

I N S T I T U T O D E E C O N O M Í A



MAGÍSTER en ECONOMÍA

**2019**

Efectos de la variabilidad climática sobre el desarrollo infantil de la zona rural  
de Guatemala

**Josue Pérez Ruiz.**

[www.economia.uc.cl](http://www.economia.uc.cl)



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE**  
**INSTITUTO DE ECONOMIA**  
**MAGISTER EN ECONOMIA**

**TESIS DE GRADO**  
**MAGISTER EN ECONOMIA**

**Pérez, Ruiz, Josue Raul**

**Diciembre, 2019**



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DE CHILE  
INSTITUTO DE ECONOMIA  
MAGISTER EN ECONOMIA**

**Efectos de la variabilidad climática sobre el  
desarrollo infantil de la zona rural de Guatemala**

**Josue Raul Pérez Ruiz**

Comisión

Alejandra Traferri  
Tomás Rau

**Santiago, diciembre de 2019**

# Efectos de la variabilidad climática sobre el desarrollo infantil de la zona rural de Guatemala

Josue Raul Pérez Ruiz<sup>\*</sup>

Diciembre, 2019

## Resumen

En esta investigación se presentan los efectos que la variabilidad climática tiene sobre la altura para la edad de infantes nacidos entre los años de 1986 y 1998 en la zona rural de Guatemala. Para esto se aprovecha la variación geográfica y temporal generada por la oscilación interoceánica del Niño sobre la precipitación de dichos años, de manera que se tienen infantes expuestos a inundaciones o sequías en las distintas etapas de su desarrollo. Se encuentra un efecto negativo ante la exposición de inundaciones durante el embarazo, con especial énfasis si ocurren en el primer trimestre de la gestación, pero no se encuentra efecto alguno ante la presencia de inundaciones en los primeros dos años de vida o ante la presencia de sequías en cualquiera de estos casos. A su vez, la investigación presenta la primera evidencia de como este efecto se produce de manera heterogénea según la actividad económica del hogar y los activos que poseen. Adicionalmente, sugiere que esto se debe a pérdidas en el rendimiento de los principales productos agrícolas del país.

---

<sup>\*</sup>La tesis fue escrita en la comisión de Microeconomía del Seminario de Tesis de Magíster, del Instituto de Economía de la Pontificia Universidad Católica de Chile, bajo la dirección de Tomás Rau y Alejandra Traferri, a quienes quiero agradecer por sus valiosos comentarios y dedicación. Asimismo, quiero agradecer a mis padres, familia y amigos que me acompañaron en este proceso. Sin embargo, todos los errores u omisiones son de mi exclusiva responsabilidad. Correo de contacto: jrperez1@uc.cl.

# 1. Introducción

Estudios epidemiológicos (Barker, 1990) y nutricionales (Habicht y Martorell, 1992) han sugerido que el ambiente en que se desarrollan los primeros mil días de vida de una persona, 270 de gestación y 730 como infante, puede tener efectos no solo sobre los resultados al nacer, sino que también podría afectar su salud de largo plazo y potencialmente limitar su formación de capital humano. Asimismo, estos sugieren que dichos acontecimientos cobran mayor importancia en países con altas tasas de pobreza, amplias deficiencias en sus sistemas de salud y en aquellos en donde el acceso a la alimentación está lejos de ser asegurado (Walker, Wachs, Gardner, y cols., 2007).

De manera reciente el cambio climático ha empezado a ser considerado, dentro del ámbito político, como uno de los eventos que mayor daño podría tener sobre las generaciones futuras (Currie y Deschênes, 2016). Estudios en Nigeria (Rabassa, Skoufias, y Jacoby, 2014), México (Aguilar y Vicarelli, 2018) y Ecuador (Rosales-Rueda, 2018) han confirmado el deterioro que estas alteraciones climáticas podrían tener sobre medidas de salud. Dichos estudios aprovechan cambios sustanciales en los patrones de lluvia y encuentran que inundaciones durante el embarazo tienen efectos negativos de largo plazo en la altura<sup>1</sup> y efectos de corto plazo en el peso<sup>2</sup>. Adicionalmente, Rosales-Rueda (2018) encuentra que estos eventos son especialmente dañinos si ocurren en el tercer trimestre del embarazo. Dichos estudios han postulado que sus resultados provienen de cambios en el ingreso<sup>3</sup>, reducción en inversiones de salud para los infantes<sup>4</sup> y cambios en el consumo dietario<sup>5</sup>.

Dentro de los países sugeridos por Walker y cols. (2007), Guatemala figura como uno de los más vulnerables ante el cambio climático (Melo, 2019), debido a su posición geográfica y su morfología territorial que lo hacen sensible a inundaciones y sequías. Inclemencias que en las últimas tres décadas se han visto exacerbadas por la oscilación interoceánica del Niño, la cual, altera de manera impredecible la época lluviosa del país ya sea adelantándola, prolongando la canícula o aumentando la precipitación total (Fuentes, Bautista, Argueta, Garavito, y Herrera, 2002). De forma que, el sector agrícola al depender de esta se ve afectado, limitando así la principal fuente de alimentos e ingresos para miles de familias. Dicha fragilidad se ha visto reflejada en los pobres resultados de salud de largo plazo que la zona rural del país ha presentado en estas décadas, posicionando a Guatemala como el país con mayor desnutrición crónica en el hemisferio occidental y el quinto a nivel mundial (Delgado, 2010).

---

<sup>1</sup>Los artículos de Rosales-Rueda (2018) y, Rabassa y cols. (2014) encuentran el efecto sobre la altura para la edad, mientras que Aguilar y Vicarelli (2018) lo encuentra sobre la altura, medida en centímetros y desnutrición crónica.

<sup>2</sup>Rabassa y cols. (2014) encuentran un efecto sobre el peso para la edad, mientras que Aguilar y Vicarelli (2018) lo encuentran sobre el peso medido en libras.

<sup>3</sup>Por su parte Rosales-Rueda (2018) no logra diferenciar por tipo de ingreso, mientras que Aguilar y Vicarelli (2018) muestran que existen cambios en el ingreso del hogar y en el ingreso de la agricultura.

<sup>4</sup>Rosales-Rueda (2018) lo mide a través de cambios en amamantamiento, mientras que Aguilar y Vicarelli (2018) lo mide en gasto de medicamentos.

<sup>5</sup>Aguilar y Vicarelli (2018) argumentan que se realiza un cambio a alimentos más baratos, mientras que Rosales-Rueda (2018) muestra que el tamaño de las porciones cae.

El objetivo de la investigación está en estimar el efecto que tienen los eventos de la variabilidad climática (inundaciones y sequías), ocurridos en la ventana de los mil días, sobre la altura para la edad de niños nacidos en el área rural del país entre los años 1986 y 1998. La novedad de la investigación recae en investigar no solo los efectos que tienen los periodos de exceso de lluvias, como lo ha hecho la literatura previa, sino también los efectos que generan los periodos de aridez. Asimismo, la investigación busca profundizar en heterogeneidad explorada dentro de los hogares rurales, aprovechando la riqueza de los datos que combinan mediciones antropométricas con información agropecuaria de los hogares. De igual manera, el estudio logra cerrar dificultades que la literatura previa ha enfrentado al conocer el lugar de nacimiento de los infantes, contar con una muestra representativa a nivel nacional y utilizar información del clima más detallada. Además, se presenta a la reducción en los rendimientos agrícolas como potencial mecanismo y se muestra la primera evidencia en Centro América.

Para estimar el efecto se aprovecha la variación geográfica y temporal generada por el Niño-Oscilación del Sur (ENOS) sobre la precipitación pluvial del país y su posicionamiento en las distintas etapas del desarrollo infantil. De forma que, utilizando el índice de precipitación estandarizado se definen los meses de aridez e inundaciones, y se estiman los meses de exposición a estos eventos. De manera consistente con la literatura previa, a través de una forma reducida, se encuentra un efecto negativo derivado de la exposición a inundaciones durante los nueve meses del embarazo. De forma que un mes adicional de exposición reduce la altura en 0.21 (0.23) centímetros a la edad de 19 años en mujeres (hombres). Por otro lado, no se encuentra efecto alguno ante la exposición a inundaciones durante el primer y segundo año de vida, mientras que las sequías carecen de efecto alguno independiente de la etapa del desarrollo que se evalúa. Luego, al evaluar la heterogeneidad a nivel de trimestres del embarazo, a diferencia de Rosales-Rueda (2018), se encuentra que el efecto por la exposición a inundaciones proviene del primer trimestre y es menor al que ella presenta producto de la exposición en el tercero.

Además, al separar la muestra según la actividad económica del hogar, se encuentra que el efecto se da solo en aquellos dedicados a la agricultura a pequeña escala. Estos son hogares que adueñan microfincas con un área cultivable inferior a las 0.5 hectáreas; sin embargo, se encuentra evidencia de que este efecto podría persistir y crecer en hogares con terrenos de hasta 1.5 hectáreas. Adicionalmente, al separar las observaciones según la tenencia de la tierra se muestra que el efecto solo aparece en aquellos cuya propiedad se obtuvo previo al nacimiento del infante, mientras que en hogares donde la tenencia de la tierra se produjo posteriormente parecen verse beneficiados con una mayor altura. Por otro lado, al separar la muestra según la forma de obtención del terreno, el efecto negativo crece y se ve concentrado en hogares que obtuvieron su terreno por “métodos no tradicionales”<sup>6</sup>. Finalmente, con datos externos se sugiere que, durante los años del fenómeno del Niño, la productividad de los principales cultivos a pequeña escala del país (maíz, frijol y café) se vio afectada, con excepción del ajonjolí cuya caída fue nula.

---

<sup>6</sup>Aquí se engloban aquellos que lo recibieron por adjudicación, derecho posesorio, ocupación, concesión o por el Programa de la Paz.

La investigación se estructura de la siguiente forma: en la siguiente sección se describen el contexto del país y los datos; en la sección tres se detallan la estrategia empírica y las amenazas a la identificación; en la cuarta sección se presentan los principales resultados de la investigación y distintas pruebas de falsificación. A continuación, se evalúa la heterogeneidad dentro de los hogares rurales y se muestra el mecanismo que podría generar el resultado, para finalmente concluir en la sexta sección con conclusiones y recomendaciones.

## 2. Ambiente institucional y datos

### 2.1. Contexto climático e institucional

Guatemala se caracteriza por poseer únicamente dos estaciones climáticas a lo largo del año, una lluviosa (invierno) entre los meses de mayo y octubre, y otra seca (verano) entre noviembre y abril; siendo la primera de ellas interrumpida en el mes de julio por un breve periodo de canícula (Fuentes y cols., 2002). Sin embargo, dada la posición geográfica del país la época lluviosa puede verse afectada en duración e intensidad por tormentas tropicales, frentes climáticos, huracanes y la oscilación interoceánica del Niño.

Entre 1986 y 1998, los mayores cambios en los patrones pluviales fueron producto de la oscilación interoceánica del Niño-Oscilación Sur (ENOS)<sup>7</sup>. Esta, en su fase de calentamiento, denominada Niño, puede aumentar el periodo de la canícula, adelantar o retrasar el inicio de la época de lluvia o concentrar fuertes lluvias en pocos meses sobre el territorio guatemalteco, mientras que, en su fase de enfriamiento, denominada Niña, produce aumentos en la precipitación total. Dichos hechos estilizados solo fueron reconocidos por el gobierno hasta el inicio del nuevo milenio, de forma que programas de alerta temprana o que mitigaran los riesgos eran inexistentes en dichos años (Fuentes y cols., 2002).

Producto de la poca capacidad de mitigación de estos eventos, durante dicho periodo el consumo calórico diario se vio reducido en los años en que aconteció la oscilación interoceánica. En la figura 1 se observa la deficiencia calórica de la población guatemalteca entre los años 1980 y 2000. En ella se presenta la diferencia entre el consumo calórico diario de una persona respecto a la recomendación promedio de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 2300 kilocalorías diarias. Nótese que la deficiencia calórica se concentra en los años de 1982 a 1985 así como en el último lustro de la década de los noventa, periodos coincidentes con los fenómenos denominados como fuertes del ENSO (Changnon, 2000).

Durante ese mismo periodo de tiempo, Guatemala se encontraba en la etapa final de un conflicto armado interno que tuvo sus inicios en la década de los sesenta y se extendió por los siguientes veinte años (Immerman, 1980). El cual generó inestabilidad política y social, así como represión sobre la población de manera focalizada (Sabino, 2008), la cual solo se vio generalizada entre 1978 y 1983 (Mersky y Rodriguez, 1998). En ese último año fue derrocado

---

<sup>7</sup>El único huracán con mayor cercanía al país fue el huracán Mitch, que sobrepasó las costas de Honduras en el año 1998.

