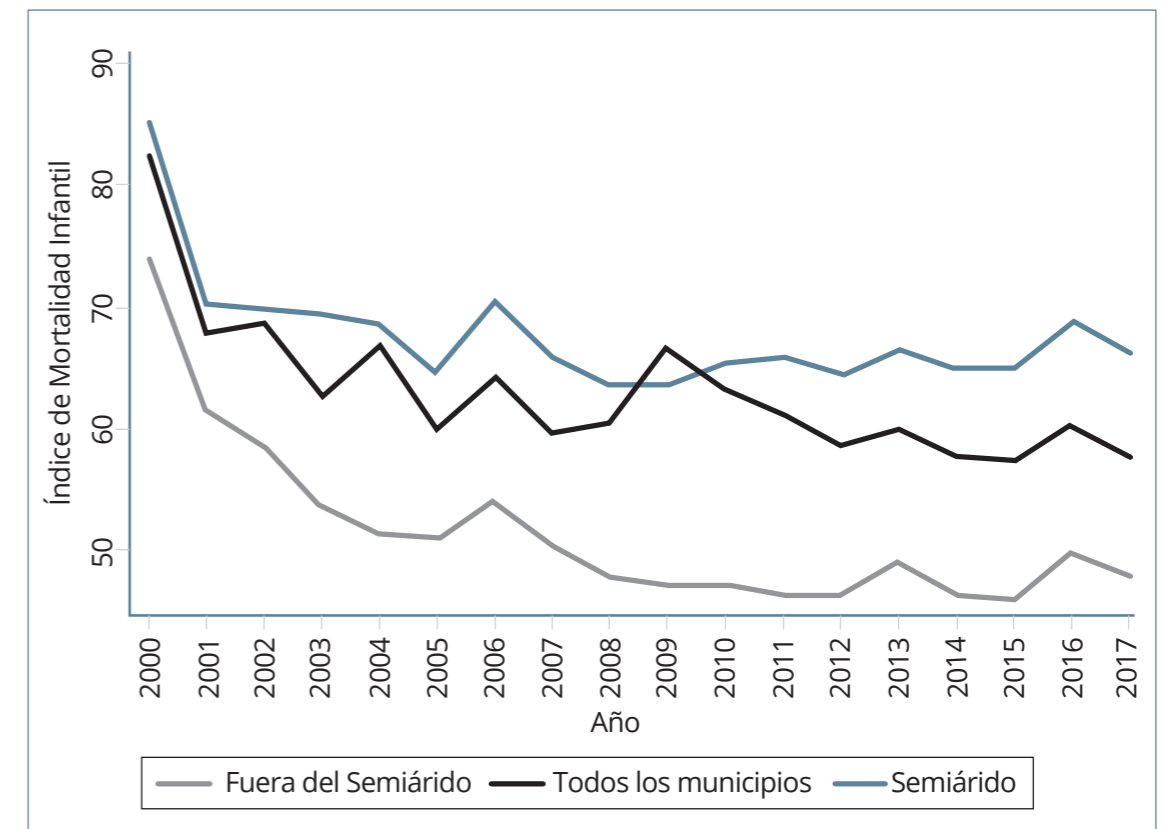
FIGURA 10: ÍNDICES MENSUALES DE TEMPERATURA DE LA REGIÓN NORDESTE (AÑO 2000)



Fuente: Da Mata *et al.* (2019).

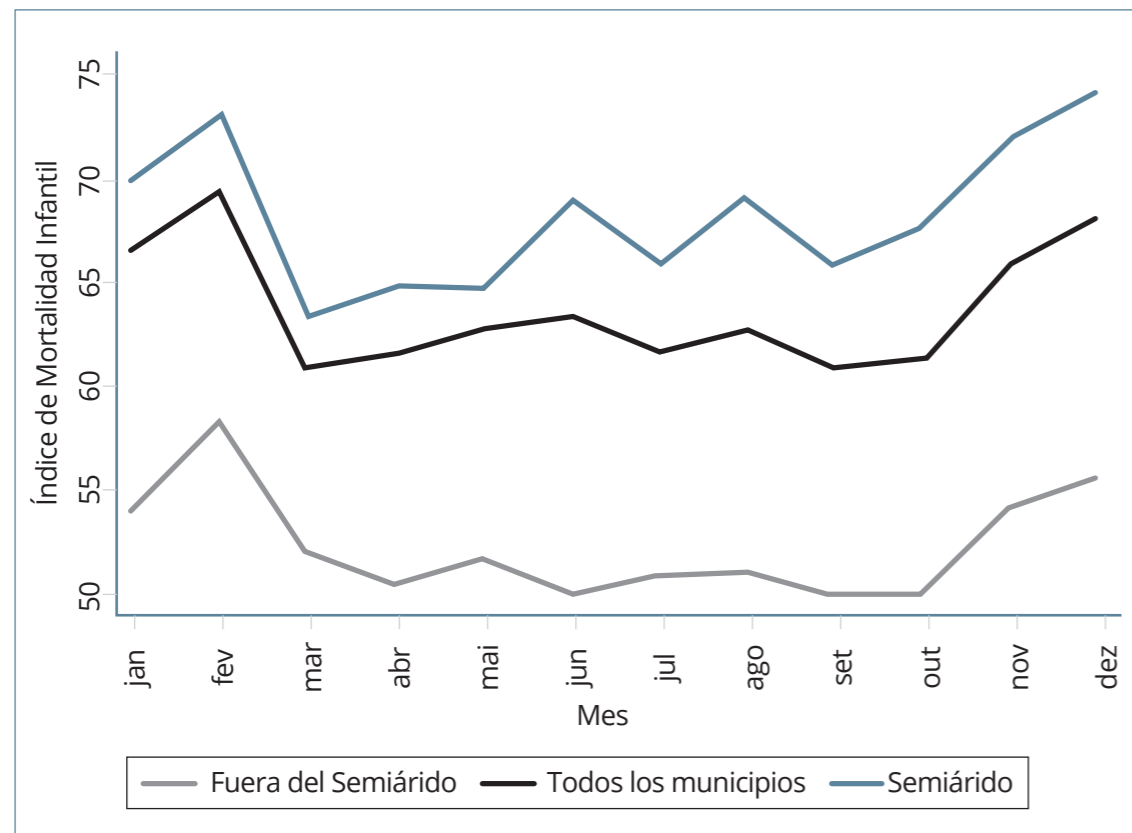
En las Figuras 11 y 12 presentamos, respectivamente, el índice de mortalidad infantil a lo largo de los años y mes a mes. Como se puede observar en la Figura 11, a lo largo del tiempo se produjo una fuerte reducción del índice de mortalidad infantil. Sin embargo, esta reducción fue mucho más acentuada en los municipios fuera de la región del Semiárido nordestino. A su vez, la Figura 12 muestra que los índices de mortalidad infantil son más altos entre noviembre y febrero, período que presenta las temperaturas más altas y es posterior a los meses de mayor sequía en la región.

FIGURA 11: ÍNDICES ANUALES DE MORTALIDAD INFANTIL



Fuente: Elaboración propia.

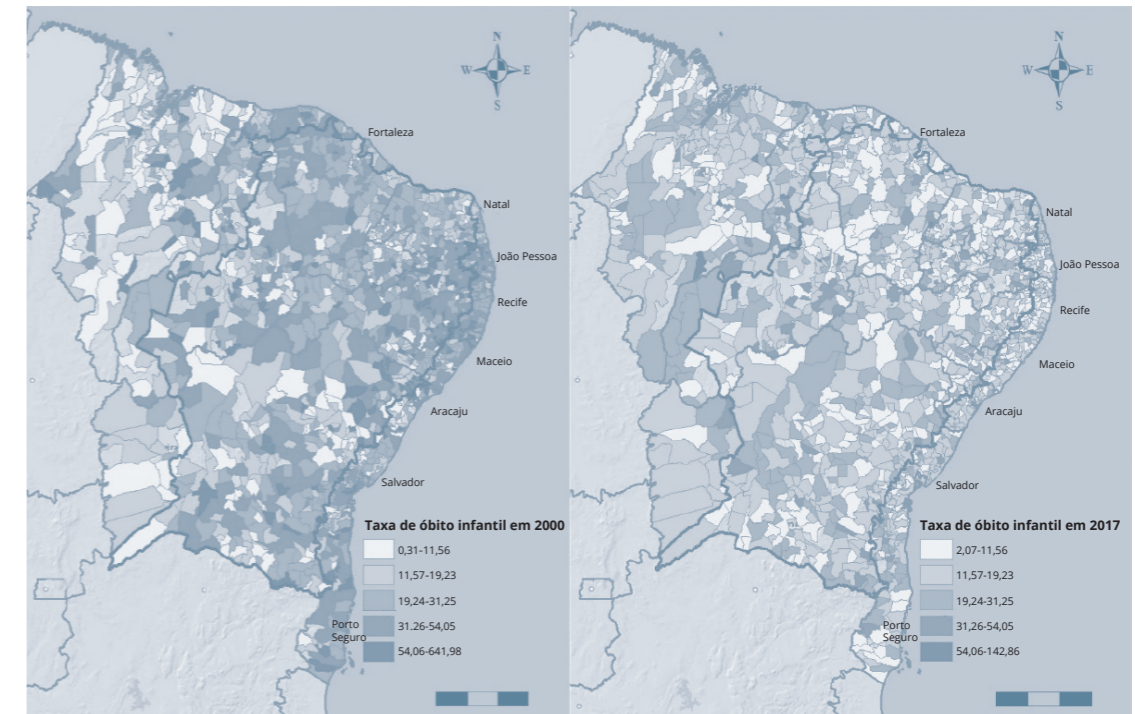
FIGURA 12: ÍNDICES MENSUALES DE MORTALIDAD INFANTIL



Fuente: Elaboración propia.

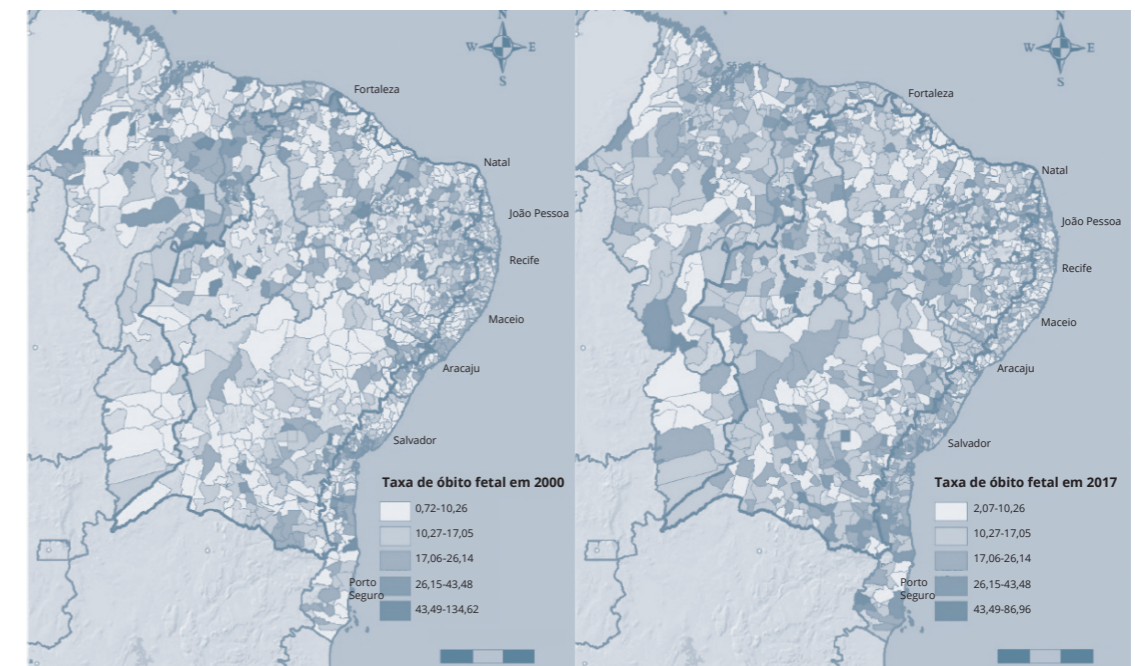
En las Figuras 13 y 14, a su vez, presentamos el índice de mortalidad infantil y fetal por municipio. En el mapa de la Figura 13, se puede observar que hubo una reducción significativa del índice de mortalidad infantil entre los municipios. Por otra parte, el mapa de la Figura 14 sugiere que hubo una subnotificación de casos de mortalidad fetal en el 2000, lo que se fue corrigiendo a lo largo del tiempo. Por lo tanto, evitamos interpretar estos mapas como un indicio del aumento de los casos de mortalidad a lo largo del tiempo.

FIGURA 13: ÍNDICE DE MORTALIDAD INFANTIL POR MUNICIPIO EN 2000 (IZQUIERDA) Y 2017 (DERECHA)



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 14: ÍNDICE DE MORTALIDAD FETAL POR MUNICIPIO EN 2000 (IZQUIERDA) Y 2017 (DERECHA)



Fuente: Elaboración propia.

### 3.3 ENFOQUE EMPÍRICO

#### 3.3.1. Salud

En este estudio usaremos el instrumental econométrico para medir los impactos de los eventos climáticos extremos en los niños, adolescentes y jóvenes. Más específicamente, estimaremos un modelo de datos en panel con efectos fijos. Para medir el impacto de la sequía en los indicadores de salud y educación, la principal suposición es que la incidencia de la sequía en el municipio  $j$  en el mes  $t$  es un evento exógeno, o sea, imprevisible. Es decir, no habría correlación con la incidencia de sequía, definida en este estudio como una situación en la que el índice de precipitación está por debajo de la desviación estándar del promedio histórico de pluviosidad del respectivo municipio.

Además, el modelo de datos en panel nos permite el control por cualesquiera características de los municipios que son fijas a lo largo del tiempo, pero varían entre localidades. Por ejemplo, un municipio puede tener una reserva mineral que genera *royalties* que se reinvierten en servicios públicos. Como la existencia de esta reserva es fija en el tiempo para el municipio que la tiene, es captada por el parámetro de efecto fijo, así como lo son todas las características municipales que siguen este estándar. Con base en estas consideraciones y siguiendo la literatura especializada, estimamos el modelo presentado en la Ecuación 7:

$$Y_{jt} = \beta_1 Drought_{j,t-12} + \theta_j + \tau_t + \gamma Temp_{jt} + \varepsilon_{jt} \quad (7)$$

En la que:

- asumirá los valores del indicador de salud estudiado en el municipio  $j$  y en el mes  $t$ ;
- indica si hubo sequía en los últimos 12 meses antes de la muerte;
- es un efecto fijo de municipio;
- es la temperatura media en el mes  $t$  en el municipio  $j$ ;
- es un término de error estocástico.

Esta especificación se usa ampliamente en los estudios que tratan, sobre todo, de analizar los efectos de la sequía en las muertes infantiles o desenlaces de salud relacionadas con el parto. Sin embargo, cabe resaltar que los eventos de corto plazo pueden estar relacionados con choques climáticos más cortos, como en el caso de mortalidad e ingreso hospitalario por diarrea. En este caso, se usó como medida de impacto climático la variable  $Drought_{j,t-3m}$  en lugar de  $Drought_{j,t-12}$ . Esta variable indica si la suma de la pluviosidad de los tres últimos meses anteriores al desenlace de salud analizado fue inferior al promedio histórico, y es un indicador de sequía extrema.

Una posible limitación de esta estrategia de análisis es el hecho de que no todos los datos de salud están disponibles con periodicidad mensual, sino solo anual. Para superar esta limitación, usamos el número de meses de sequía en cada municipio y año como variable de los impactos climáticos (Ecuación 8).

$$Y_{jt} = \beta_1 Drought_{j,t,3m} + \beta_2 Drought_{j,t,4m} + \beta_3 Drought_{j,t,5m} + \theta_j + \tau_t + \gamma Temp_{jt} + \varepsilon_{jt} \quad (8)$$

En la que:

- $Y_{jt}$  asumirá los valores del indicador de salud estudiado;
- $Drought_{j,t,3m}$  es una variable binaria igual a 1 si el número de meses de sequía en el año  $t$  y en el municipio  $j$  es igual a tres meses;
- $Drought_{j,t,4m}$  es una variable binaria igual a 1 si el número de meses de sequía en el año  $t$  y en el municipio  $j$  es igual a cuatro meses;
- $Drought_{j,t,5m}$  es una variable binaria igual a 1 si el número de meses de sequía en el año  $t$  y en el municipio  $j$  es igual a cinco meses o más;
- $\theta_j$  es un efecto fijo de municipio;
- $\tau_t$  es un efecto fijo de tiempo;
- $Temp_{jt}$  es la temperatura media en el año  $t$  en el municipio  $j$ ;
- $\varepsilon_{jt}$  es un término de error estocástico.

En este caso, nuestro resultado de interés se medirá a partir de los parámetros estimados  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  e  $\beta_3$ , que captarán los impactos del número de meses de sequía en cada municipio y cada año en los indicadores de salud y educación seleccionados. Las demás variables tienen como objeto reducir los posibles sesgos y mejorar la precisión de las estimaciones realizadas.

### 3.3.2. Educación

Debido a las características de los datos de educación, fue necesario usar otras estrategias empíricas para observar los impactos climáticos en la educación. Como estos datos son relativos a los individuos, observamos cada uno solo una vez, en diferentes años. Por otra parte, el hecho de que los datos de educación se basen en cuestionarios permite introducir diversas variables de control. Además, a diferencia de los indicadores de salud, los datos de educación no están disponibles mes a mes. Por lo tanto, para analizar el desempeño educativo de los estudiantes de 5.º grado de la enseñanza primaria en la Prueba Brasil, se construyeron variables que permiten captar los efectos de los eventos climáticos anteriores a la fecha de la prueba, que en general se aplica en noviembre. Para estas estimaciones, se usó la especificación econométrica expresada en la Ecuación 9:

$$Y_i = \beta \text{Sequía}_j + \delta \text{Escuela}_i + \theta X_i + \gamma \text{Temp}_j + \varepsilon_{ij} \quad (9)$$

En la que:

- $Y_{it}$  asumirá los valores del indicador de educación del estudiante  $i$  del municipio  $j$ ;
- $\text{Sequía}_j$  indica si hubo reducción de 1 desviación estándar en el volumen de lluvias para determinado período analizado en el municipio  $j$ ;
- $\text{Escuela}$  es un vector de características observadas de la escuela;
- $X_{i,t}$  es un vector de características observadas de los individuos;
- $\text{Temp}_j$  es la temperatura media en el mes  $t$  en el municipio  $j$ ;
- $\varepsilon_{ij}$  es un término de error estocástico.