Ríos Montt y, se abrió la posibilidad de retornar a la democracia en 1985 y recuperar la paz en el país (Sabino, 2017).

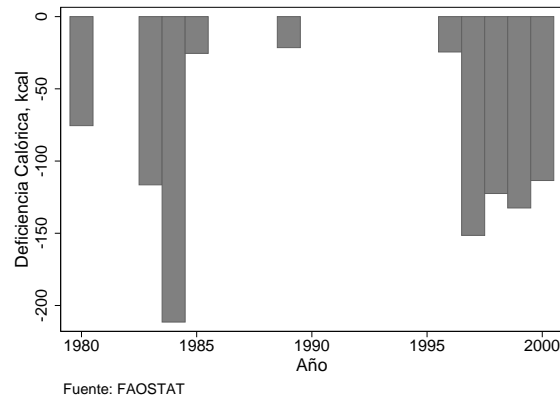


Figura 1: deficiencia calórica, 1980-2000.

Si bien la firma de los Acuerdos de Paz no llegaría hasta 1996, los movimientos guerrilleros y la influencia militar se vieron ampliamente reducidos producto de la nueva constitución, y los importantes avances en la búsqueda de la paz con los acuerdos de Esquipulas en 1986 y 1987 (Oliver, 1999). Por dicho motivo, el estudio aprovecha este plazo de relativa paz generado entre los años 1986 y 1998, en el cual la presencia estatal en el área rural era escasa, y no existían programas sociales enfocados en proveer seguridad alimentaria y apoyo a la agricultura (Brasil-FAO, 2013). Asimismo, el país experimentaba un crecimiento económico, si bien positivo, bastante limitado; evitando así la presencia de grandes eventos que podrían estar sesgando nuestros resultados y, generando mecanismos distintos a los expuestos más adelante.

## 2.2. Datos y evidencia preliminar

### 2.2.1. Datos de los infantes

Esta investigación utiliza datos de la Encuesta Nacional sobre Condiciones de Vida (ENCOVI) del año 2000, elaborada por el Instituto Nacional de Estadística de Guatemala. Esta es una encuesta multipropósito con representatividad nacional y regional, que reunió información socioeconómica y antropométrica de 7276 hogares entrevistados, de los cuales el 53 % se ubicaban en el área rural.

Dicha encuesta cuenta con la fecha y el lugar de nacimiento de cada una de las personas que conforman el hogar. De este último, adiciona una breve descripción de las características del lugar, lo que permite reconocer el área al que pertenece utilizando la definición del censo del año 2002 (INE, 2003). Por otro lado, la encuesta recaba información sobre la actividad económica del hogar y los activos que adueñan. Finalmente, la encuesta reúne datos antropométricos de todos los habitantes del hogar.



Tabla 1: estadísticas descriptivas infantes nacidos en el área rural.

	Rural total (1)	Agricultores (2)	No agricultores (3)	Diferencia (3-2)
<i>Panel A: características de los infantes</i>				
<i>Proporción de niñas</i>	0.501 (0.168)	0.496 (0.165)	0.513 (0.176)	0.016*** (0.004)
<i>Edad</i>	7.447 (3.672)	7.451 (3.657)	7.439 (3.710)	-0.011 (0.091)
<i>Se reconoce como ladino</i>	0.495 (0.500)	0.404 (0.490)	0.731 (0.443)	0.326*** (0.011)
<i>La madre está en el hogar</i>	0.938 (0.240)	0.946 (0.224)	0.917 (0.275)	-0.029*** (0.006)
<i>El padre está en el hogar</i>	0.825 (0.380)	0.864 (0.342)	0.720 (0.449)	-0.144*** (0.010)
<i>Altura para la edad (HAZ)</i>	-2.193 (1.270)	-2.332 (1.254)	-1.831 (1.240)	0.501*** (0.030)
<i>Número de infantes</i>	8197	5920	2277	
<i>Panel B: características de los hogares</i>				
<i>Edad habitantes del hogar</i>	19.740 (7.548)	19.819 (7.608)	19.567 (7.415)	-0.251 (0.297)
<i>Educación jefe de hogar</i>	2.863 (3.199)	2.445 (2.803)	3.801 (3.782)	1.355*** (0.141)
<i>Número de habitantes</i>	6.429 (2.383)	6.706 (2.379)	5.821 (2.277)	-0.884*** (0.091)
<i>Pobreza</i>	0.719 (0.449)	0.800 (0.399)	0.541 (0.498)	-0.259*** (0.018)
<i>Uso de leña</i>	0.959 (0.197)	0.995 (0.066)	0.880 (0.324)	-0.115*** (0.010)
<i>Número de dormitorios</i>	1.493 (0.763)	1.473 (0.720)	1.536 (0.849)	0.063* (0.032)
<i>Conectado a agua</i>	0.572 (0.494)	0.566 (0.495)	0.585 (0.492)	0.019 (0.019)
<i>Conectado a electricidad</i>	0.555 (0.496)	0.495 (0.500)	0.688 (0.463)	0.192*** (0.018)
<i>Conectado a drenajes</i>	0.094 (0.292)	0.052 (0.223)	0.186 (0.390)	0.134*** (0.013)
<i>Hectáreas destinadas al cultivo</i>	—	0.772 (3.179)	—	—
<i>Proporción de dueños del terreno</i>	—	0.719 (0.449)	—	—
<i>Años con el terreno</i>	—	15.737 (12.432)	—	—
<i>Herramientas pequeñas</i>	—	0.933 (0.249)	—	—
<i>Bomba de fumigación</i>	—	0.418 (0.493)	—	—
<i>Sistema de riego</i>	—	0.036 (0.187)	—	—
<i>Animales de trabajo</i>	—	0.114 (0.319)	—	—
<i>Silo para alimentos</i>	—	0.099 (0.299)	—	—
<i>Número de hogares</i>	2938	2018	920	

*Nota:* desviación estándar entre paréntesis. *Nivel de significancia:* \*\*\* $p < 0.01$ , \*\* $p < 0.05$ , \* $p < 0.1$ . *Fuente:* ENCOVI 2000.

Con la finalidad de hacer comparables los distintos grupos etarios, se estandarizaron los datos antropométricos siguiendo la recomendación de la OMS (Bamforth, 2019). De esta forma, se cuenta con información de los valores  $z$  de la altura para la edad (HAZ, por sus siglas en inglés). Adicionalmente, siguiendo dicha recomendación, se restringió la muestra solo a aquellos valores posibles, de forma que observaciones con valor absoluto superior a 6 en la altura para la edad no se incluyen en la muestra final<sup>8</sup> (Bamforth, 2019). La ventaja de usar información de la altura para la edad, sobre el peso para la edad o el índice de masa corporal reside en que esta permite evaluar la salud y el desarrollo de largo plazo de los individuos, debido a que la altura potencial se desarrolla en los primeros dos a tres años de vida (De Onis y Blossner, 1997).

En la tabla 1 se presentan estadísticas descriptivas de los infantes nacidos en el área rural, entre los años 1986 y 1998, así como de sus hogares. En la primera columna se toman en consideración todos aquellos nacidos en el área rural, mientras que en las siguientes se subdivide esta muestra por el tipo de actividad económica que realizaban sus hogares.

Nótese que independiente de la actividad económica, los hogares de la muestra se caracterizaban por poseer una población joven, con un número grande de habitantes por hogar, niveles bajos de educación y altos niveles de pobreza; patrones que solo se ven remarcados en la población dedicada a la agricultura. Adicionalmente, dichos hogares se caracterizaban por tener un acceso limitado a servicios básicos y a métodos adecuados de preparación de alimentos.

Por otro lado, dentro de los hogares dedicados a la agricultura cerca del 72 % era dueño de los terrenos que labraba, los cuales en promedio habían conseguido 15 años previo al año 2000. Dichos terrenos no superaban en promedio una hectárea de superficie y se trabajaban principalmente con herramientas pequeñas. Pocos hogares dentro de la muestra reportaban tener otros activos para trabajar la tierra. En promedio los hogares agrícolas reconocían con mayor frecuencia a sus hijos como indígenas, así como tenían en mayor proporción a ambos padres dentro del hogar. Sin embargo, en cualquier caso, siempre se reportaba menos veces la presencia del padre dentro del núcleo familiar.

Adicionalmente, es de notar que en promedio los infantes del área rural se encuentran con desnutrición crónica al sobrepasar el umbral de 2 desviaciones estándar sugerido por la OMS, lo que refleja en ellos efectos acumulados de una mala nutrición e infecciones desde la concepción, así como la presencia de pobres condiciones ambientales en los inicios de su vida (De Onis y cols., 2019). En la figura 2 se separan las distribuciones de los infantes para algunos años seleccionados y se compara con la muestra de todos aquellos nacidos en el área rural<sup>9</sup>. Nótese, en comparación con lo presentado en la figura 1, que durante los años en los que la deficiencia calórica aumenta la distribución se sesga a la izquierda de la distribución

---

<sup>8</sup>Dichas observaciones formaban cerca del 1.5 % de la muestra.

<sup>9</sup>Los gráficos individuales para cada uno de los años se encuentran en el Anexo 2, las distribuciones entre 1986 a 1989 reflejan el promedio de toda la muestra, luego entre los años de 1990 a 1993 esta se sesga ligeramente a la derecha, para finalmente en los años posteriores sesgarse a la izquierda.

rural de toda la muestra, mientras que en los años de correcta alimentación la altura de los niños aumenta.

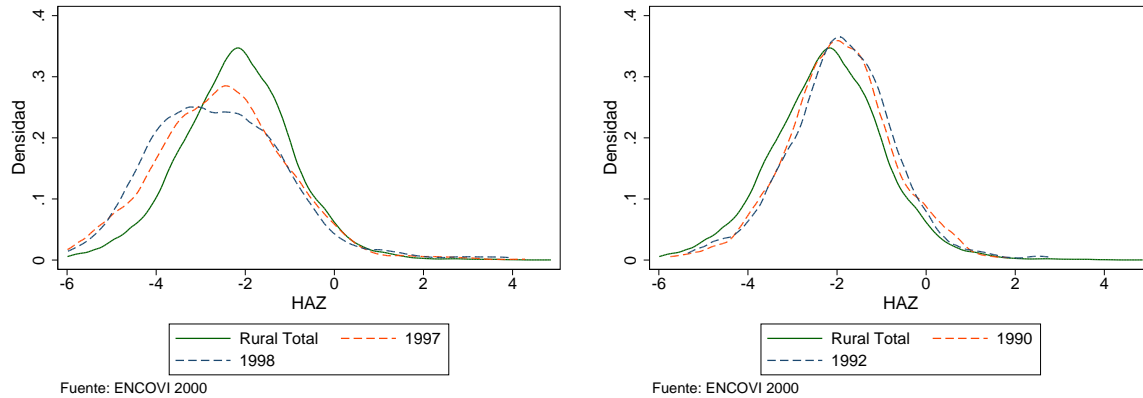


Figura 2: distribución altura para la edad, según año de nacimiento.

### 2.2.2. Datos climáticos

Para la información del clima se utilizan datos del reanálisis ERA5, elaborado por el Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Mediano Plazo (ECMWF), el cual cuenta con datos de la precipitación total mensual desde el año 1979 a la fecha. Este genera las series de tiempo para todo el planeta sobre una malla de resolución regular en la meteorología de 0.25 grados longitud por 0.25 grados latitud; equivalente a una grilla de 31 kilómetros por 31 kilómetros<sup>10</sup>. La calidad de sus reanálisis se encuentra monitoreada por la Organización Meteorológica Mundial de la ONU y constantemente se validan sus resultados frente a los demás centros de meteorología (OMM, s.f.). En la figura 3 se muestra la cuadrícula que el reanálisis genera sobre el territorio guatemalteco, de forma que se tienen 161 puntos de medición para 332 municipios que conformaban la división territorial al año 2000.