En este caso, el parámetro de interés es  $\beta$ , cuyo resultado indicará si el choque climático en un determinado municipio puede implicar efectos en el desempeño educativo de los alumnos en las evaluaciones estandarizadas de portugués y matemáticas. Como variables explicativas de control, se usaron el género, la raza, el número de horas que el estudiante dedica a las tareas domésticas o, aun, si trabaja fuera de casa. Para controlar las diferencias entre escuelas, se ingresaron variables binarias que indican si la institución es federal, estatal, municipal o privada, además de otra variable binaria relativa a las diferencias de promedio entre las escuelas ubicadas en zonas rurales o urbanas.

Asimismo, para identificar los municipios más expuestos a los escenarios de sequía, se recopiló información de los registros oficiales publicados en el *Diario Oficial da União*, sobre los municipios que declararon estado de calamidad pública debido a la sequía o estiaje. En este caso, nuestra especificación econométrica será un análisis de datos transversales según la Ecuación 10:

$$\text{Ln}Y_{i,j,t} = \beta_1 \text{Sequía}_{j,t} + \beta_2 \text{Estiaje}_{j,t} + \theta_j + \tau_t + \gamma \text{Temp}_{j,t} + \delta X_{i,t} + \varepsilon_{i,j,t} \quad (10)$$

In which:

- $\text{Ln}Y_{i,j,t}$  asumirá los valores del logaritmo del indicador de desempeño educativo del individuo  $i$ , en el año  $t$  y en el municipio  $j$ ;
- $\text{Sequía}_{j,t}$  es una variable binaria igual a 1 si se ha decretado estado de calamidad pública debido a sequía en el año  $t$  y en el municipio  $j$ ;
- $\text{Estiaje}_{j,t}$  es una variable binaria igual a 1 si se ha decretado estado de calamidad pública debido a estiaje en el año  $t$  y en el municipio  $j$ ;
- $\theta_j$  es un efecto fijo de municipio;
- $\tau_t$  es un efecto fijo de tiempo;
- $\text{Temp}_{j,t}$  es la temperatura media en el año  $t$  en el municipio  $j$ ;
- $X_{i,t}$  es un vector de características observadas de los individuos;
- $\varepsilon_{i,j,t}$  es un término de error estocástico.

Además, teniendo en cuenta que el 2012 fue el año en que se produjo la sequía más grave desde 1998, se decidió ingresar una variable *dummy* interactiva con el objetivo de comprobar los mismos efectos de la Ecuación 10, pero específicamente para el año 2013. Así, se estimó la Ecuación 11:

$$\text{Ln}Y_{i,j,t} = \beta_1 \text{Sequía}_{j,t} + \beta_2 \text{Estiaje}_{j,t} + \beta_3 \text{Sequía2013}_j + \beta_4 \text{Estiaje2013}_j + \theta_j + \tau_t + \gamma \text{Temp}_{j,t} + \delta X_{i,t} + \varepsilon_{i,j,t} \quad (11)$$

En la que:

- $\text{Sequía2013}_j$  es una variable binaria igual a 1 si se ha decretado estado de calamidad pública debido a sequía en el año del 2013 en el municipio  $j$ ;
- $\text{Estiaje2013}_j$  es una variable binaria igual a 1 si se ha decretado estado de calamidad pública debido a estiaje en el año del 2013 en el municipio  $j$ .

Es importante señalar que entre 2012 y 2016 hubo una mayor reducción en el volumen de lluvias en relación con el promedio histórico y, como consecuencia, más municipios declararon calamidad pública en ese período. Por lo tanto, los modelos se estimaron teniendo en cuenta todos los individuos que constan en la base de datos completa y, posteriormente, los mismos modelos se volvieron a estimar usando solo el período de sequía más grave, entre 2012 y 2016.

# 4. Resultados

## 4.1. SALUD

En esta sección presentaremos los resultados de las estimaciones de los modelos econométricos para analizar el impacto de choques climáticos. Inicialmente el foco serán los impactos en la salud y, a continuación, los impactos en la educación.

La Tabla 1 presenta los resultados estimados por medio de la Ecuación 7, con el objetivo de comprobar el efecto de los impactos climáticos en la salud de los niños. Usamos tres medidas de los efectos climáticos: el volumen de precipitación en los últimos 12 meses antes del nacimiento; la desviación de la precipitación en relación con el promedio histórico; y la incidencia de sequía. En el panel A se presentan los resultados cuando tenemos en cuenta todos los municipios de la muestra, y en el panel B solo se presentan los municipios de la región del Semiárido nordestino. Los indicadores son de nivel municipal e indican el número de nacidos vivos, el índice de mortalidad, el índice de niños prematuros por cada mil habitantes y el índice de niños con bajo peso por cada mil habitantes.

Los resultados sugieren que el mayor volumen de lluvias está positivamente relacionado con el mayor número de nacimientos, el menor índice de mortalidad infantil, el menor índice de prematuridad y el menor índice de bajo peso para las dos muestras analizadas. A su vez, la desviación anual está negativamente relacionada solo con el índice de mortalidad infantil. Esto significa que





cuanto mayor sea el nivel de lluvia en relación con el promedio anual, menor será el índice de mortalidad infantil.

Se constató aun el impacto de la incidencia de sequía durante los 12 meses anteriores al nacimiento, es decir, se trata de una medida de exposición del niño a períodos de sequía durante el período de gestación. Los resultados sugieren que la exposición a la sequía durante la gestación tiene impactos negativos en la salud de los niños, que son más fuertes en el Semiárido. Más concretamente, en esta región, la sequía implica un aumento de 1,8 puntos porcentuales en la mortalidad infantil, 34 puntos porcentuales en el índice de nacimientos prematuros y 6,8 puntos porcentuales en el índice de niños con bajo peso al nacer.

**TABLA 1: IMPACTOS CLIMÁTICOS DE LOS ÚLTIMOS 12 MESES EN LOS DESENLACES DE SALUD DE NIÑOS ENTRE 0 Y 1 AÑO DE EDAD**

<b>Panel A: todos los municipios</b>				
	Nacidos vivos	Mortalidad infantil	Prematuridad	Bajo peso
Volumen de precipitación (12 meses)	4,004*** (0.380)	0.945 (0.845)	-47.292*** (1.141)	-8.004*** (0.615)
Desviación anual	0.146 (0.124)	-3.420*** (1.243)	0.815 (0.821)	-0.673 (0.662)
Sequía	-2.801*** (0.227)	0.164 (0.548)	29.815*** (0.773)	4.477*** (0.469)
<b>Panel B: Semiárido</b>				
	Nacidos vivos	Mortalidad infantil	Prematuridad	Bajo peso
Volumen de precipitación (12 meses)	3.503*** (0.178)	-2.025* (1.140)	-47.927*** (1.415)	-10.058*** (0.730)
Desviación anual	0.308*** (0.086)	-4.910*** (1.796)	1.626 (1.026)	-0.816 (0.811)
Sequía	-2.794*** (0.139)	1.789** (0.861)	34.241*** (1.074)	6.784*** (0.655)
<b>Efecto fijo de municipio</b>	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>
<b>Efecto fijo de mes</b>	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>	<b>Sí</b>

Nota: Errores estándar entre paréntesis. Errores clusterizados a nivel municipal. Nivel de significancia: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$ .

A continuación, en la Tabla 2, analizamos el impacto de la sequía en los últimos tres meses, medida como la diferencia entre la suma de los últimos tres meses y el promedio mensual. Si esta suma es inferior a la media, se considera que se produjo una sequía. Como se puede observar, los signos de los parámetros se mueven en la misma dirección; sin embargo, solo los parámetros de las variables "nacido vivo" y "prematuridad" son estadísticamente significativos.

Para entender las causas específicas de la mortalidad, estimamos los impactos de la sequía sobre las causas específicas de la mortalidad infantil. Estos resultados se presentan en las Tablas 3 y 4. Como se puede observar, aunque los signos de las variables son positivos, lo que indica que tanto las desviaciones como la existencia de la sequía aumentan la mortalidad por causas específicas, solo en la Tabla 4 observamos el impacto con significación estadística en la mortalidad por causas infecciosas. Este hallazgo puede estar relacionado con el consumo de agua no tratada o con la falta de agua para la higiene personal y la manipulación adecuada de los alimentos para el consumo.

**TABLA 2: IMPACTOS CLIMÁTICOS DE LOS ÚLTIMOS TRES MESES EN LOS DESENLACES DE SALUD DE NIÑOS ENTRE 0 Y 1 AÑO DE EDAD**

<b>Panel A: todos los municipios</b>				
	Nacidos vivos	Mortalidad infantil	Prematuridad	Bajo peso
Desviación en los últimos tres meses	0,472*** (0,151)	0,504* (0,302)	-3,167*** (0,242)	-0,404** (0,180)
Sequía en los últimos tres meses	0,244*** (0,059)	0,275 (0,477)	-3,539*** (0,305)	-0,539** (0,231)
Observaciones	384.958	128.934	384.958	384.958
<b>Panel B: Semiárido</b>				
	Nacidos vivos	Mortalidad infantil	Prematuridad	Bajo peso
Desviación en los últimos tres meses	-3,397*** (0,465)	0,250 (2,472)	16,038*** (3,353)	3,878 (3,081)
Sequía en los últimos tres meses	-4,848*** (0,732)	2,218 (4,543)	20,858*** (4,346)	4,940 (4,623)
Observaciones	225.256	68.044	225.256	225.256

Nota: Errores estándar entre paréntesis. Errores clusterizados a nivel municipal. Nivel de significancia: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$ .

**TABLA 3: IMPACTOS CLIMÁTICOS DE LOS ÚLTIMOS 12 MESES EN LA MORTALIDAD ENTRE 0 Y 1 AÑO DE EDAD POR CAUSAS ESPECÍFICAS**

Panel A: todos los municipios			
	Endócrinas y nutricionales	Infecciosas	Respiratorias
Desviación anual	-0,103 (1,875)	-4,121 (3,270)	0,437 (1,372)
Sequía	1,157 (1,418)	1,392 (1,045)	0,760 (1,007)
Observaciones	6.231	18.430	10.497
Panel B: Semiárido			
Desviación anual	0,321 (2,963)	-8,104 (5,687)	-0,003 (2,380)
Sequía	3,244 (3,361)	3,648 (2,270)	0,778 (2,151)
Observaciones	2.863	9.133	4.498

Nota: Errores estándar entre paréntesis. Errores clusterizados a nivel municipal. Nivel de significancia: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$ .

**TABLA 4: IMPACTOS CLIMÁTICOS DE LOS ÚLTIMOS TRES MESES EN LA MORTALIDAD ENTRE 0 Y 1 AÑO DE EDAD POR CAUSAS ESPECÍFICAS**

Panel A: todos los municipios			
	Endocrine and nutritional	Infectious	Respiratory
Deviation in the last three months	-0,487 (0,748)	0,605 (0,446)	0,646 (0,417)
Drought within the last three months	14,019 (12,465)	9,990*** (3,547)	5,011 (3,069)
Notes	6.231	18.430	10.497
Panel B: Semiárido			
Deviation in the last three months	-1,354 (1,212)	0,465 (0,851)	1,294 (0,877)
Drought within the last three months	25,431 (19,886)	12,860** (5,103)	3,440 (3,407)
Notes	2.863	9.133	4.498

Nota: Errores estándar entre paréntesis. Errores clusterizados a nivel municipal. Nivel de significancia: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$ .

A continuación, usando la variable de incidencia de sequía en los últimos tres meses antes del registro de la muerte, podemos observar en la Tabla 5 que este factor aumenta la posibilidad de muerte por diarrea en 11 puntos porcentuales para todos los municipios, y en 14,7 puntos porcentuales para municipios del Semiárido.

**TABLA 5: IMPACTOS CLIMÁTICOS EN LA MORTALIDAD POR DIARREA EN NIÑOS ENTRE 0 Y 1 AÑO DE EDAD**

	Todos los municipios			Semiárido		
Volumen de precipitación (tres meses)	0,726 (0,550)			1,354 (0,996)		
Desviación en los últimos tres meses		0,726 (0,550)			1,354 (0,996)	
Sequía			11,02** (4,634)			14,68** (5,719)
Observaciones	10.739	10.739	10.748	5.534	5.534	5.541
Efecto fijo de municipio	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Efecto fijo de mes	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

Nota: Errores estándar entre paréntesis. Errores clusterizados a nivel municipal. Nivel de significancia: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$ .

Finalmente, teniendo en cuenta que no hay datos nutricionales con periodicidad mensual, analizamos el impacto de la sequía en los datos anuales de nutrición. Los resultados presentados en la Tabla 6 sugieren que la cantidad de meses de sequía tiene una relación positiva tanto con eventos de desnutrición crónica como con eventos de desnutrición aguda. Cabe resaltar que los impactos son mayores en la región Semiárida y en los niños de 2 a 5 años.

TABLA 6: IMPACTOS CLIMÁTICOS EN LOS INDICADORES NUTRICIONALES

Desnutrición crónica						
	Todos los municipios			Semiárido		
	0 a 2 años	2 a 5 años	0 a 5 años	0 a 2 años	2 a 5 años	0 a 5 años
Tres meses de sequía	0,023 (0,025)	0,004 (0,019)	0,013 (0,019)	0,066 (0,041)	0,035 (0,029)	0,035 (0,029)
Cuatro meses de sequía	0,086*** (0,031)	0,050** (0,024)	0,063** (0,024)	0,118*** (0,038)	0,023 (0,034)	0,023 (0,034)
Cinco o más meses de sequía	0,050 (0,036)	0,095*** (0,027)	0,080*** (0,027)	0,092* (0,050)	0,137*** (0,041)	0,137*** (0,041)
Desnutrición aguda						
	0 to 2 years	2 to 5 years	0 to 5 years	0 to 2 years	2 to 5 years	0 to 5 years
	Tres meses de sequía	-0,032 (0,030)	-0,019 (0,021)	-0,013 (0,021)	-0,013 (0,044)	0,002 (0,033)
Cuatro meses de sequía	0,051 (0,037)	0,059** (0,026)	0,066** (0,026)	0,075 (0,051)	0,094*** (0,034)	0,094*** (0,034)
Cinco o más meses de sequía	-0,015 (0,045)	0,044 (0,031)	0,031 (0,031)	0,080 (0,059)	0,041 (0,045)	0,041 (0,045)
Observaciones	15.633	15.914	15.935	9.155	9.309	9.309
Efecto fijo de municipio	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Efecto fijo de año	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Nota: Errores estándar entre paréntesis. Errores clusterizados a nivel municipal. Nivel de significancia: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$ .

## 4.2. EDUCACIÓN

La literatura empírica de diversas partes del mundo muestra evidencias de que la sequía puede tener impactos negativos en el desempeño educativo de niños y jóvenes (Kim, 2008; Thai y Falaris, 2011; Shah y Steinberg, 2013; Björkman-Nyqvist, 2013; Amaya, 2020). Se puede pensar en diversos medios, con evidencias documentadas en la literatura, por los cuales la reducción en el volumen de lluvia puede afectar el desempeño educativo.

La sequía puede tener impactos en la salud del individuo, en el nivel de renta familiar, en el valor nutritivo de su alimentación y en su decisión de participar en el mercado laboral. Todos estos factores están estrechamente relacionados con el desempeño educativo de los individuos y, a partir de ellos, es razonable pensar que la sequía puede tener efectos negativos en la educación. Por lo tanto, en los ejercicios realizados en esta sección, se pretende estimar los impactos de la sequía en la educación, usando como objeto de estudio la fuerte reducción del volumen de lluvias que se produjo en muchas ciudades del Nordeste en algunos años de la década pasada.

En las Tablas 7 y 8 se estimaron los efectos de la reducción del volumen de lluvia, considerando los municipios del Nordeste que declararon una calamidad pública debido a la sequía o al estiaje, en el desempeño de los estudiantes del 5.º grado de la enseñanza primaria en las pruebas de matemáticas y portugués. Como las variables dependientes están en logaritmos, podemos interpretar los parámetros en porcentaje, siempre que se multipliquen por 100.

La Tabla 7 muestra los efectos en las calificaciones de matemáticas en el período de 2011 a 2017, cuando se realizaron cuatro ediciones de

la Prueba Brasil, una cada dos años. Observamos un efecto poco significativo entre los municipios que declararon estado de calamidad debido a la sequía, mientras que hay un efecto negativo de alrededor del 2 % para los municipios que decretaron calamidad debido al estiaje. Sin embargo, en la cuarta columna observamos que, para los municipios que declararon calamidad por sequía o estiaje en el 2013, hay un efecto negativo del 1,5 % y del 3 %, respectivamente, en el desempeño de los alumnos en matemáticas. Esto significa que los municipios que tuvieron el mismo decreto en otros años no experimentaron un efecto tan grande en el desempeño educativo de los alumnos.

En cuanto a las estimaciones para el desempeño en portugués, en la Tabla 8, también observamos un efecto más robusto en el grupo de municipios que decretó calamidad debido al estiaje. Sin embargo, para el año 2013, vemos que los efectos estimados son negativos para ambos grupos de municipios, lo que indica un efecto negativo de la reducción del volumen de lluvia en el desempeño en portugués de alrededor del 0,56 % al 2 %.

Las posibles explicaciones para que este efecto sea captado en mayor magnitud en el año 2013 pueden ser las siguientes: (i) el 2012 fue el peor año de la sequía, de modo que los municipios que declararon estado de calamidad en el 2013 experimentaron una reducción más severa en el volumen de lluvias en comparación con otros años; (ii) como en el 2012 hubo una fuerte sequía, tanto la población como los encargados de formular políticas públicas (*policymakers*) trataron de trazar nuevas estrategias para disminuir los impactos de la sequía, haciendo que,

en períodos posteriores, este efecto pudiera ser menor; y (iii) el estado de calamidad permite el *policymaker* cuente con de más recursos y gastarlos de forma menos burocrática, lo que hace que el poder público pueda minimizar los efectos de la sequía de manera más eficiente.

En otras palabras, además de reducir el efecto estimado debido a la menor intensidad de la sequía después del 2012, es razonable pensar que los municipios hayan sufrido un período inesperado de fuerte sequía entre 2012 y 2013, cuando iniciaron una serie de estrategias de enfrentamiento que redujeron sus efectos en la educación en los años siguientes.

**TABLA 7: IMPACTO DE LA SEQUÍA EN EL DESEMPEÑO EN MATEMÁTICAS EN EL 5.º GRADO**

	Ln. Matemáticas	Ln. Matemáticas	Ln. Matemáticas	Ln. Matemáticas
Sequía	0,00258 (0,00359)	-0,00432* (0,00251)	-0,00203 (0,00241)	0,0151*** (0,00269)
Estiaje	-0,0219*** (0,00249)	-0,0196*** (0,00222)	-0,0192*** (0,00217)	-0,00166 (0,00232)
Sequía en el 2013				-0,0313*** (0,00381)
Estiaje en el 2013				-0,0303*** (0,00322)
Efecto fijo de municipio y año	Sí	Sí	Sí	Sí
Controles socioeconómicos	No	Sí	Sí	Sí
Controles de trabajo infantil	No	No	Sí	Sí
N.º de observaciones	7.515.059	6.481.935	6.232.230	6.232.230

Nota: Errores estándar entre paréntesis. Errores clusterizados a nivel municipal. Nivel de significancia: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$ .