La elección de estos datos sobre los del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala (INSIVUMEH), así como sobre los de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) reside en la resolución y la calidad de sus datos<sup>11</sup>. Siguiendo los estándares de la Organización Mundial de Meteorología (Svoboda, Hayes, y Wood, 2012) y del INSIVUMEH (Fuentes y cols., 2002), definiremos un mes con inundaciones o sequías utilizando el índice de precipitación estandarizado. De forma que un municipio,  $m$ , experimentó inundaciones en el periodo  $t$  si la lluvia de dicho periodo es superior al promedio histórico estandarizado en al menos una desviación estándar, lo que se traduce en:

<sup>10</sup>En el Anexo 1 se encuentra la metodología con que se extrajeron e imputaron los datos.

<sup>11</sup>Por su parte, la red nacional cuenta con solo 46 estaciones meteorológicas, lo que hubiese implicado tener poca variabilidad entre municipios aledaños; de igual forma los datos de la NOAA cuentan con una resolución menor, generando una cuadrícula de 0.5 grados longitud por 0.5 grados latitud. Adicionalmente, los datos del INSIVUMEH están expuestos a múltiples valores faltantes por fallas del equipo y entradas en funcionamiento en distintos años, lo que hubiese dejado múltiples valores faltantes al momento de imputar los datos.

$$inundacion_{m,t} = \mathbb{1} \left\{ \frac{prec_{m,t} - \overline{prec_{m,mes}}}{\sigma_{m,mes}} \geq 1sd \right\}$$



Figura 3: cuadrícula regular sobre el territorio guatemalteco.

en donde la expresión al lado izquierdo de la desigualdad representa el índice de precipitación estandarizado del municipio  $m$ , el cual se compone de la precipitación en el mes de evaluación,  $prec_{m,t}$ , el promedio histórico asociado a dicho mes,  $\overline{prec_{m,mes}}$ , y su respectiva desviación estándar,  $\sigma_{m,mes}$ . De manera que la expresión toma el valor uno si el índice de precipitación estandarizado es superior a una desviación estándar. De forma análoga, se dice que el municipio  $m$  se vio afectado con sequías o aridez en el periodo  $t$  si la lluvia de dicho mes fue inferior al promedio histórico en al menos una desviación estándar, es decir:

$$aridez_{m,t} = \mathbb{1} \left\{ \frac{prec_{m,t} - \overline{prec_{m,mes}}}{\sigma_{m,mes}} \leq -1sd \right\}$$

por lo que la expresión tomará el valor de uno si es que el índice de precipitación estandarizado es inferior al negativo de una desviación estándar. Con el fin de exponer lo que en promedio se espera encontrar en los datos, en la figura 4 se muestra la serie de tiempo de la precipitación total mensual entre los años 1985 y 2000, en donde cada una de las “M” formadas refleja la época lluviosa del país. En particular, nótese que si dividimos el gráfico por lustros se puede observar que en el primero existió una ligera tendencia al alza, seguido de una caída en los niveles de lluvia en el siguiente periodo, en el cual la tendencia creciente desapareció. Finalmente, en los últimos cinco años la precipitación volvió a aumentar y a

variar sin tendencia específica. Por ende, se espera que los periodos de sequía se encuentren en promedio en los años 1986, 1991 y 1994, mientras que los periodos de inundaciones se encuentren en los años 1989, 1995 y 1998.

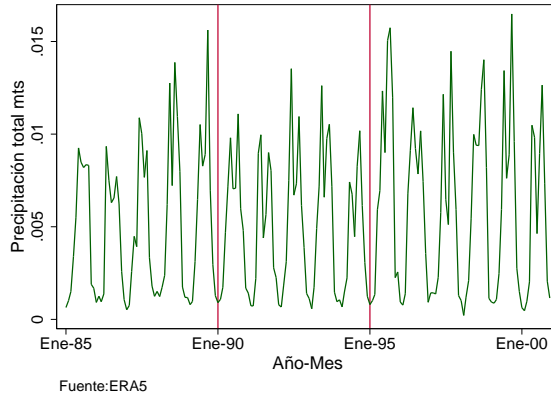


Figura 4: precipitación total mensual a nivel país.

### 3. Estrategia empírica

Con el fin de estimar el efecto que tienen los cambios meteorológicos en el desarrollo infantil, la investigación aprovecha la variación geográfica y temporal generada por el Niño-Oscilación del Sur (ENOS) sobre la precipitación. Si bien sus dos fases, el Niño y la Niña, son recurrentes, ellos acontecen a intervalos irregulares con intensidad y longitud desconocida, haciéndolos difíciles de predecir de manera ex ante (Glantz y cols. (2001) y Kovats, Bouma, Hajat, Worrall, y Haines (2003)).

Debido a que no se observan directamente los cambios económicos y alimentarios experimentados por el infante, se tienen como variable latente. Sin embargo, se conoce que dichas alteraciones climáticas pueden afectar la producción de alimentos en los hogares rurales del país, lo que a su vez se traduce en cambios sobre el ingreso real de los hogares y sobre la disponibilidad alimentaria. De manera que, siguiendo a Rosales-Rueda (2018), es posible estimar el efecto a través de la siguiente forma reducida:

$$HAZ_{i,m,t} = \alpha + \gamma_0 lluvia9_{i,m,t} + \gamma_1 lluvia1_{i,m,t} + \gamma_2 lluvia2_{i,m,t} + \delta_0 sequia9_{i,m,t} + \delta_1 sequia1_{i,m,t} + \delta_2 sequia2_{i,m,t} + \beta X_{i,m} + \eta_m + \theta_t + \epsilon_{i,m,t}$$

donde  $HAZ_{i,m,t}$  es la altura para la edad estandarizada del individuo  $i$ , nacido en el municipio  $m$  y la cohorte  $t$ . Por su parte,  $lluvia9$ ,  $lluvia1$ ,  $lluvia2$ ,  $sequia9$ ,  $sequia1$  y  $sequia2$  representan la variación a aprovechar, la cual viene dada por el número de meses que durante el embarazo y sus primeros dos años de vida se vio expuesto a excesos de lluvia o sequías. De manera que los meses de exposición a inundaciones durante los nueve meses del embarazo vienen dados por:

$$lluvia9_{i,m,t} = \sum_{j=nac_i-9}^{nac_i} inundacion_{m,j}$$

en la cual  $lluvia9_{i,m,t}$  es el número de meses, que desde la concepción hasta el nacimiento del infante,  $nac_i$ , en el municipio de nacimiento,  $m$ , se experimentaron inundaciones. De manera análoga tendremos que  $lluvia1_{i,m,t}$  es el número de meses, que desde el nacimiento del niño hasta su primer año de vida, en su municipio de origen se experimentaron inundaciones; mientras que  $lluvia2_{i,m,t}$  representa el número de meses que desde el primer año de vida hasta su segundo cumpleaños, en su municipio de origen se experimentaron excesos de lluvia. Ello que se traduce en:

$$lluvia1_{i,m,t} = \sum_{j=nac_i}^{nac_i+12} inundacion_{m,j} \quad lluvia2_{i,m,t} = \sum_{j=nac_i+12}^{nac_i+24} inundacion_{m,j}$$

de manera análoga,  $sequia9_{i,m,t}$  representa el número de meses que desde su concepción hasta su nacimiento, el feto se vio expuesto a periodos de aridez o sequía. A su vez,  $sequia1_{i,m,t}$  y  $sequia2_{i,m,t}$  representan el número de meses que en su primer y segundo año de vida respectivamente, el infante se vio expuesto a periodos con falta de lluvia. Los cuales se traducen en:

$$sequia9_{i,m,t} = \sum_{j=nac_i-9}^{nac_i} aridez_{m,j} \quad sequia1_{i,m,t} = \sum_{j=nac_i}^{nac_i+12} aridez_{m,j}$$

$$sequia2_{i,m,t} = \sum_{j=nac_i+12}^{nac_i+24} aridez_{m,j}$$

A continuación,  $X_{i,m}$  representa un conjunto de variables aleatorias propias de los infantes y su hogar, en donde se incluyen su sexo, su mes de nacimiento, su edad, su identificación con un grupo étnico, el orden de nacimiento, la presencia de cada uno de sus padres en el hogar y su nivel educacional. Adicionalmente, se tienen características del hogar como lo son el número de habitantes del hogar y su edad promedio, la conexión a agua entubada, electricidad, drenajes, el método con el que se cocinan los alimentos y el nivel de pobreza.

Se incluyen efectos fijos de municipalidad de nacimiento  $\eta_m$  con la finalidad de capturar la heterogeneidad inobservable del lugar de origen de los individuos que permanece en el tiempo, mientras que los efectos fijos cohorte  $\theta_t$  capturan la heterogeneidad generada por el año de nacimiento. Finalmente,  $\epsilon_{i,m,t}$  es un error aleatorio que se agrupa a nivel de municipalidad de nacimiento permitiendo así solo correlación entre los nacimientos del mismo municipio.

De forma que la especificación compara infantes expuestos a inundaciones o sequías, con aquellos que no experimentaron ninguno de estos eventos. Luego, en nuestra estimación los parámetros de interés vienen dados por  $\gamma_0$ ,  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$ ,  $\delta_0$ ,  $\delta_1$  y  $\delta_2$ , cuya interpretación es el efecto que un mes de exposición adicional a lluvias excesivas o sequías tiene sobre la altura para la

edad estandarizada. Dicha estimación descansa bajo el supuesto de exogeneidad de la variación, es decir, que los meses de exposición en su municipio de nacimiento no correlacionen con el término del error;  $\mathbb{E}[X'\epsilon] = 0$ .

Producto de lo encontrado por nuestra especificación principal, presentado en la siguiente sección, se evalúa a su vez la heterogeneidad a nivel de trimestres del embarazo, con la finalidad de encontrar el trimestre en el que se genera el efecto. Para esto se estima la siguiente ecuación:

$$HAZ_{i,m,t} = \alpha + \lambda_0 trim1_{i,m,t} + \lambda_1 trim2_{i,m,t} + \lambda_2 trim3_{i,m,t} + \beta X_{i,m} + \eta_m + \theta_t + \epsilon_{i,m,t}$$

en la que *trim1* mide el número de meses en los que dentro del primer trimestre del embarazo el feto se vio expuesto a inundaciones en su municipalidad de nacimiento; de forma similar, *trim2* y *trim3* representan el número de meses en los que, durante el segundo y el tercer trimestre, el feto experimentó en su hogar excesos de lluvia. Estos matemáticamente se expresan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} trim1_{i,m,t} &= \sum_{j=nac_i-9}^{nac_i-6} inundacion_{m,j} & trim2_{i,m,t} &= \sum_{j=nac_i-6}^{nac_i-3} inundacion_{m,j} \\ trim3_{i,m,t} &= \sum_{j=nac_i-3}^{nac_i} inundacion_{m,j} \end{aligned}$$

Siguiendo con lo implementado en la especificación original,  $X_{i,m}$  representa un conjunto de variables aleatorias propias de los infantes y su hogar,  $\eta_m$  representa efectos fijos de la municipalidad de nacimiento,  $\theta_t$  son efectos fijos del año de nacimiento, mientras que  $\epsilon_{i,m,t}$  es un error aleatorio que se agrupa a nivel de municipalidad de nacimiento.

### 3.1. Amenazas a la identificación

Dado que el estudio abarca un periodo extendido, la muestra con la que se trabaja podría no ser representativa de la composición original o podría verse afectada producto del tratamiento. De forma que en los siguientes apartados se evalúan las distintas fuentes de selectividad en la muestra y como éstas podrían sesgar los resultados.

#### 3.1.1. Selectividad del mes de nacimiento

Entre las fuentes de selectividad se encuentra la capacidad que tienen las mujeres de seleccionar el mes de nacimiento de sus hijas e hijos, ya sea previo a la gestación, con el uso de anticonceptivos o abstención, o en los meses finales del embarazo, a través de asistencia médica para atrasar o adelantar la labor de parto. El que se modifique el mes de nacimiento es de importancia en cuanto los padres de familia podrían planificar y anticiparse a las épocas agrícolas, llevando a cabo el proceso de gestación en condiciones económicas y climáticas favorables. Potencialmente esto limitaría el número de infantes expuestos a la variabilidad

climática; sin embargo, estos no son los patrones observados en la muestra.

Aunque la disponibilidad de anticonceptivos en el área rural existía, su uso era bastante limitado. Según la ENCOVI al año 2000, el 57.65 % de las mujeres que vivían en el área rural reportaba no conocer métodos para evitar el embarazo, mientras que el resto de las mujeres reconocía el uso de métodos con baja eficacia. Adicionalmente, el área rural guatemalteca se caracteriza por la fuerte presencia de parteras o comadronas mayas que apoyan durante todo el proceso del embarazo. Si bien algunas de ellas han empezado una doble formación, ancestral y biomédica, sus capacidades médicas aún son básicas y su uso de instrumental especializado es limitado. Dentro de nuestra muestra el 46.14 % de mujeres reportaba haber realizado su control, en su último embarazo, con una de ellas. El cual se llevaba a cabo en el hogar de la mujer embarazada. Dichas observaciones hacen poco factible el correcto control del embarazo y la posibilidad de alterar el mes de nacimiento del infante premeditadamente.