**TABLA 8: IMPACTO DE LA SEQUÍA EN EL DESEMPEÑO EN PORTUGUÉS EN EL 5.º GRADO**

	Ln. Portugués	Ln. Portugués	Ln. Portugués	Ln. Portugués
Sequía	0,00961*** (0,00327)	0,000116 (0,00229)	0,00224 (0,00223)	0,0116*** (0,00254)
Estiaje	-0,0145*** (0,00227)	-0,0134*** (0,00199)	-0,0138*** (0,00198)	-0,00240 (0,00221)
Sequía en el 2013				-0,0172*** (0,00297)
Estiaje en el 2013				-0,0197*** (0,00268)
Efecto fijo de municipio y año	Sí	Sí	Sí	Sí
Controles socioeconómicos	No	Sí	Sí	Sí
Controles de trabajo infantil	No	No	Sí	Sí
N.º de observaciones	7.515.059	6.481.935	6.232.230	6.232.230

Nota: Errores estándar entre paréntesis. Errores clusterizados a nivel municipal. Nivel de significancia: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$ .

En las Tablas 9 y 10 vemos que, restringiendo la base de datos solo a las ediciones de la Prueba Brasil que se realizaron en los años de sequía más severa, 2013 y 2015, los efectos estimados de la fuerte reducción en el volumen de lluvias son aún mayores y más significativos. Los resultados de las estimaciones de las Tablas 9 y 10 sugieren que un escenario de sequía puede tener un impacto medio superior al 4 % en matemáticas y al 2 % en portugués. Cabe resaltar que todas las estimaciones tienen un control de las características socioeconómicas de los alumnos, el trabajo infantil, el trabajo doméstico, además de los efectos fijos del año y municipio.

**TABLA 9: IMPACTO DE LA SEQUÍA EN EL DESEMPEÑO EN MATEMÁTICAS EN EL 5.º GRADO (2013-2015)**

	Ln. Matemáticas	Ln. Matemáticas	Ln. Matemáticas
Sequía	-0,0328*** (0,00640)	-0,0281*** (0,00587)	-0,0270*** (0,00553)
Estiaje	-0,0491*** (0,00422)	-0,0426*** (0,00387)	-0,0407*** (0,00365)
Efecto fijo de municipio y año	Sí	Sí	Sí
Controles socioeconómicos	No	Sí	Sí
Controles de trabajo infantil	No	No	Sí
N.º de observaciones	7.515.059	6.481.935	6.232.230

Nota: Error estándar entre paréntesis. Errores clusterizados a nivel municipal. Nivel de significancia: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$ . Ln: logaritmo.

**TABLA 10: IMPACTO DE LA SEQUÍA EN EL DESEMPEÑO EN PORTUGUÉS EN EL 5.º GRADO (2013-2015)**

	Ln. Portugués	Ln. Portugués	Ln. Portugués
Sequía	-0,0213*** (0,00639)	-0,0178*** (0,00585)	-0,0178*** (0,00544)
Estiaje	-0,0265*** (0,00312)	-0,0240*** (0,00303)	-0,0239*** (0,00286)
Efecto fijo de municipio y año	Sí	Sí	Sí
Controles socioeconómicos	Sí	Sí	Sí
Controles de trabajo infantil	Sí	Sí	Sí
N.º de observaciones	7.515.059	6.481.935	6.232.230

Nota: Error estándar entre paréntesis. Errores clusterizados a nivel municipal. Nivel de significancia: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$ . Ln: logaritmo.

En la Tabla 11 se estimaron los efectos en el desempeño de los individuos que están a punto de terminar la enseñanza secundaria o que ya la han terminado. Observamos que prácticamente todos los parámetros son negativos, aunque solo algunos presentan significancia estadística. Sabiendo, con base en el análisis de los impactos en la enseñanza primaria, que el mayor efecto de la sequía puede haber ocurrido en el 2013, por las razones ya explicitadas, se realizó otro ejercicio ingresando una variable *dummy* interactiva que nos permite obser-

var el impacto de la reducción del volumen de lluvias en el desempeño de los estudiantes en el Enem del 2013.

Observamos en la Tabla 12 que, al igual que en el análisis de la enseñanza primaria, hay evidencias de un significativo efecto negativo en el desempeño de los candidatos del Enem del 2013 que viven en municipios que experimentaron una reducción en el volumen de lluvias. El efecto estimado es de aproximadamente un 2 % para las ciencias humanas y solo no es superior a un 1 % para ciencias naturales.

**TABLA 11: IMPACTO DE LA SEQUÍA EN EL DESEMPEÑO EN EL ENEM (2010-2018)**

	Ln. Matemáticas	Ln. Portugués	Ln. Redacción	Ln. Ciencias humanas	Ln. Ciencias naturales
Sequía	-0,000554 (0,00148)	-0,00411*** (0,000845)	-0,00999*** (0,00240)	-0,00472*** (0,00115)	0,000836 (0,00103)
Estiaje	-0,000741 (0,00107)	-0,000671 (0,000616)	-0,00499** (0,00204)	-0,000676 (0,000734)	-0,000423 (0,000683)
Efecto fijo de municipio y año	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Controles socioeconómicos	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
N.º de observaciones	12.604.020	1.275.0516	12.228.634	13.005.958	12.863.073

Nota: Error estándar entre paréntesis. Errores clusterizados a nivel municipal. Nivel de significancia: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$ . Ln: logaritmo.

TABLA 12: IMPACTO DE LA SEQUÍA EN EL DESEMPEÑO EN EL ENEM – EFECTO EN EL 2013 (2010-2018)

	Ln. Matemáticas	Ln. Portugués	Ln. Redacción	Ln. Ciencias humanas	Ln. Ciencias naturales
Sequía	0,00244 (0,00158)	-0,000302 (0,000963)	-0,00764*** (0,00204)	0,0000940 (0,00131)	0,00196* (0,00116)
Estiaje	-0,00161 (0,00103)	0,0000139 (0,000703)	-0,00388** (0,00191)	-0,000740 (0,000824)	-0,000555 (0,000744)
Sequía en el 2013	-0,0114*** (0,00167)	-0,0164*** (0,00172)	-0,0107*** (0,00277)	-0,0197*** (0,00156)	-0,00448*** (0,00110)
Estiaje en el 2013	0,000479 (0,00140)	-0,00795*** (0,00170)	-0,00793*** (0,00260)	-0,00558*** (0,00132)	-0,000752 (0,000974)
Efecto fijo de municipio y año	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Controles socioeconómicos	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
N.º de observaciones	12.604.020	12.750.516	12.228.634	13.005.958	12.863.073

Nota: Errores estándar entre paréntesis. Errores clusterizados a nivel municipal. Nivel de significancia: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$ . Ln: logaritmo.

En la Tabla 13, se restringió la base de datos únicamente a los años en que la sequía fue más severa y, como consecuencia, hubo una mayor cantidad de decretos de calamidad pública debido a la reducción del volumen de lluvia, es decir, del 2012 al 2016. Se observa que, aunque se controlan las características socioeconómicas de los individuos y los efectos fijos del año y del municipio, todos los parámetros estimados son negativos y estadísticamente significativos. Por lo tan-

to, tenemos en la Tabla 13 una evidencia de que la sequía puede reducir el desempeño educativo en todas las áreas del conocimiento.

En la Tabla 14 ingresamos en las estimaciones una *dummy* interactiva entre las variables de interés y el año 2013. Observamos que, aunque todos los parámetros siguen siendo negativos, el efecto en el desempeño en el Enem es, de hecho, mayor y más significativo en el 2013, con resultados similares a los de la Tabla 12.

TABLA 13: IMPACTO DE LA SEQUÍA EN EL DESEMPEÑO EN EL ENEM (2012-2016)

	Ln. Matemáticas	Ln. Portugués	Ln. Redacción	Ln. Ciencias humanas	Ln. Ciencias naturales
Sequía	-0,00461*** (0,00151)	-0,00464*** (0,00109)	-0,00848*** (0,00232)	-0,00641*** (0,00130)	-0,00267*** (0,000868)
Estiaje	-0,00334*** (0,000866)	-0,00150*** (0,000545)	-0,00804*** (0,00186)	-0,00223*** (0,000693)	-0,00138*** (0,000477)
Efecto fijo de municipio y año	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Controles socioeconómicos	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
N.º de observaciones	7.551.339	7.553.495	7.305.445	7.742.910	7.741.435

Nota: Errores estándar entre paréntesis. Errores clusterizados a nivel municipal. Nivel de significancia: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$ . Ln: logaritmo.

TABLA 14: IMPACTO DE LA SEQUÍA EN EL DESEMPEÑO EN EL ENEM CON LA INCLUSIÓN DE NUEVOS CONTROLES (2012-2016)

	Ln. Matemáticas	Ln. Portugués	Ln. Redacción	Ln. Ciencias humanas	Ln. Ciencias naturales
Sequía	-0,00103 (0,00145)	-0,000347 (0,000936)	-0,00582*** (0,00213)	-0,000921 (0,00114)	-0,00130 (0,000843)
Estiaje	-0,00423*** (0,000852)	-0,000992* (0,000524)	-0,00822*** (0,00182)	-0,00284*** (0,000665)	-0,00128** (0,000514)
Sequía en el 2013	-0,0134*** (0,00166)	-0,0177*** (0,00168)	-0,0102*** (0,00271)	-0,0213*** (0,00162)	-0,00557*** (0,00119)
Estiaje en el 2013	-0,00347** (0,00137)	-0,0110*** (0,00178)	-0,00431* (0,00240)	-0,00859*** (0,00143)	-0,00323*** (0,00115)
Efecto fijo de municipio y año	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Controles socioeconómicos	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
N.º de observaciones	7.551.339	7.553.495	7.305.445	7.742.910	7.741.435

Nota: Errores estándar entre paréntesis. Errores clusterizados a nivel municipal. Nivel de significancia: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$ . Ln: logaritmo.

Cabe resaltar que también se observó si la sequía tiene un efecto en la probabilidad de que el individuo se inscriba o falte a la prueba del Enem. En ambos casos, las estimaciones mostraron que la sequía no parece tener efectos significativos en estas variables, es decir, no hay una reducción en la cantidad de individuos inscritos en la prueba en respuesta a una reducción en el volumen de lluvia y, una vez inscrito, la sequía tampoco aumenta la probabilidad de que el individuo falte a la prueba.

Ahora se empleará una metodología similar a la utilizada en la sección anterior para las estimaciones de los desenlaces de salud. Se trató de identificar los posibles efectos de una reducción de 1 desviación estándar en el volumen medio de lluvias de cada municipio en el desempeño de los alumnos del 5.º grado de la enseñanza primaria en la Prueba Brasil, y los resultados de este ejercicio se presentan en las Tablas 15, 16 y 17. Se observa que los parámetros estimados para los municipios del Semiárido son todos negativos y, en su mayoría, significativos, independientemente de la edición de la prueba que se evalúe (2013, 2015 o 2017). Este resultado corrobora las evidencias encontradas en los ejercicios anteriores de que la reducción del volumen de lluvias puede tener un impacto negativo en el desempeño educativo de los alumnos de la enseñanza primaria.

El resultado encontrado en las Tablas 15, 16 y 17 indica que el desempeño en la prueba de por-

tugués de los estudiantes que viven en los municipios del Semiárido puede sufrir un impacto negativo del 4,2 % al 5,5 % cuando se produce una reducción de 1 desviación estándar en el volumen de lluvias en el mes anterior a la prueba, y puede reducirse en hasta el 6,7 % cuando este choque negativo se produce en los tres meses anteriores.

Respecto al desempeño en matemáticas de los estudiantes que viven en el Semiárido, se observa que también hay un efecto negativo de alrededor del 3,5 % cuando la reducción de lluvias se produce en el mes anterior a la prueba, y puede reducirse hasta un 4,7% cuando esta reducción se produce en los tres meses anteriores. Cabe señalar que, cuando analizamos específicamente el año 2015, no se encontraron resultados estadísticamente significativos para el período de tres meses anteriores a la prueba, aunque el signo del parámetro también es negativo.

En el caso de los estudiantes que viven fuera del Semiárido, los resultados encontrados son poco significantes, lo que puede ser una evidencia de que la reducción en el volumen de lluvias tiene un efecto menor en esta región. La diferencia de los efectos entre las regiones puede estar motivada por diversos factores; sin embargo, una explicación razonable es que existen diferencias en el perfil socioeconómico entre las dos regiones.

**TABLA 15: IMPACTOS CLIMÁTICOS DEL ÚLTIMO MES Y DE LOS ÚLTIMOS TRES MESES ANTERIORES A LA PRUEBA BRASIL EN EL DESEMPEÑO DE ALUMNOS DEL 5.º GRADO EN PORTUGUÉS Y MATEMÁTICAS EN EL 2013**

Panel A: Semiárido				
	Ln. Portugués	Ln. Portugués	Ln. Matemáticas	Ln. Matemáticas
Sequía en el mes de la prueba	-0,0546*** (0,0113)		-0,0363*** (0,0138)	
Sequía en los últimos tres meses		-0,0600*** (0,0163)		-0,0388* (0,0217)
Observaciones	608.547	608.547	608.547	608.547
Panel B: fuera del Semiárido				
	Ln. Portugués	Ln. Portugués	Ln. Matemáticas	Ln. Matemáticas
Sequía en el mes de la prueba	-0,0189* (0,0103)		-0,00536 (0,0115)	
Sequía en los últimos tres meses		-0,0172* (0,0104)		0,00423 (0,0140)
Observaciones	244.950	244.950	244.950	244.950

Nota: Errores estándar entre paréntesis. Errores clusterizados a nivel municipal. Nivel de significancia: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$

**TABLA 16: IMPACTOS CLIMÁTICOS DEL ÚLTIMO MES Y DE LOS ÚLTIMOS TRES MESES ANTERIORES A LA PRUEBA BRASIL EN EL DESEMPEÑO DE ALUMNOS DEL 5.º GRADO EN PORTUGUÉS Y MATEMÁTICAS EN EL 2015**

Panel A: Semiárido				
	Ln. Portugués	Ln. Matemáticas	Ln. Matemáticas	
Sequía en el mes de la prueba	-0,0423*** (0,0101)		-0,0324*** (0,00919)	
Sequía en los últimos tres meses		-0,0279* (0,0157)		-0,0219 (0,0162)
Observaciones	200.168	200.168	200.168	200.168
Panel B: fuera del Semiárido				
	Ln. Portugués	Ln. Portugués	Ln. Matemáticas	Ln. Matemáticas
Sequía en el mes de la prueba	-0,00842 (0,0110)		-0,00626 (0,00846)	
Sequía en los últimos tres meses		-0,0122 (0,0123)		-0,00679 (0,00944)
Observaciones	262.781	262.781	262.781	262.781

Nota: Errores estándar entre paréntesis. Errores clusterizados a nivel municipal. Nivel de significancia: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$

TABLA 17: IMPACTOS CLIMÁTICOS DEL ÚLTIMO MES Y DE LOS ÚLTIMOS TRES MESES ANTERIORES A LA PRUEBA BRASIL EN EL DESEMPEÑO DE ALUMNOS DEL 5.º GRADO EN PORTUGUÉS Y MATEMÁTICAS EN EL 2017

Panel A: Semiárid				
	Ln. Portugués	Ln. Portugués	Ln. Matemáticas	Ln. Matemáticas
Sequía en el mes de la prueba	-0,0423*** (0,0136)		-0,0341*** (0,0115)	
Sequía en los últimos tres meses		-0,0668*** (0,0235)		-0,0468** (0,0188)
Observaciones	227.776	227.776	227.776	227.776
Panel B: fuera del Semiárido				
	Ln. Portugués	Ln. Portugués	Ln. Matemáticas	Ln. Matemáticas
Sequía en el mes de la prueba	-0,0207* (0,0125)		-0,0200* (0,0114)	
Sequía en los últimos tres meses		-0,00199 (0,0104)		-0,00575 (0,0107)
Observaciones	284.946	284.946	284.946	284.946

Nota: Errores estándar entre paréntesis. Errores clusterizados a nivel municipal. Nivel de significancia: \*  $p < 0,10$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,01$ . Ln: logaritmo.

Se espera que hoy, en relación con el siglo pasado, haya una mayor adaptación a las condiciones climáticas en la región Nordeste. Las tecnologías disponibles y los mecanismos de asistencia social hacen que esta población sea menos vulnerable que antiguamente. Evidentemente, aún hay muchas adversidades y, sumadas a un menor nivel de renta y, a menudo, a una baja calidad del sistema público de educación, pueden dificultar la mejora o incluso mantener el desempeño educativo en un momento de mayor dificultad, como son los períodos de sequía. Entre los años 2012 y 2016 hubo un largo período de sequía, y el 2012 fue el año de mayor reducción del volumen de lluvia respecto al promedio histórico. Lo que muestran las estimaciones realizadas son evidencias de que esta sequía ha tenido impactos negativos en el desempeño educativo de niños y jóvenes tanto en la enseñanza primaria como en la secundaria, en curso o ya terminada.



# 5. Discusión y conclusión

El objetivo de este estudio fue analizar los impactos de los eventos climáticos extremos en los niños, adolescentes y jóvenes. En este sentido, se construyó una base de datos que abarca aspectos de pluviosidad y temperatura, así como de salud y educación, usando análisis descriptivos y econométricos para medir estos impactos.

Como se pudo observar, los choques climáticos y la ausencia de pluviosidad están asociados a peores indicadores de salud y educación. Más concretamente, la incidencia de sequías provoca un aumento de 1,8 puntos porcentuales en la mortalidad infantil, de 34 puntos porcentuales en el índice de niños nacidos prematuramente y de 6,8 puntos porcentuales en el índice de niños nacidos con bajo peso. Las sequías también pueden dificultar el consumo de agua potable, así como la disponibilidad de agua para la higiene y la manipulación adecuada de los alimentos, por lo que se constató un aumento de 12 puntos porcentuales en la mortalidad por enfermedades infecciosas y de 14,7 puntos porcentuales en la probabilidad de mortalidad por diarrea.

Además, se constataron efectos expresivos de la sequía en el desempeño educativo. Cuando se hizo el análisis a partir de los datos de decretos de situación emergencia, se comprobó un impacto de la incidencia de sequías del -1,5 % al -3 % en las calificaciones de matemáticas, y del -1 % al -2 % en las calificaciones de portugués de los niños del 5.º grado de la enseñanza primaria. Por otra parte, cuando el análisis empleó una metodología similar a la de los impactos en la salud, se observó un impacto de la inciden-



cia de sequía en la reducción de las calificaciones en matemáticas y portugués en la Prueba Brasil con una magnitud de hasta el -4,7 % y el -6,7 %, respectivamente.