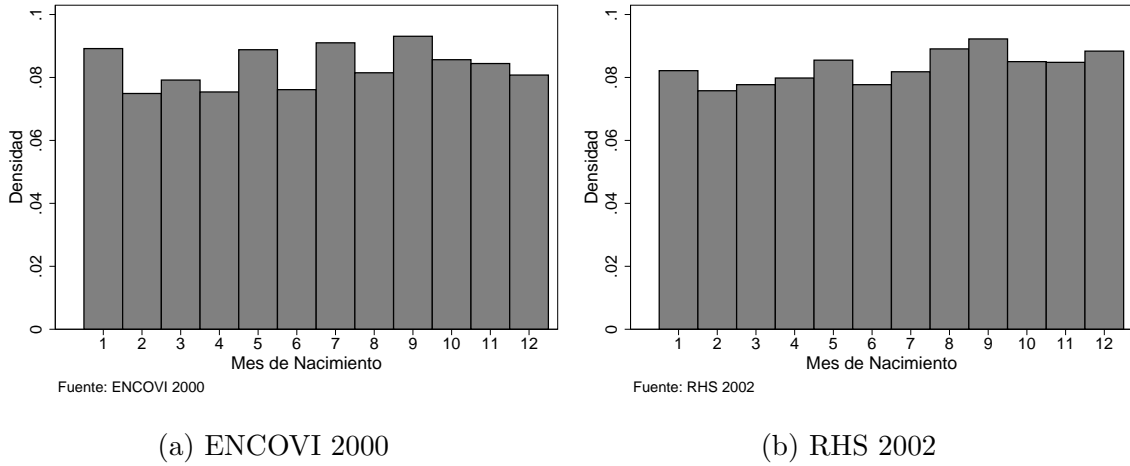


Figura 5: distribución de los nacimientos en los meses del año.

Con esto en mente, en la figura 5 se presenta la distribución de los nacimientos según su mes de ocurrencia. Nótese de la figura del panel (a), que la densidad de cada mes se encuentra cercana a 8 %, lo que nos indica que los nacimientos se encuentran uniformemente distribuidos a lo largo de los meses del año, desacreditando así la selectividad del mes de nacimiento. Con la finalidad de comprobar que este resultado no es propio de la muestra que esta investigación utiliza, en el panel (b) se presenta la misma distribución para la siguiente encuesta de hogares disponible, en donde se encuentra el mismo patrón.

### 3.1.2. Mortalidad infantil

La siguiente fuente de selectividad viene de la mortalidad en la niñez, la cual potencialmente podría retirar de la muestra a los niños y niñas con peor salud, dejando únicamente a aquellos que tienen mayor probabilidad de sobrevivencia y mejor nutrición, quedando al año 2000, una muestra no representativa de las condiciones previas al fallecimiento de los infantes.



Durante los años de evaluación, Guatemala tenía la tasa de mortalidad en menores de cinco años más alta de toda América Central. Si bien el indicador se redujo sustancialmente en las últimas dos décadas del siglo XX, los niveles solo bajaron del umbral de las cien muertes por mil nacidos hasta el año 1987. Entre dichos años las principales causales de muerte provenían de enfermedades diarreicas, enfermedades respiratorias y complicaciones durante el embarazo (American Health Organization, 2007a). Por su parte, la desnutrición representaba cerca del 5 % de las muertes totales (American Health Organization, 2007b), la cual, si bien se encontraba acotada, no demerita las causales de muerte y la selectividad que la mortalidad genera sobre la muestra.

Con la finalidad de conocer con mayor profundidad la dirección del sesgo que la mortalidad genera, se utilizaron los cortes transversales repetidos generados por las Encuestas de Salud Materno Infantil (DHS-ENSMI) de los años 1987, 1995 y 1997-1998, las cuales recaban información antropométrica de infantes con menos de cinco años. De manera que se cuenta con otra fuente de la altura para la edad de los años de evaluación<sup>12</sup>, lo que permite comparar dichas submuestras más cercanas a la distribución original con las distribuciones recabadas por la ENCOVI en el año 2000.

Tabla 2: pruebas de diferencia de distribuciones y medias.

	Valor p prueba Kolmogorov-Smirnov	Valor p prueba t lado izquierdo dist.	Valor p prueba t lado derecho dist.
1986	0.000	0.000	0.633
1990	0.000	0.000	0.992
1991	0.000	0.000	0.153
1992	0.000	0.000	0.172
1993	0.000	0.000	0.024
1994	0.000	0.028	0.006
1995	0.055	0.143	0.435
1996	0.156	0.037	0.109
1997	0.300	0.006	0.577

*Notas:* la tabla presenta los valores p de la prueba Kolmogorov-Smirnov de diferencia de distribuciones, así como los valores p de la prueba t de diferencia de medias para los dos lados de la distribución original. No se presentan los años de 1987-1989 dado las DHS no tienen medidas antropométricas para infantes nacidos en esos años. *Fuentes:* ENCOVI 2000, DHS 1987, 1995, 1998-1999.

Para comparar las muestras de cada año se implementó la prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov, que permite comparar la bondad de ajuste entre dos distribuciones empíricas, de manera que valores p cercanos a cero indican que las distribuciones difieren. Los resultados en la primera columna de la tabla 2 muestran que las distribuciones de los años previos a 1995 difieren sustancialmente, pero no sugieren como cambio la composición de las muestras originales (DHS-ENSMI). Para esto en las siguientes columnas se dividió cada una de las

<sup>12</sup>Se carece de información para los años 1987, 1988 y 1989, en cuanto ninguna de las encuestas capturó dicha información.

muestras según los promedios “originales”, de manera que la primera de ellas tiene el conjunto de infantes al lado izquierdo de la media original, mientras que la segunda tiene el grupo de niños al lado derecho de dicha media. Luego en la segunda (tercera) columna se implementó una prueba t de diferencia de medias para las submuestras al lado izquierdo (derecho) del promedio original. De ellas se puede observar que las diferencias se originan principalmente por una recomposición del lado izquierdo de la distribución original, de manera que nuestros resultados deben ser interpretados como una cota inferior.

### 3.1.3. Migración

Una tercera fuente de selectividad viene dada por la migración, en cuanto la movilización de hogares con mejores posibilidades económicas fuera del ambiente rural podría hacer de nuestra muestra no representativa de las condiciones originales. En cuanto a la migración interna, dicho problema se ve parcialmente mitigado por la estructura de la ENCOVI del año 2000, que permite conocer los movimientos del lugar de nacimiento de las personas, con lo que es posible “retornarlos” a su lugar de origen. De esta, es posible reconocer que el 10.44 % de las personas nacidas en el área rural cambió de municipio de residencia, 5.17 % cambió de departamento, mientras que únicamente un 1.09 % cambió de área rural a urbana. La tabla 3 presenta algunas estadísticas descriptivas de las personas que se movilaron.

Tabla 3: estadísticas descriptivas migración interna.

	Proporción de mujeres	Edad	Educación jefe de hogar	Número de habitantes	Se considera ladino	Pobreza	HAZ
<i>Mov. municipio de nac.</i>	0.48	19.19	3.30	6.96	0.68	0.64	-1.77
<i>Mov. departamento de nac.</i>	0.48	19.26	3.33	6.82	0.71	0.60	-1.78
<i>Mov. área de nac.</i>	0.48	18.65	3.40	6.98	0.65	0.55	-1.63

Fuente: ENCOVI 2000.

Nótese que los hogares de los niños que se movilaron se caracterizan por tener una población joven con su jefe de hogar teniendo cerca de medio año de educación adicional en comparación con la muestra original. Asimismo, son hogares grandes con sus habitantes principalmente autoidentificándose como ladinos y cuya estatura es mayor a la de nuestra muestra total, lo que señala en ellos una mejor salud de largo plazo. Si bien dichos hogares son pobres, la tasa de pobreza es inferior a la presentada en la muestra total. Por otro lado, estos señalan el 79.5 % de las veces que la principal razón de su movilización es por motivos laborales; la cual si ocurre dentro del departamento esta se da principalmente hacia la cabecera departamental o sus cercanías. Mientras que si cambian de departamento esta se da hacia las cercanías de los centros urbanos. Si bien la estructura de los datos permite corregir dicha movilidad, esto no implica que todo el proceso del embarazo o la niñez se haya dado en el municipio de nacimiento y por ende debe interpretarse el resultado como una intención a tratar.

Por otro lado, producto del conflicto armado interno, miles de personas se vieron movilizadas fuera del país, patrón que solo se vio regulado hasta inicios de la década de los noventa. Según la Organización Internacional para las Migraciones, al año 2002, el 94.8 % de los guatemal-

tecós elegía Estados Unidos como su país de destino. De ellos el 61.4 % tenía a su familia de origen viviendo en el área rural. A su vez, el 54.1 % de sus hogares de origen se caracterizaban por tener un número de habitantes superior a las cinco personas y reconocían siete de cada diez veces a la falta de trabajo como la principal razón de migrar. Adicionalmente, el 41.1 % de las personas que migraban se dedicaban previo a partir al extranjero a la agricultura. Comúnmente el migrante principal no era el jefe de hogar sino uno de los hijos con la edad suficiente para emprender el viaje de manera ilegal con un coyote (Lozano, 2005).

Con la finalidad de conocer con mayor detalle la selectividad que esto genera, en la tabla 4 se presentan estadísticas descriptivas de los guatemaltecos que viven en Estados Unidos. Dichos migrantes se caracterizan por tener edad y educación mayor al promedio de nuestra muestra, lo que nos indica una selección positiva por parte de los inmigrantes. En promedio los infantes llegan a Estados Unidos en los primeros cinco años de vida y en su mayor parte de forma ilegal. Debido a que se desconoce más de los infantes, nuestros resultados deben interpretarse en vista de la selectividad positiva por parte de la migración.

Tabla 4: estadísticas descriptivas migración internacional.

	Femenino	Edad	Años educ.	Ciudadano	Edad llegada
<i>Movimiento del país de nacimiento: EEUU</i>					
<i>Muestra total</i>	0.40	28.49	8.54	0.123	21.56
<i>Infantes</i>	0.47	8.81	4.28	0.24	3.31

*Fuente:* American Community Survey 2000.

## 4. Resultados empíricos

En la tabla 5 se presenta la estimación a los parámetros de interés, siendo la quinta columna nuestra especificación original. En la primera columna se muestran los resultados sin control alguno, mientras que en las especificaciones subsiguientes se agregan individualmente las variables aleatorias por las que se controla y los efectos fijos; esto con la finalidad de observar cuanto varían nuestros estimadores.

De la quinta especificación, se tiene que la exposición a un mes adicional de inundaciones reduce la altura para la edad en 0.032 desviaciones estándar, lo que se traduce a la edad de 19 años en una reducción de la altura de 0.21 centímetros en mujeres y 0.23 en hombres. En promedio, aquellos expuestos a inundaciones recibieron 1.716 meses de exposición, lo que significa un efecto promedio sobre los tratados de 0.360 en mujeres y 0.394 centímetros en hombres. Nótese en esta misma columna que, si bien el efecto de la exposición a inundaciones durante el primer año de vida o la exposición a sequías durante el embarazo tienen el signo esperado, carecen de poder estadístico, lo que no los hace distintos de cero. Lo mismo se cumple para los demás parámetros.

Tabla 5: efecto de la variabilidad climática en la altura para la edad de infantes rurales.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>Inundaciones durante el embarazo</i>	-0.070*** (0.013)	-0.050** (0.015)	-0.022 (0.016)	-0.065*** (0.015)	-0.032** (0.015)
<i>Inundaciones en el primer año de vida</i>	-0.075*** (0.011)	-0.052** (0.012)	-0.023 (0.015)	-0.040*** (0.012)	-0.008 (0.014)
<i>Inundaciones en el segundo año de vida</i>	-0.033*** (0.010)	-0.009 (0.014)	0.003 (0.016)	-0.003 (0.013)	0.010 (0.014)
<i>Sequías durante el embarazo</i>	-0.001 (0.011)	-0.010 (0.016)	0.034** (0.017)	-0.049*** (0.013)	-0.004 (0.014)
<i>Sequías en el primer año de vida</i>	-0.017* (0.010)	-0.005 (0.014)	0.023 (0.015)	-0.028** (0.011)	0.003 (0.013)
<i>Sequías en el segundo año de vida</i>	-0.009 (0.010)	0.009 (0.012)	0.025** (0.012)	-0.007 (0.011)	0.012 (0.011)
Variables del hogar		✓	✓	✓	✓
Efecto fijo cohorte			✓		✓
Efecto fijo municipio				✓	✓
Promedio variable dependiente (HAZ)	—	—	—	—	-2.193
Núm. observaciones	—	—	—	—	7376

*Notas:* errores estándar, en paréntesis, agrupados a nivel de municipio. Dentro del conjunto de variables del hogar se incluyen el sexo del infante, su mes de nacimiento, su edad y el promedio de su hogar, la educación del jefe del hogar, la presencia del padre y la madre en el hogar, el orden de nacimiento, un identificador étnico, conexión a agua, drenajes y electricidad, el uso de leña, el número de habitantes del hogar y un identificador de pobreza del hogar. *Nivel de significancia:* \*\*\* $p < 0.01$ , \*\* $p < 0.05$ , \* $p < 0.1$ . *Fuente:* ENCOVI 2000.

Es de notar que, al comparar el estimador puntual para el efecto de las inundaciones durante el embarazo, entre los resultados de la primera y la quinta columna se observa una corrección a la baja; sin embargo, en todas las especificaciones se mantiene su signo negativo y cercano entre ellas. Adicionalmente, este resultado solo carece de significancia en la tercera columna, lo cual ocurre al momento en que el efecto fijo tiempo captura la variabilidad de la precipitación en el año de análisis.

Si bien el efecto es pequeño, este es similar a lo encontrado por Rosales-Rueda (2018) y Aguilar y Vicarelli (2018), quienes encuentran un efecto negativo ante la exposición a excesos de lluvia, durante el desarrollo intrauterino, de 0.031 desviaciones estándar en Ecuador y 1.183 centímetros en México respectivamente<sup>13</sup>. La lógica de los resultados responde a que las inundaciones, lejos de beneficiar la producción agrícola, la podrían estar destruyendo, reduciendo así la disponibilidad de ingreso real en los hogares y, por ende, estar afectando la ingesta de calorías y nutrientes de la madre. Con los resultados encontrados para las sequías se debe ser cauteloso, en tanto que nuestro estudio utiliza una definición de sequía basada en ausencia de lluvia y no una construida a través de aumento en la temperatura o una combi-

<sup>13</sup>Se debe ser cauteloso al comparar nuestros resultados con los de Aguilar y Vicarelli (2018) ya que su estimación utiliza directamente centímetros y no altura para la edad, de manera que su efecto podría encontrarse sobrestimado al no corregir por la edad.

nación de estas dos, de manera que otras definiciones podrían mostrar resultados distintos.

Producto de lo encontrado con nuestra especificación original, en la tabla 6 se presentan los resultados a nivel de trimestres dentro del embarazo, de forma que en esta los estimadores miden el efecto generado por la exposición a inundaciones durante cada una de las etapas del embarazo. A diferencia de Rosales-Rueda (2018), quien halla su efecto en el tercer trimestre, nuestros resultados muestran que el efecto se encuentra concentrado en el primer trimestre del embarazo. Dicho resultado a la edad de 19 años representa una reducción en la altura de 0.25 centímetros en mujeres y 0.27 en hombres por mes de exposición durante esta etapa. Sin embargo, esto no contradice los resultados de Rosales-Rueda (2018), quien encuentra una reducción en la altura para la edad de 0.083 desviaciones estándar. Esto, en cuanto en el tercer trimestre el infante gana cerca del cincuenta por ciento de su peso al nacer. La diferencia, en magnitud, de nuestros resultados podría estar respondiendo a las diferencias en la representatividad de nuestras muestras<sup>14</sup>, a su vez que podría estar respondiendo a distintos niveles de limpieza del efecto, viéndose alguno de los dos sesgado aún por endogeneidad.

Tabla 6: heterogeneidad inundaciones en el embarazo.

<i>Primer trimestre del embarazo</i>	-0.038*
	(0.022)
<i>Segundo trimestre del embarazo</i>	-0.036
	(0.023)
<i>Tercer trimestre del embarazo</i>	-0.019
	(0.023)
Variables del hogar	✓
Efecto fijo cohorte	✓
Efecto fijo municipio	✓
Promedio variable dependiente (HAZ)	-2.193
Núm. observaciones	7376

*Notas:* errores estándar, en paréntesis, agrupados a nivel de municipio. Dentro del conjunto de variables del hogar se incluyen el sexo del infante, su mes de nacimiento, su edad y el promedio de su hogar, la educación del jefe del hogar, la presencia del padre y la madre en el hogar, el orden de nacimiento, un identificador étnico, conexión a agua, drenajes y electricidad, el uso de leña, el número de habitantes del hogar y un identificador de pobreza del hogar. *Nivel de significancia:* \*\*\* $p < 0.01$ , \*\* $p < 0.05$ , \* $p < 0.1$ . *Fuente:* ENCOVI 2000.

Los resultados son consistentes con la literatura que prueba la hipótesis de los orígenes fetales (Almond y Currie, 2011), la cual postula que el ambiente en que se desarrolla el embarazo puede tener efectos de largo plazo, afectando la salud y la formación de capital humano. En particular, si las condiciones son pobres en el periodo embrionario (desde la tercera semana hasta la octava del embarazo), la exposición a infecciones puede generar deformaciones

<sup>14</sup>Rosales-Rueda (2018) utiliza la base de datos de la puesta en marcha del programa social Bono de Desarrollo Humano, la cual sólo contaba con información de seis provincias ecuatorianas, que se encontraban cercanas a las zonas más afectadas por el Niño de 1997-98.

congénitas y aumentar la probabilidad aborto. Asimismo, es en este periodo en que se originan los principales tejidos y órganos, que en los subsiguientes trimestres solo se complejizarán. Tal es el caso del sistema nervioso central, el cual si en los meses posteriores se expone a limitaciones biológicas puede originar dificultades en el aprendizaje y bajo coeficiente intelectual (Sadler y Langman, 2007).

Luego en el tercer mes se da inicio al periodo fetal (desde la novena semana hasta la décimo segunda), en el cual el ahora feto inicia su desarrollo óseo en sus extremidades y cráneo, de manera que las extremidades durante este periodo alcanzan su longitud relativa en comparación con el resto del cuerpo. Dicho crecimiento puede verse afectado por la desnutrición, ya que esta afecta la producción del factor de crecimiento insulínico tipo 1 encargado, durante el embarazo y los primeros años de vida, del crecimiento en longitud del infante, labor que posteriormente es delegada a la hormona del crecimiento (Sadler y Langman, 2007).

#### 4.1. Pruebas de falsificación

A manera de probar la robustez de nuestros resultados, en la tabla 7 se presentan distintas pruebas de falsificación, de las cuales, las primeras dos modifican el criterio sobre el que se define un mes con sequías o inundaciones. Recuerde que hasta ahora se definió un mes con inundaciones (sequías) en el municipio,  $m$ , como aquel en que la precipitación era superior (inferior) al promedio histórico estandarizado en al menos una desviación estándar. Por lo tanto, para probar que nuestros resultados no son fruto de dicha definición se fortalece en estas columnas el criterio a 1.5 y 2 desviaciones estándar.

Nótese que al fortalecer el criterio a 1.5 desviaciones estándar (primera columna) el estimador puntual encontrado para las inundaciones durante el embarazo crece, alcanzando una reducción de 0.042 desviaciones estándar en la altura para la edad por mes de exposición. Esto se traduce a la edad de 19 años en una reducción en la altura de 0.27 (0.30) centímetros en mujeres (hombres). Resultado similar se da al llevar el criterio a 2 desviaciones estándar; sin embargo, en esta columna aparece un efecto positivo de exposición a sequías durante el segundo año de vida, patrón únicamente observado al utilizar este criterio. Dicho resultado se ve principalmente guiado por el número limitado de infantes expuestos a estos eventos, dejando únicamente valores atípicos<sup>15</sup>. Asimismo, en la tabla 12 se presentan los resultados a nivel de trimestres al fortalecer el criterio sobre el que se definen los meses de exceso de lluvias. Al igual que con la definición original, se encuentra que el efecto está concentrado en el primer trimestre del año, con el estimador puntual viéndose únicamente incrementado.

En las siguientes columnas de la tabla 7 se presentan una serie de tratamientos placebo. El primero de ellos consiste en aplicar el tratamiento en una variable de corto plazo, como lo es el índice de masa corporal, el cual debiera responder únicamente a situaciones cercanas al año de medición. Como es de esperar, no se encuentra efecto alguno ante la exposición de sequías o inundaciones en los primeros mil días de vida, sobre el índice de masa corporal.

---

<sup>15</sup>Con este criterio únicamente el 5.31 % de nuestra muestra se vio expuesta a dichos eventos.

Al ser la precipitación un evento geográfico y temporal, en las siguientes columnas se aleatorizó cada una de estas características. Debido a que la precipitación asociada a cada infante se encuentra asignada a través de un código municipal que se encuentra en el rango [1, 332], en la cuarta columna se aleatorizó dicho código para cada infante, siguiendo una distribución uniforme. De esta forma, se generaron dos mil placebos con lugares ficticios de nacimiento y, por ende, precipitación ficticia asociada. Por lo tanto, en dicha columna se presentan los promedios de dicho ejercicio, y se observa que ninguno de los parámetros es estadísticamente distinto de cero.

Tabla 7: robustez con criterios más restrictivos y placebos.

Var. dependiente	Criterio de 1.5 desv. est.	Criterio de 2 desv. est.	Placebo BMI	Placebo aleatorización geográfica	Placebo aleatorización temporal	Placebo a. geográfica y temporal
	(HAZ)	(HAZ)	(BMI)	(HAZ)	(HAZ)	(HAZ)
<i>Inundaciones durante el embarazo</i>	-0.042** (0.021)	-0.045* (0.024)	0.049 (0.035)	-0.015 (0.014)	0.0003 (0.013)	0.0002 (0.012)
<i>Inundaciones en el primer año de vida</i>	-0.020 (0.016)	-0.021 (0.021)	0.047 (0.030)	-0.011 (0.012)	0.0002 (0.010)	-0.0001 (0.010)
<i>Inundaciones en el segundo año de vida</i>	-0.004 (0.017)	0.005 (0.020)	0.023 (0.037)	0.002 (0.011)	-0.0001 (0.010)	0.0004 (0.010)
<i>Sequías durante el embarazo</i>	0.004 (0.026)	0.034 (0.059)	0.015 (0.028)	-0.003 (0.014)	-0.0003 (0.011)	-0.0006 (0.011)
<i>Sequías en el primer año de vida</i>	0.023 (0.025)	0.070 (0.047)	-0.029 (0.033)	0.005 (0.011)	-0.0004 (0.010)	-0.0006 (0.009)
<i>Sequías en el segundo año de vida</i>	0.027 (0.023)	0.091** (0.045)	-0.012 (0.033)	0.005 (0.011)	-0.0003 (0.010)	-0.0007 (0.010)
Variables del hogar	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Efecto fijo cohorte	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Efecto fijo municipio	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Promedio variable dependiente	-2.193	-2.193	17.012	-2.193	-2.193	-2.193
Núm. observaciones	7376	7376	7376	7376	7376	7376

*Notas:* errores estándar, en paréntesis, agrupados a nivel de municipio. Dentro del conjunto de variables del hogar se incluyen el sexo del infante, su mes de nacimiento, su edad y el promedio de su hogar, la educación del jefe del hogar, la presencia del padre y la madre en el hogar, el orden de nacimiento, un identificador étnico, conexión a agua, drenajes y electricidad, el uso de leña, el número de habitantes del hogar y un identificador de pobreza del hogar. *Nivel de significancia:* \*\*\* $p < 0.01$ , \*\* $p < 0.05$ , \* $p < 0.1$ . *Fuente:* ENCOVI 2000.