Los hallazgos de esta investigación corroboran las evidencias nacionales e internacionales de los impactos del clima y, específicamente, de las sequías en la población. Cabe resaltar que, como planteamos en la introducción, las evidencias aquí presentadas pueden intensificarse en los próximos años con los cambios climáticos que afectarán los estándares de pluviosidad y la temperatura en todo el mundo. Además, se pudo observar que la población de la región Nordeste que vive en el Semiárido se ve afectada con mucha más intensidad por los impactos climáticos que el resto de la población como un todo.

Las formas en que la falta de lluvia y la sequía afectan a los niños, adolescentes y jóvenes son diversas. En primer lugar, la falta de agua dificulta la higiene, la hidratación adecuada y el manejo y la producción de alimentos, lo que afecta directamente la salud de las embarazadas, ocasionando problemas en el nacimiento y desarrollo de los niños. En segundo lugar, el menor consumo y absorción de nutrientes y la falta de una dieta equilibrada perjudican el desarrollo cognitivo de los niños, adolescentes y jóvenes, lo que implica dificultades de aprendizaje. En tercer lugar, la escasez de agua y las altas temperaturas se asocian con una mayor prevalencia de enfermedades infecciosas y parasitarias. Y, por último, la escasez de agua reduce el tiempo disponible de las familias, lo que puede llevar a que muchos niños se vean obligados a ayudar en su trabajo diario, lo que afecta directamente su salud y reduce el tiempo dedicado a las actividades educativas.

En este sentido, para combatir los impactos de la sequía, se hace necesario diseñar políticas públi-

cas que ayuden a la población de las regiones más afectadas a captar el agua y a almacenarla adecuadamente, como la provisión de carros cisterna, la construcción de cisternas y la transposición de los ríos. Sin embargo, estas políticas per se no garantizan la superación de los choques climáticos. Por lo tanto, deben ir acompañadas de políticas estructurantes de convivencia con el Semiárido y que garanticen a la población el acceso a servicios básicos de salud, renta y educación de calidad.

Los gobiernos locales y los legisladores deben estar preparados para construir juntos políticas que apoyen la financiación del capital, el desarrollo y la difusión de tecnologías, la colaboración y la coordinación de conocimientos y fortalecimiento de los liderazgos locales. De esta manera, la sociedad podrá desarrollar formas de mitigar los efectos de las sequías y el cambio climático en las condiciones de salud y educación. Las autoridades de la salud pública local desempeñan un papel esencial de preparar a la población en lo que se refiere a la resiliencia y reducción de la vulnerabilidad a los impactos que la salud sufrirá debido al cambio climático y a los períodos prolongados de sequía.

### **5.1. CÓMO SE RELACIONAN ESTOS RESULTADOS CON EL ESTUDIO DE MACHADO FILHO ET AL. (2016): “CAMBIO CLIMÁTICO Y LOS IMPACTOS EN LA AGRICULTURA FAMILIAR EN EL NORTE Y NORDESTE DE BRASIL”**

Ante el escenario presentado, el sector agrícola es uno de los más sensibles a las variaciones climáticas, sobre todo la agricultura familiar, que representa una gran parte de la producción agrícola en Brasil. Por lo tanto, el cambio climático

puede afectar tanto la producción agrícola nacional como la seguridad alimentaria de los pequeños agricultores, ya que la mayor parte de este grupo se encuentra en una situación de alta vulnerabilidad social y, por ello, sufre mucho debido a las variaciones climáticas.

Tales factores están directamente relacionados con los impactos negativos en la salud y educación que se encontraron en esta investigación, ya que la reducción de la renta familiar resultante de los impactos climáticos en la producción agrícola tiene efectos en la seguridad alimentaria, en las medidas de higiene y de saneamiento básico. En última instancia, esto puede tener mayores efectos en la mortalidad infantil, la desnutrición y el desempeño educativo de los niños y jóvenes.

Una vez que se encontraron evidencias de que la salud y la educación se ven afectadas negativamente durante los períodos de reducción crítica de los recursos hídricos, las previsiones de que en los próximos años habrá períodos de mayor variabilidad climática, sequías más frecuentes y temperaturas más altas hacen indispensables las medidas que traten de mitigar los probables efectos negativos como consecuencia de estos fenómenos climáticos.

En este sentido, Machado Filho *et al.* (2016) aportan algunas sugerencias sobre cómo contribuir para aumentar la resiliencia de los nordestinos respecto a las variaciones climáticas de su región, tales como programas de transferencia de renta, mejora de la calidad del sistema educativo e inversiones en investigación e infraestructura que pueden ayudar a aumentar la productividad y el acceso y aprovechamiento de los recursos hídricos. Además, se propone que haya una planificación del desarrollo rural más inclusiva, que contribuya a la seguridad alimentaria y a la generación de renta y empleo mediante el estímulo de la agricultura familiar.

### **5.2. RELACIÓN ENTRE LOS RESULTADOS ENCONTRADOS Y LAS POLÍTICAS DE PRIMERA INFANCIA**

En las últimas décadas, se desarrollaron diversos conceptos relacionados con el desarrollo infantil en investigaciones independientes de áreas como la economía, la neurociencia y la psicología. Su principal conclusión es que la arquitectura del cerebro y el proceso de formación de habilidades están influenciados por

la interacción entre la genética y la experiencia individual (Heckman, 2006). Más específicamente, según Unicef (2020), el desarrollo del cerebro requiere una buena nutrición, estimulación por medio del habla, el juego y actividades que promuevan el desarrollo, y la atención de los responsables. La importancia de las políticas de la primera infancia para el desarrollo infantil también fue reconocida por la revista especializada The Lancet en el 2016, cuando lanzó una edición dedicada al tema (The Lancet, 2016).

Unicef sostiene que los niños que estudian al menos un año de preescolar tienen más capacidad de desarrollar habilidades esenciales necesarias a un buen desempeño en la escuela y tienen menos probabilidades de repetir curso y de abandonar los estudios (UNICEF, 2017). Debido a estos factores, la ONU desarrolla políticas y

acciones centradas en cumplir la meta 4 de los Objetivos de Desarrollo Sustentable, a saber: garantizar una educación de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.

Así pues, teniendo en cuenta los resultados encontrados en este estudio, las políticas centradas en la primera infancia parecen tener aún más sentido en un contexto de alta vulnerabilidad social. El hecho de que la salud y la educación de los niños se vean altamente afectadas por la sequía indica que estas políticas son fundamentales para mitigar estos efectos, que pueden perdurar toda la vida y tener consecuencias en el empleo y la renta en el futuro, como sugieren los estudios para programas de la primera infancia realizados en los Estados Unidos (Heckman et al., 2013) y Jamaica (Gertler et al., 2014).

## Referencias

- AMAYA, M. G V. 2020. Chocs climatiques et capital humain: l'impact des désastres naturels de 2010 en Colombie sur les résultats académiques des étudiants. Cuad. Econ. [online]. vol.39, n.79, pp.303-328. ISSN 0121-4772
- ANDALÓN, M. et al. 2016. Weather Shocks and Health at Birth in Colombia. World Development. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.01.015>.
- ASA BRASIL. 2017. Articulaco do Semiárido Brasileiro. Disponible en: <http://www.asabrasil.org.br>.
- ASHRAFUZZAMAN M. D; FURINI, G. L. 2019. Climate change and human health linkages in the context of globalization: An overview from global to southwestern coastal region of Bangladesh. Environment International. p. 402-411.
- AUSTIN, S. E. et al. 2019. Enabling local public health adaptation to climate change. Social Science & Medicine. p. 236-244, Disponible en: <http://sisaps.saude.gov.br/sisvan/relatoriopublico/index>.
- AWANGE, J. et al. 2016. When every drop counts: analysis of droughts in Brazil for the 1901-2013 period. Science of the Total Environment. p. 1-17.
- BJÖRKMAN-NYQVIST, M. 2013. "Income Shocks and Gender Gap in education: Evidence from Uganda." Journal of Development Economics, 105: 237-253.
- BRANCO, D., & FERES, J. 2018. Weather Shocks and Labor Allocation: Evidence from Northeastern Brazil. Conference Paper, International Association of Agricultural Economists (IAAE), 2018 Conference, July 28-August 2, 2018, Vancouver, British Columbia.
- BRASIL. 2018. Ministério da Saúde. Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde. Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional (Sisvan-Web) [Internet].
- BRASIL. 2011; Ministério da Saúde. Orientações para a coleta e análise de dados antropométricos em serviços de saúde: Norma Técnica do Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional. Ministério da Saúde: Brasília.
- BRASIL. 2017. Ministério da Saúde. Manual Operacional para uso do Sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional: Sisvan Versão 3.0. Ministério da Saúde: Brasília.
- CARRILLO, B. 2017. Early Rainfall Shocks and Later-Life Outcomes: Evidence from Colombia. World Bank Econ. Rev.
- CISSÉ, G. 2019. Food-borne and water-borne diseases under climate change in low-and middle-income countries: further efforts needed for reducing environmental health exposure risks. Acta Tropica. p. 1-15.
- CRED/UNISDR (Centre for Research on the Epidemiology of Disaster/United Nations Office for Disaster Risk Reduction). 2015. The Human