A su vez, la lluvia es un evento temporal, lo que permite aleatorizarla siguiendo una distribución uniforme entre enero de 1986 y diciembre de 1998, y asociarla ficticiamente a los infantes a través de su fecha de nacimiento. Al igual que con la columna anterior, se generaron dos mil placebos y lo que se presenta en la quinta columna son los promedios de este ejercicio. En ella se observa que ninguno de los parámetros es estadísticamente distinto de cero. Finalmente, en la sexta columna se aleatorizaron las dos características a la vez, lugar y fecha, siguiendo una distribución uniforme bivariada y se observa que los parámetros no son distintos de cero. En la figura 10 se encuentran las distribuciones generadas por estos ejercicios para el parámetro de las inundaciones durante el embarazo, de las cuales se observa que el resultado encontrado es propio del lugar y fecha de nacimiento del infante al acumularse al lado derecho del parámetro el 0.99 de la probabilidad (ver panel c)<sup>16</sup>.

<sup>16</sup>Del panel (a) tenemos que la probabilidad acumulada es inferior, esto producto de la poca variabilidad que se tiene en algunos municipios pequeños que son aledaños, ver figura 3.

A manera de prueba del supuesto de identificación, en la tabla 8 se presentan pruebas de selectividad de la variación sobre distintas características observables. Idealmente dicho ejercicio se debió implementar con información de línea de base, es decir, previo a la concepción del niño, pero son datos con los que no se dispone. Por ello, la prueba consistió en regresionar las variaciones a explotar contra distintas características observables y luego se probó si conjuntamente los estimadores que dichas regresiones generan son estadísticamente distintos de cero, a través de la prueba F, de forma que en la tabla se presentan los valores p asociados al estadístico F de dicha prueba. Por lo tanto, valores muy cercanos a cero indican que entre tratados y controles la característica difiere, mientras que valores cercanos a uno indica que en promedio los tratados y controles están balanceados en dicha característica.

Tabla 8: selectividad en observables del año 2000.

	Criterio de 1 sd		Criterio de 1.5 sd		Criterio de 2 sd	
	Valor - p inundaciones	Valor - p sequías	Valor - p inundaciones	Valor - p sequías	Valor - p inundaciones	Valor - p sequías
<i>Proporción niñas</i>	0.662	0.437	0.892	0.294	0.858	0.806
<i>Educación del jefe del hogar</i>	0.096	0.03	0.642	0.895	0.627	0.099
<i>Pobreza</i>	0.962	0.173	0.184	0.011	0.004	0.476
<i>Se considera ladino</i>	0.031	0.056	0.218	0.516	0.015	0.196
<i>La madre está en el hogar</i>	0.091	0.208	0.055	0.711	0.000	0.742
<i>El padre está en el hogar</i>	0.794	0.081	0.488	0.115	0.003	0.119
<i>Número de habitantes</i>	0.000	0.023	0.002	0.003	0.024	0.312
<i>Uso de leña</i>	0.321	0.116	0.359	0.787	0.656	0.488
<i>Conexión con agua</i>	0.219	0.000	0.811	0.118	0.068	0.152
<i>Conexión con electricidad</i>	0.095	0.000	0.213	0.000	0.993	0.278
<i>Conexión con drenajes</i>	0.090	0.006	0.772	0.304	0.284	0.587

*Notas:* se regresiona la variación contra características observables, se presenta el valor - p de la prueba que testea conjuntamente que los parámetros sean cero. Errores estándar agrupados a nivel de municipio. *Fuente:* ENCOVI 2000.

En las primeras dos columnas se muestran los valores p para el criterio de una desviación estándar, con la primera de ellas mostrando los resultados para las inundaciones, de la cual nótese que la mayor parte de las variables están marginalmente balanceadas, con excepción del número de habitantes del hogar; mientras que para las sequías difiere sustancialmente en cuanto a la conexión de servicios básicos. En las siguientes cuatro columnas se replica el ejercicio para los criterios de 1.5 y 2 desviaciones estándar, con el fin de observar cómo varía entre estos la selectividad sobre observables. Nótese que el fortalecer el criterio de 1 a 1.5 desviaciones estándar reduce la selectividad sobre características observables en el mayor número de casos, mientras que fortalecerlo aún más aumenta la selectividad.

## 5. Mecanismos

### 5.1. Heterogeneidad dentro de los hogares rurales

La vulnerabilidad de los pequeños campesinos guatemaltecos ante los eventos de variabilidad climática fue sugerida por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura



(IICA) a finales de la década de los noventa (Vargas, 1996). Él postulaba a través de hechos estilizados que los agricultores del país, a través de su limitada tenencia de tierra y pocos medios de producción, se veían expuestos a pérdidas en su principal fuente de ingreso real al enfrentarse a peores condiciones climatológicas.

La dependencia agrícola de muchos hogares no es algo nuevo en el país. Patrones similares se observaron durante todo el siglo XX; sin embargo, este patrón se vio fortalecido en las décadas de los ochenta y noventa, en las que el fraccionamiento de los terrenos aumentó. Entre los años 1979 y 2003 el número de fincas creció cerca de 56.3 %, pero la superficie cultivada se mantuvo alrededor de dos millones de hectáreas; de forma que más hogares tuvieron acceso a tierra cultivable, pero en terrenos más pequeños (INE, 2004).

Dadas estas observaciones, en la tabla 9 se muestran los resultados de nuestra especificación original para distintas submuestras de los hogares rurales. Se debe recordar que nuestra estimación no viene de comparar los hogares de cada submuestra, por ejemplo, agrícolas con no agrícolas, sino de comparar infantes expuestos contra no expuestos a la variación temporal y geográfica de la precipitación. Con esto en mente, en las primeras dos columnas se subdivide la muestra según la actividad económica del hogar, de ellas se hace evidente que el efecto es únicamente inherente a aquellos que se dedican a labrar la tierra. Nótese que el estimador puntual crece al restringir la muestra solo a estos hogares. De estas dos submuestras se debe resaltar que los hogares agrícolas, en comparación con los hogares no agrícolas, tienen menor educación, reportan más veces autoidentificarse con un pueblo indígena y mayoritariamente son pobres (estadísticas descriptivas para estas submuestras en la tabla 1).

En las siguientes columnas se muestra el efecto en submuestras de los hogares campesinos. En particular, en la tercera y cuarta columnas se separa la muestra de los hogares agrícolas según la forma contractual sobre la que se dispone del terreno. Por lo que en la tercera columna se tienen hogares que eran dueños de la finca que labraban, mientras que en la cuarta columna solo aquellos hogares que al año dos mil la rentaban. Nótese que el efecto es estadísticamente significativo solo en aquellos hogares dueños de la tierra; sin embargo, parece existir evidencia de que el efecto también podría estar presente en aquellos que rentan el terreno, pero con menor magnitud. Adicionalmente observe que los infantes en los hogares que arriendan la tierra son más altos, lo cual podría reflejar la flexibilidad que les otorga arrendar el terreno solo por temporadas, evitando así la variabilidad climática.

Por otro lado, la diferencia parece no provenir de diferencias sustanciales en pobreza, ya que el 80.23 % de los hogares que adueñan la tierra se encuentran en pobreza, en comparación con un 79.68 % de aquellos que rentan la tierra. Sin embargo, estos sí difieren en el capital físico del que disponen; hogares dueños reportan más veces tener sistemas de riego y animales de trabajo, mientras que hogares que arriendan reportan más veces tener silo para alimentos (estadísticas descriptivas detalladas para las submuestras en la tabla 13).

Por último, en las siguientes columnas se muestra la heterogeneidad del efecto según el tamaño de la tierra. Nótese que si bien el efecto es estadísticamente significativo solo en aquellos

Tabla 9: heterogeneidad según actividad del hogar, contrato y tamaño de la tierra.

	Actividad del hogar		Forma contractual tierra		Tamaño del terreno			
	Agrícola	No Agrícola	Dueño	Renta	≤0.5 ha	0.5-1 ha	1-1.5 ha	≥1.5 ha
<i>Inundaciones durante el embarazo</i>	-0.041** (0.018)	0.002 (0.030)	-0.042* (0.023)	-0.033 (0.036)	-0.041* (0.022)	-0.052 (0.044)	-0.093 (0.062)	0.059 (0.066)
<i>Inundaciones en el primer año de vida</i>	-0.003 (0.015)	-0.009 (0.032)	0.001 (0.019)	0.004 (0.028)	0.003 (0.020)	0.025 (0.029)	-0.058 (0.037)	-0.093 (0.056)
<i>Inundaciones en el segundo año de vida</i>	0.012 (0.014)	0.007 (0.031)	0.013 (0.016)	0.001 (0.026)	0.002 (0.018)	0.038 (0.032)	-0.018 (0.049)	-0.028 (0.049)
<i>Sequías durante el embarazo</i>	0.003 (0.017)	-0.035 (0.027)	0.024 (0.019)	-0.035 (0.028)	-0.002 (0.023)	0.023 (0.044)	-0.022 (0.044)	0.052 (0.049)
<i>Sequías en el primer año de vida</i>	-0.005 (0.015)	0.034 (0.027)	0.000 (0.016)	0.000 (0.032)	-0.014 (0.020)	0.028 (0.031)	-0.048 (0.043)	-0.044 (0.039)
<i>Sequías en el segundo año de vida</i>	0.002 (0.013)	0.040 (0.026)	0.017 (0.017)	-0.022 (0.023)	0.019 (0.018)	-0.019 (0.029)	-0.020 (0.043)	0.003 (0.051)
Variables del hogar	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Efecto fijo cohorte	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Efecto fijo municipio	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Promedio variable dependiente (HAZ)	-2.331	-1.832	-2.409	-2.127	-2.450	-2.280	-2.093	-1.868
Núm. observaciones	5356	2020	3862	1494	3123	1170	543	520

*Notas:* errores estándar, en paréntesis, agrupados a nivel de municipio. Dentro del conjunto de variables del hogar se incluyen el sexo del infante, su mes de nacimiento, su edad y el promedio de su hogar, la educación del jefe del hogar, la presencia del padre y la madre en el hogar, el orden de nacimiento, un identificador étnico, conexión a agua, drenajes y electricidad, el uso de leña, el número de habitantes del hogar y un identificador de pobreza del hogar. *Nivel de significancia:* \*\*\* $p < 0.01$ , \*\* $p < 0.05$ , \* $p < 0.1$ . *Fuente:* ENCOVI 2000.

hogares con un terreno inferior a las 0.5 hectáreas, este parece crecer con el tamaño del terreno y desaparecer al superar este un área cultivable de 1.5 hectáreas. Al igual que en las dos columnas previas, se podría pensar que las diferencias del efecto provienen principalmente de la correlación con la pobreza, patrón que no se observa en los datos, ya que mientras el terreno no supera las 1.5 hectáreas, en cada una de las submuestras, la pobreza se mantiene alrededor de 81 %. En lo que sí difieren las submuestras es en su disponibilidad de bienes de capital. Patrones similares son encontrados, en cada submuestra, al fortalecer el criterio sobre el que se definen los meses con exceso de lluvia o sequías (resultados mostrados en las tablas 15 y 17).

En la tabla 10 se evalúa la heterogeneidad en aquellos que son dueños de la tierra. De manera que las primeras dos columnas presentan los efectos según la tenencia de la tierra. La primera de ellas muestra el efecto en aquellos hogares que contaban con el terreno antes del nacimiento del infante, mientras que la segunda lo muestra para aquellos que lo obtuvieron después. De la primera columna observe que la estimación puntual crece alcanzando las 0.062 desviaciones estándar, lo que a la edad de 19 años se traduce en una reducción en la estatura de 0.40 centímetros por mes de exposición en mujeres y 0.45 en hombres. Mientras que aquellos que no disponían de la tierra al momento de su nacimiento parecen beneficiarse de evitar los eventos de variabilidad climática.

En las últimas tres columnas se presentan los efectos según la forma en que los hogares obtuvieron la finca. En la primera de ellas se encuentran aquellos hogares que declaran haber conseguido la tierra a través de su compra, a continuación, aquellos que reportan haberla recibido por herencia y, finalmente, aquellos que la obtuvieron de “forma no tradicional”. Si bien un pequeño número de los hogares de nuestra muestra reportó comprar y vender tierras en el año 2000<sup>17</sup>, la proporción de hogares en cada una de estas formas de obtención de tierras es consistente con los hallazgos de los censos agropecuarios de 1979 y 2003 (INE, 2004).

Es de notar que el efecto parece concentrarse en aquellos hogares que recibieron su terreno a través de alguna fuente no tradicional, con particular énfasis en aquellos que la recibieron a través de adjudicación o concesión (resultados presentados en la tabla 14), aunque el efecto también parece persistir en aquellos que lo obtuvieron por derecho posesorio u ocupación ilegal, pero carece de poder estadístico para ser significativo.

Los hogares que consiguieron el terreno por otros métodos se caracterizan por tener menor educación, mayor pobreza y contar en menor proporción con silo para almacenar alimentos o sistema de riego. Por su parte, el efecto sobre estos se traduce a la edad de 19 años en una reducción de 1.06 centímetros en la altura, por mes de exposición ante inundaciones durante el embarazo, en mujeres, mientras que en hombres es de 1.17 centímetros. A su vez, nótese que la altura para la edad de los infantes nacidos en hogares que recibieron su tierra por heredad es más baja, lo que podría estar reflejando los efectos acumulados de generación en generación. Patrones similares son encontrados al fortalecer el criterio sobre el que se definen los meses con exceso de lluvia o sequías (resultados mostrados en las tablas 16 y 18).

---

<sup>17</sup>En la ENCOVI únicamente el 0.86 % de los hogares reporta haber comprado nueva tierra, mientras que 0.54 % reporta vender tierra.

Tabla 10: heterogeneidad en dueños de la tierra.

	Tierra al nacer el infante		Forma en que obtuvo la tierra		
	Tiene	No Tiene	Compra	Herencia	Otras (a)
<i>Inundaciones durante el embarazo</i>	-0.062** (0.029)	0.024 (0.044)	-0.038 (0.047)	-0.010 (0.025)	-0.161** (0.060)
<i>Inundaciones primer año de vida</i>	0.002 (0.023)	0.017 (0.034)	0.008 (0.031)	-0.005 (0.026)	0.035 (0.061)
<i>Inundaciones segundo año de vida</i>	0.013 (0.020)	0.026 (0.034)	-0.002 (0.028)	0.048** (0.024)	-0.027 (0.046)
<i>Sequias durante el embarazo</i>	-0.000 (0.022)	0.091** (0.041)	0.044 (0.036)	-0.010 (0.026)	0.029 (0.066)
<i>Sequias en el primer año de vida</i>	-0.007 (0.020)	0.011 (0.037)	0.036 (0.033)	-0.030 (0.019)	0.023 (0.052)
<i>Sequias en el segundo año de vida</i>	0.009 (0.021)	0.025 (0.034)	0.050* (0.030)	-0.001 (0.024)	-0.044 (0.040)
Variables del hogar	✓	✓	✓	✓	✓
Efecto fijo cohorte	✓	✓	✓	✓	✓
Efecto fijo municipio	✓	✓	✓	✓	✓
Promedio variable dependiente (HAZ)	-2.454	-2.294	-2.363	-2.469	-2.280
Núm. observaciones	2871	989	1429	2043	388

*Notas:* errores estándar, en paréntesis, agrupados a nivel de municipio. Dentro del conjunto de variables del hogar se incluyen el sexo del infante, su mes de nacimiento, su edad y el promedio de su hogar, la educación del jefe del hogar, la presencia del padre y la madre en el hogar, el orden de nacimiento, un identificador étnico, conexión a agua, drenajes y electricidad, el uso de leña, el número de habitantes del hogar y un identificador de pobreza del hogar. *Nivel de significancia:* \*\*\* $p < 0.01$ , \*\* $p < 0.05$ , \* $p < 0.1$ . *Fuente:* ENCOVI 2000.

(a) Aquí se agrupan aquellos que lo recibieron por adjudicación, derecho posesorio, ocupación, concesión o por el Programa de la Paz.

## 5.2. Pérdidas en la agricultura

Entre los años de evaluación los principales cultivos no agroindustriales del país, según su área cultivada, eran el maíz, el café, el frijol y el ajonjolí en dicho orden (INE, 2004)<sup>18</sup>, de los cuales el primero y el tercero eran principalmente destinados al mercado local y el autoconsumo, mientras que el segundo y el cuarto eran con fines de exportación. En la figura 11 se muestran las épocas de siembra de dichos cultivos. En ella se puede observar que los primeros tres llevan a cabo su principal siembra en el primer semestre de tal forma que coincide con la época lluviosa del año, mientras que la siembra del ajonjolí se da durante la canícula.

Con la finalidad de conocer la duración que tuvo la caída en la productividad y las pérdidas que dichos fenómenos generaron sobre los rendimientos agrícolas, se utilizan datos a nivel departamental del índice de salud de la vegetación de tierras cultivables (VHI por sus siglas en inglés). Dichos tienen periodicidad semanal y son elaborados por la NOAA, a los cuales se les adicionan los rendimientos agrícolas anuales del Ministerio de Agricultura, Ganadería

<sup>18</sup>De nuestra muestra tenemos que, al año 2000, el 40.06 % de los hogares reportaba utilizar su tierra para cultivar maíz, 20.11 % para plantar frijol, 8.30 % la dedicaba a café y 0.98 % para la siembra de ajonjolí.

y Alimentación (MAGA). El índice está conformado por dos partes. La primera de ellas es el índice de la condición de la vegetación o VCI, que caracteriza el verdor y el vigor de la vegetación (F. N. Kogan, 2001), mientras que la segunda es el índice de condición de temperatura, denominado TCI, el cual caracteriza la temperatura y la humedad del suelo cultivable. Por ello, el VHI<sup>19</sup> es el promedio de los dos, y tiene su rango entre cero y cien.

Múltiples estudios<sup>20</sup> han mostrado que el índice, a su vez, es un buen predictor de los rendimientos agrícolas, producto de la alta correlación entre ellos. Con esto en mente, se construye el índice de salud de la vegetación para cada uno de los productos agrícolas, asignándole mayor peso a aquellos índices departamentales,  $VHI_{k,t}$ , en que el área destinada al cultivo (en la figura 12 se muestra la distribución de los cultivos a lo largo del país) de dicho producto es mayor. De forma que el índice del producto  $j$  en el periodo  $t$ , viene dado por el promedio de los índices departamentales ponderando por la relevancia de los departamentos en la producción del cultivo,  $w_k$ ; es decir<sup>21</sup>:

$$VHI_{j,t} = \sum_{k=1}^{21} w_k \times VHI_{k,t}$$

En la figura 6 se muestra el coeficiente de correlación de Pearson,  $R$ , de las regresiones semana a semana entre los rendimientos contra los componentes del índice de salud de la vegetación. Nótese que la correlación para el maíz alcanza sus valores máximos entre las semanas 10 y 20; asimismo, en las últimas semanas del año, periodos coincidentes con las épocas de siembra del maíz blanco y maíz amarillo. De manera similar la correlación alcanza su valor máximo para el frijol entre las semanas 15 y 25, periodo en que se está llevando a cabo la primera siembra del mes de mayo. Lo mismo ocurre para el ajonjolí, cuyo periodo de siembra se inicia en las semanas finales del mes de julio y se extiende al mes de agosto. Finalmente, la correlación para el café experimenta sus niveles máximos en las primeras semanas de cada año, periodo en el cual se lleva a cabo su cosecha.

En la figura 7 se muestra el comportamiento del índice para cada uno de los cultivos en un año de ocurrencia del fenómeno<sup>22</sup> en comparación con el promedio de los años en que este no ocurre. Nótese que en promedio los índices, en un año sin fenómeno, no caen a niveles inferiores de los cuarenta puntos a lo largo de todo el año, pero al suceder el evento todos caen sustancialmente bajo los cuarenta puntos, lo que refleja condiciones pobres en la vegetación y posibles pérdidas en su rendimiento (F. N. Kogan, 2001). Durante estos años, 1986 a 1988, el evento tuvo sus inicios en las primeras semanas y se extendió hasta la semana veinticinco,

---

<sup>19</sup>La información utilizada por los índices proviene de información infrarroja capturada por sensores a nivel satelital y se ve reflejada en el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) sobre el que se construyen. Para conocer con mayor detalle su construcción se recomienda (F. N. Kogan, 2001).

<sup>20</sup>En Petersen (2018) para África, F. Kogan, Guo, Yang, y Harlan (2018) en Australia y, Salazar, Kogan, y Roytman (2008) en Estados Unidos.

<sup>21</sup>La sumatoria no corre sobre los 22 departamentos del país en cuanto los datos para el departamento de Sololá no se encuentran disponibles.

<sup>22</sup>Patrones similares se observan en los fenómenos de 1991, 1997-98, representados en la figura 13, con excepción del fenómeno en los años de 1994-95 que se concentró en el segundo semestre del año.

afectando así la primera siembra del maíz, frijol y café, mas no la del ajonjolí, que tiene su siembra durante la canícula, en la semana 27.

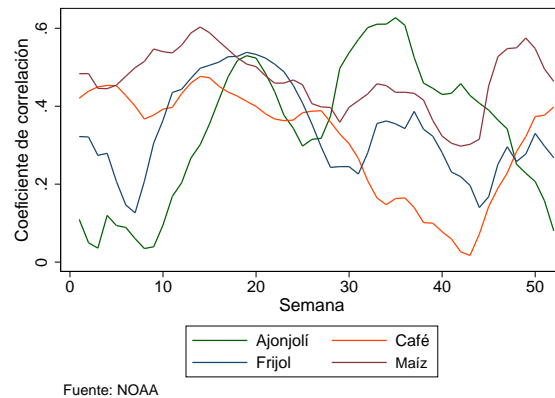
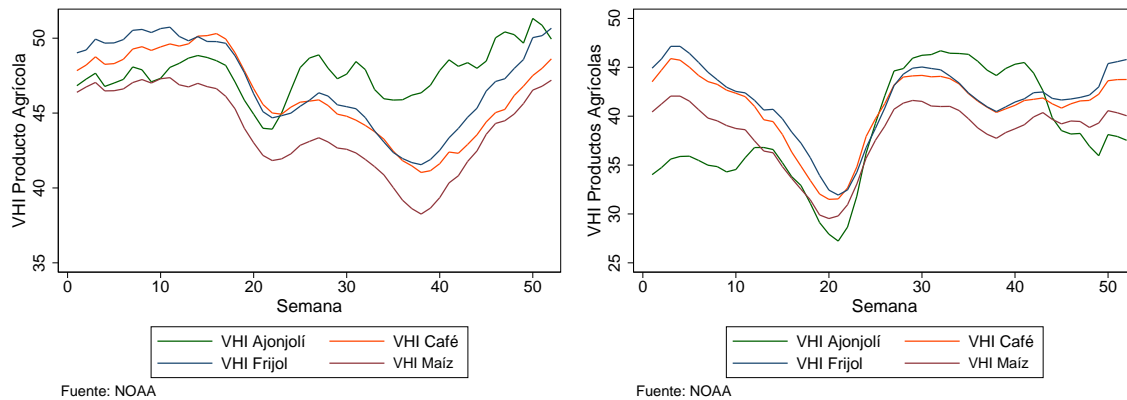


Figura 6: correlación entre VHI y los rendimientos agrícolas semana a semana.



(a) Años sin el fenómeno

(b) Años de 1986 a 1988

Figura 7: comparativa del VHI entre años con y sin fenómeno.

Con la finalidad de conocer en cuánto se podría reducir el rendimiento de los cultivos al caer el índice bajo los cuarenta puntos, en la tabla 11 se presentan los resultados, a nivel de correlación, de comparar años con niveles inferiores a los cuarenta puntos, con aquellos en los que el índice se mantuvo sobre este nivel en las semanas de mayor correlación con el rendimiento. Para esto, primero se retiró a cada serie de tiempo su componente tendencial, haciendo de esta manera comparables los resultados entre distintos años. Por ello, valores negativos indican que el rendimiento en dicho año fue inferior al tendencial asociado; de manera análoga, un valor positivo indica que el rendimiento en dicho año fue superior al tendencial.

En la columna 2 se muestran los rendimientos promedio para los años en que el índice de vegetación fue inferior a los cuarenta puntos. Asimismo, en la tercera columna se observa que

el promedio para aquellos años en condiciones normales se mantuvo superior al tendencial. Luego, en la cuarta columna se presenta la diferencia entre la segunda y la tercera columna, de la cual se debe resaltar los rendimientos más bajos del maíz, frijol y café, mientras que el ajonjolí parece no haberse visto afectado<sup>23</sup>.

Tabla 11: comparativa del rend. agrícola entre condiciones normales y VHI bajo 40 puntos.