- Cost of Weather Related Disasters 1995-2015. Geneva/Brussels, CRED/UNISDR. [www.unisdr.org/we/inform/publications/46796](http://www.unisdr.org/we/inform/publications/46796).
- CUNHA, A. P. M. A., ALVALÁ, R. C. S., NOBRE, C. A., CARVALHO, M. A. 2015. Monitoring vegetative drought dynamics in the Brazilian Semiarid Region. *Agric. For. Meteorol.* (214): 494-505.
- DA MATA, D; RESENDE G. 2020. Changing the Climate for Banking: The Economic Effects of Credit in a Climate-Vulnerable Area. *Journal of Development Economics*, Accepted.
- DESCHÊNES, O.; GREENSTONE M. 2011. "Climate Change, Mortality, and Adaptation: Evidence from Annual Fluctuations in Weather in the US." *American Economic Journal: Applied Economics*, 3 (4): 152-85.
- Gertler, P.; Heckman, J.; Pinto, R.; Zanolini, A.; Vermeersch, C.; Walker, S.; Chang, S. M. & Grantham-McGregor, S. Labor market returns to an early childhood stimulation intervention in Jamaica. *Science*, American Association for the Advancement of Science, 2014.
- Heckman, J.; "Skill Formation and the Economics of Investing in Disadvantaged children," *Science*, 312 (5782): 1900-1902. 2006.
- Heckman, James, Rodrigo Pinto, and Peter A. Savelyev. "Understanding the Mechanisms through Which an Influential Early Childhood Program Boosted Adult Outcomes." *American Economic review*. 2013.
- HIDALGO, F. D. NAIDU, S. NICTER, S. RICHARDSON, N. 2010. Economic Determinants of Land Invasions, *The Review of Economics and Statistics*, 92, issue 3, p. 505-523.
- KIM, N. 2010. Impact of Extreme Climate Events on Educational Attainment: Evidence from Cross-Section Data and Welfare Projection. In book: *Risk, Shocks, and Human Development*, pp.185-206.
- KROL, M. S.; BRONSTERT, A. 2007. Regional integrated modelling of climate change impacts on natural resources and usage in semi-arid Northeast Brazil. *Environmental Modelling & Software*. p. 259-268.
- LEMOS, M. C. et al. 2016. Linking development to climate adaptation: leveraging generic and specific capacities to reduce vulnerability to drought in NE Brazil. *Global Environmental Change*. p. 170-179.
- Maccini, S., and D. Yang. 2009. "Under the Weather: Health, Schooling, and Economic Consequences of Early-Life Rainfall." *American Economic Review* 99 (3): 1006-26.
- OCDE. 2012. *OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction*. Paris, OECD Publishing. [www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264122246-en.pdf?expires=1576513787&id=id&accname=ocid177643&checksum=E5D1E6D-4DB78962941DAA08F2B58D805](http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264122246-en.pdf?expires=1576513787&id=id&accname=ocid177643&checksum=E5D1E6D-4DB78962941DAA08F2B58D805).
- OLIVEIRA, J., PALIALOL, B., & PEREDA, P. 2019. Do weather shocks affect wages in the non-agriculture sectors in Brazil? Evidence from employer-employee longitudinal data. Working Paper. [Under Review, *Environment and Development Economics*]
- ROCHA, R. SOARES, R. R. 2015. "Water scarcity and birth outcomes in the Brazilian semiarid," *Journal of Development Economics*, Elsevier, vol. 112(C), pages 72-91.
- SCHEWE, J. HEINK, J. GERTEN, D. et al. 2014. Multimodel assessment of water scarcity under climate change. *Proc Natl Acad Sci USA*; 111: 3245-3250
- SHAH, M. AND STEINBERG, B.M. 2013. 'Drought of opportunities: contemporaneous and long term impacts of rainfall shocks on human capital', Working Paper No. 19140, NBER, Disponible en: <http://www.nber.org/papers/w19140> (last accessed 05 September 2013).
- THAI T.Q. FALARIS E.M. 2014. Child schooling, child health, and rainfall shocks: Evidence from rural Vietnam. *J Dev Stud* 50(7):1025-1037
- The Lancet. *Advancing Early Childhood Development: from science to scale*. 2016.
- THE LANCET. 2018. *Lancet countdown 2018 report*. Disponible en: < <https://storage.googleapis.com/lancet-countdown/2019/10/2018-lancet-countdown-policy-brief-brazil.pdf>>. p. 1-18.
- UDMALE, P. et al. 2014. Farmers' perception of drought impacts, local adaptation and administrative mitigation measures in Maharashtra State, India. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. p. 250-269.
- UNICEF. *Early Childhood development*. 2020. <https://www.unicef.org/early-childhood-development>
- UNICEF. *Early Moments Matter for Every Child*. 2017.
- UZÊDA, J. C. O. RIBEIRO-SILVA, R. C. SILVA, N. D. J. FIACCONE, R. L. MALTA, D. C. ORTELAN, N. et al. 2019. Factors associated with the double burden of malnutrition among adolescents, National Adolescent School-Based Health Survey (PENSE 2009 and 2015). *PLoS ONE* 14(6): e0218566. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218566>
- WHO. 2019. *Safer Water, Better Health: Costs, Benefits and Sustainability of Interventions to Protect and Promote Health*. Geneva, WHO.
- [apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43840/9789241596435\\_eng.pdf?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43840/9789241596435_eng.pdf?sequence=1).
- World Health Organization. *WHO Child Growth Standards: Length/height-for-age, weight-for-age, weight-for-length, weight-for-height and body mass index-for age: methods and development*. World Health Organization: Geneva, 2006.
- WRI (World Resources Institute). 2019. *WRI Aqueduct website*. [www.wri.org/aqueduct](http://www.wri.org/aqueduct)

# Lista de abreviaturas y siglas

CIE	Clasificación Internacional de Enfermedades
Cidacs	Centro de Integración de Datos en Salud
CRED	Centre for Research on the Epidemiology of Disaster
Datusus	Departamento de Informática del Sistema Único de Salud
Enem	Examen Nacional de la Enseñanza Media
Fida	Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola
Fiocruz	Fundación Oswaldo Cruz
IBGE	Instituto Brasileño de Geografía y Estadística
IMC	Índice de masa corporal
Inep	Instituto Nacional de Estudios e Investigaciones Educativas Anísio Teixeira
ME	Ministerio de la Economía
OCDE	Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PIA	Población en Edad Activa
Rais	Registro Anual de Información Social
S2ID	Sistema Integrado de Información sobre Desastres
Sedec	Secretaría Nacional de Protección y Defensa Civil
SIHSUS	Sistema de Información Hospitalaria del Sistema Único de Salud
SIM	Sistema de Información sobre Mortalidad
Sinasc	Sistema de Información de Nacidos Vivos
Sisvan	Sistema de Vigilancia Alimentaria y Nutricional
Sudene	Superintendencia del Desarrollo del Nordeste
SUS	Sistema Único de Salud
UFBA	Universidad Federal de Bahía
Unesco	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
Unicef	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia
UNISDR	United Nations Office for Disaster Risk Reduction
WDI	World Development Indicators
WHO	World Health Organization
WWDR	World Water Development Report

# Lista de ilustraciones

## FIGURAS

Figura 1: Mapa del Semiárido en la región Nordeste	12
Figura 2: Modelo lógico del impacto de la sequía	14
Figura 3: Variaciones de temperatura ocasionadas por los cambios climáticos	15
Figura 4: Estrés hídrico (demanda – oferta)	16
Figura 5: Índice de severidad de la sequía de Palmer	16
Figura 6: Precipitación a lo largo del tiempo en el Nordeste	28
Figura 7: Distribución de municipios por nivel de pluviosidad	29
Figura 8: Precipitación media mensual (1995-2017)	30
Figura 9: Índice de pluviosidad de la región Nordeste mensual (año 2000)	31
Figura 10: Índice de temperatura de la región Nordeste mensual (año 2000)	32
Figura 11: Índice de mortalidad infantil anual	33
Figura 12: Índice de mortalidad infantil mensual	34
Figura 13: Índice de mortalidad infantil por municipio en el 2000 (izquierda) y el 2017 (derecha)	34
Figura 14: Índice de mortalidad fetal por municipio en el 2000 (izquierda) y el 2017 (derecha)	35

## CUADROS

Cuadro 1: Potenciales impactos de la sequía	13
---	----

## TABLAS

Tabla 1: Impactos climáticos de los últimos 12 meses en los desenlaces de salud de niños entre 0 y 1 año de edad	40
Tabla 2: Impactos climáticos de los últimos tres meses en los desenlaces de salud de niños entre 0 y 1 año de edad	41
Tabla 3: Impactos climáticos de los últimos 12 meses en la mortalidad entre 0 y 1 año de edad por causas específicas	42
Tabla 4: Impactos climáticos de los últimos tres meses en la mortalidad entre 0 y 1 año de edad por causas específicas	42
Tabla 5: Impactos climáticos en la mortalidad por diarrea en niños entre 0 y 1 año de edad	43
Tabla 6: Impactos climáticos en los indicadores nutricionales	43
Tabla 7: Impacto de la sequía en el desempeño en matemáticas en el 5.º grado	46
Tabla 8: Impacto de la sequía en el desempeño en portugués en el 5.º grado	46
Tabla 9: Impacto de la sequía en el desempeño en matemáticas en el 5.º grado (2013-2015)	47
Tabla 10: Impacto de la sequía en el desempeño en portugués en el 5.º grado (2013-2015)	47
Tabla 11: Impacto de la sequía en el desempeño en el Enem (2010-2018)	48
Tabla 12: Impacto de la sequía en el desempeño en el Enem – efecto en el 2013 (2010-2018)	48
Tabla 13: Impacto de la sequía en el desempeño en el Enem (2012-2016)	49
Tabla 14: Impacto de la sequía en el desempeño en el Enem con la inclusión de nuevos controles (2012-2016)	49