Producto agrícola	Promedio tendencial (Tm/ha)	Años con VHI $\leq$ 40	Años cond. normales	Diferencia (Tm/ha)
<i>Maíz</i>	1.948 (0.155)	-0.082 (0.048)	0.036 (0.034)	-0.119* (0.059)
<i>Frijol</i>	0.813 (0.083)	-0.019 (0.018)	0.027 (0.018)	-0.047* (0.026)
<i>Café</i>	0.915 (0.067)	-0.035 (0.025)	0.031 (0.019)	-0.066** (0.032)
<i>Ajonjolí</i>	0.887 (0.260)	0.045 (0.037)	-0.032 (0.026)	0.077 (0.045)

*Notas:* en la segunda y tercera columna al rendimiento se le retiró su nivel tendencial con la finalidad de hacer comparables los distintos años. Desviaciones estándar entre paréntesis. *Nivel de significancia:* \*\*\* $p < 0.01$ , \*\* $p < 0.05$ , \* $p < 0.1$ . *Fuentes:* NOAA, MAGA.

### 5.3. Mecanismos sin explorar

A pesar de esto, aún se dejan sin explorar mecanismos que podrían explicar la forma de operar de la variabilidad climática. Por un lado, se tienen aquellos que a través del ingreso están ligados a las pérdidas en la agricultura, tal es el caso de reducciones en inversiones prenatales, como lo son caídas en el consumo de alimentos ricos en ácido fólico como es la espinaca o el consumo de alimentos ricos en calcio como lo es el quilete. A su vez, podría reducir el acompañamiento de comadronas durante el embarazo. Por otro lado, dicha variabilidad puede tener mecanismos fuera del ingreso, como lo son la propagación de enfermedades a través de vectores o plagas, así como cambios en la disponibilidad de agua potable (Coyoy y Palmieri, 2017).

Asimismo, se deja sin explorar la falta de efecto en los primeros dos años de vida, siendo uno de ellos el efecto que podría tener la desnutrición sobre la calidad de la leche materna, como ha sugerido la literatura médica (Spring y cols. (1985) y Miranda y cols. (1983)). Además, con el nacimiento del infante la madre podría reenfocar sus recursos hacia sus hijos, limitando los posibles efectos. A su vez, se deja sin explorar el uso de definiciones alternas de sequía,

<sup>23</sup>El ajonjolí se cultiva durante el periodo de canícula, usualmente en suelos previamente usados para la siembra de maíz. Las hojas de la planta en la parte final de su crecimiento, dependiendo de la variedad, se tornan de color amarillo (verde) y se caen. Luego, tras el corte, las plantas se se dejan secar, de manera que el cultivo requiere de condiciones de poca lluvia y alta temperatura con el fin de apresurar su proceso de maduración (González, 1982) lo que a su vez refleja un VHI pobre.

que combinen la precipitación con la temperatura y que podrían producir distintos resultados.

## 6. Conclusiones y recomendaciones

Nueva literatura, en el marco de la hipótesis de los orígenes fetales, ha mostrado que el cambio climático puede tener efectos negativos sobre el desarrollo infantil. La cual ha mostrado la existencia del efecto y algunas formas a través de las cuales opera, como lo son caídas en el ingreso, la inversión y el consumo dietario. Esta investigación complementa dichos estudios mostrando la existencia del efecto en una muestra con representatividad nacional, evaluando distinta heterogeneidad inexplorada y mostrando que el efecto se produce solo en aquellos dedicados a la agricultura, fruto de pérdidas en los rendimientos agrícolas.

Para esto, la investigación aprovecha la variación geográfica y temporal generada por la oscilación interoceánica del Niño sobre la precipitación de Guatemala, y se estiman los efectos que inundaciones y sequías tienen sobre la altura para la edad de infantes nacidos entre 1986 y 1998. Guatemala se hace de interés político en cuanto es una de las naciones más vulnerables ante el cambio climático (Melo, 2019) y en cuanto la tasa de desnutrición crónica es la más alta del hemisferio occidental (Delgado, 2010). La investigación encuentra que un mes de exposición a inundaciones, durante el embarazo, reduce la altura, a la edad de 19 años, en 0.21 (0.23) centímetros en mujeres (hombres); sin embargo, no se encuentra efecto alguno ante la exposición a sequías. A diferencia de Rosales-Rueda (2018), se encuentra que el efecto se ve concentrado en el primer trimestre del embarazo, periodo en el cual el feto inicia su desarrollo óseo y las extremidades alcanzan su longitud relativa.

El efecto, a su vez, se encuentra solo en aquellos hogares que se dedicaban a la agricultura desde antes del nacimiento del infante y cuyo terreno no supera las 0.5 hectáreas. Adicionalmente, se muestra que el efecto se da principalmente en aquellos que adueñan la tierra y cuya obtención fue a través de adjudicación o concesión. Finalmente, con datos externos se sugiere que los efectos se deben a pérdidas en el rendimiento de los principales cultivos no agroindustriales del país, maíz, frijol y café. Mientras que se dejan sin explorar otros posibles mecanismos que podrían explicar los resultados de esta investigación.

Como se ha sugerido en esta investigación, medidas de mitigación y adecuación al cambio climático en el país requieren del apoyo combinado de los ministerios de salud y agricultura junto con la alerta temprana del instituto de climatología del país. Esfuerzos que deben verse planificados y dirigidos por una única institución encargada de la seguridad alimentaria y nutricional en el país, evitando la duplicación de labores, focos de corrupción, y el uso inadecuado de los fondos públicos. Asimismo, dada la importancia del embarazo en el desarrollo del infante se deben de fortalecer las capacidades técnicas y médicas de las comadronas, principal referencia de salud maternal para muchas mujeres indígenas en el área rural del país, buscando que estas fusionen su conocimiento ancestral con el biomédico, permitiendo así una labor conjunta con los centros de asistencia primaria.



## Referencias

- Aguilar, A., y Vicarelli, M. (2018). El Niño and mexican children: medium-term effects of early-life weather shocks on cognitive and health outcomes. *Cambridge, United States: Harvard University, Department of Economics. Manuscript.*
- Almond, D., y Currie, J. (2011). Killing me softly: The fetal origins hypothesis. *Journal of Economic Perspectives*, 25(3), 153–72.
- American Health Organization, P. (2007a). *Health in the Americas, 2007* (Vol. 1). PAHO.
- American Health Organization, P. (2007b). *Health systems profile Guatemala* (Vol. 3). PAHO.
- Bamforth, I. (2019). Recommendations for data collection, analysis and reporting on anthropometric indicators in children under 5 years old. *World Health Organization.*
- Barker, D. J. (1990). The fetal and infant origins of adult disease. *BMJ: British Medical Journal*, 301(6761), 1111.
- Brasil-FAO, C. (2013). Alimentación escolar y las posibilidades de compra directa de la agricultura familiar. *Estudio nacional de Guatemala. Proyecto fortalecimiento de programas de alimentación escolar, 2025.*
- Changnon, S. A. (2000). *El niño 1997-1998: the climate Event of the Century.* Oxford University Press.
- Coyoy, E., y Palmieri, M. (2017). *Revisión estratégica de la situación de seguridad alimentaria y nutricional en Guatemala* (Inf. Téc.). ASÍES.
- Currie, J., y Deschênes, O. (2016). Children and climate change: Introducing the issue. *The future of children*, 3–9.
- Delgado, H. (2010). *Status and trends in chronic malnutrition in Guatemala* (Inf. Téc.). USAID.
- De Onis, M., y Blossner, M. (1997). *WHO global database on child growth and malnutrition* (Inf. Téc.). World Health Organization.
- De Onis, M., Borghi, E., Arimond, M., Webb, P., Croft, T., Saha, K., ... others (2019). Prevalence thresholds for wasting, overweight and stunting in children under 5 years. *Public Health Nutrition*, 22(1), 175–179.
- Fuentes, M., Bautista, M., Argueta, J., Garavito, F., y Herrera, L. (2002). *Estudio técnico: mejoramiento de la capacidad técnica para mitigar los efectos de futuros eventos de la variabilidad climática (el niño)* (Inf. Téc.).
- Glantz, M. H., y cols. (2001). *Currents of change: impacts of El Niño and La Niña on climate and society.* Cambridge University Press.
- González, D. (1982). El cultivo del ajonjolí. *Folleto técnico, ICTA.*
- Habicht, J.-P., y Martorell, R. (1992). Objectives, research design, and implementation of the INCAP longitudinal study. *Food and Nutrition Bulletin*, 14(3), 1–15.
- Immerman, R. H. (1980). Guatemala as Cold War History. *Political Science Quarterly*, 95(4), 629–653.
- INE. (2003). Características de la población y de los locales de habitación censados. *Censos 2002: XI de Población y VI de Habitación.*
- INE. (2004). Características generales de las fincas censales y de productoras y productores agropecuarios. *IV Censo nacional agropecuario.*

- Kogan, F., Guo, W., Yang, W., y Harlan, S. (2018). Space-based vegetation health for wheat yield modeling and prediction in australia. *Journal of Applied Remote Sensing*, 12(2).
- Kogan, F. N. (2001). Operational space technology for global vegetation assessment. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 82(9), 1949–1964.
- Kovats, R. S., Bouma, M. J., Hajat, S., Worrall, E., y Haines, A. (2003). El niño and health. *The Lancet*, 362(9394), 1481–1489.
- Lozano, V. (2005). Encuesta nacional sobre emigración internacional de guatemaltecos 2002-2003. *Población y Salud en Mesoamérica*, 2(2), 0.
- Melo, L. (2019). *WFP Guatemala Country Brief* (Inf. Téc.). WFP.
- Mersky, M., y Rodriguez, R. (1998). *Investigación de las violaciones de derechos humanos y hechos de violencia vinculados con el enfrentamiento armado interno*. Descargado de <https://web.archive.org/web/20130517103832/http://shr.aaas.org/guatemala/ceh/mds/spanish/toc.html> (CEH)
- Miranda, R., Saravia, N. G., Ackerman, R., Murphy, N., Berman, S., y McMurray, D. N. (1983). Effect of maternal nutritional status on immunological substances in human colostrum and milk. *The American journal of clinical nutrition*, 37(4), 632–640.
- Oliver, J. (1999). The Esquipulas Process: A Central American paradigm for resolving regional conflict. *Ethnic Studies Report*, 17(2), 149–179.
- OMM. (s.f.). *WMO Lead Centre for Deterministic NWP Verification (LC-DNV)*. Descargado de <https://confluence.ecmwf.int//display/WLD>
- Petersen, L. (2018). Real-time prediction of crop yields from modis relative vegetation health: A continent-wide analysis of africa. *Remote Sensing*, 10(11), 1726.
- Rabassa, M., Skoufias, E., y Jacoby, H. (2014). Weather and child health in rural Nigeria. *Journal of African Economies*, 23(4), 464–492.
- Rosales-Rueda, M. (2018). The impact of early life shocks on human capital formation: Evidence from El Niño floods in Ecuador. *Journal of Health Economics*, 62, 13–44.
- Sabino, C. (2008). *Guatemala: la historia silenciada (1944-1989). Tomo II: El dominó que no cayó*. Guatemala City: Fondo de Cultura Económica de Guatemala.
- Sabino, C. (2017). *Guatemala, la historia que vivimos 1985-2015*. Grafíaetc.
- Sadler, T. W., y Langman, J. (2007). *Langman: Embriología médica con orientación clínica* (n.º 611-013). Médica Panamericana.
- Salazar, L., Kogan, F., y Roytman, L. (2008). Using vegetation health indices and partial least squares method for estimation of corn yield. *International Journal of Remote Sensing*, 29(1), 175–189.
- Spring, P. C. M., Amancio, O. M. S., Nobriga, F., Araujo, G., Koppel, S. M., y Dodge, J. A. (1985). Fat and energy content of breast milk of malnourished and well nourished women, Brazil 1982. *Annals of tropical paediatrics*, 5(2), 83–87.
- Svoboda, M., Hayes, M., y Wood, D. (2012). Standardized precipitation index user guide. *World Meteorological Organization*.
- Vargas, N. (1996). *Las mujeres productoras de alimentos en guatemala: tecnología y comercialización* (Inf. Téc.). IICA, Guatemala.
- Walker, S. P., Wachs, T. D., Gardner, J. M., y cols. (2007). Child development: risk factors for adverse outcomes in developing countries. *The Lancet*, 369(9556), 145–157.

# Apéndice

## .1. Metodología de imputación datos climáticos

El Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Mediano Plazo, bajo su Servicio de Cambio Climático Copérnico, en su reanálisis de quinta generación, ERA5, genera datos climáticos desde el año 1979 al presente sobre una grilla de 0.25 grados latitud por 0.25 grados longitud; lo que genera en un mes dado 1,038,240 observaciones para todo el planeta. La forma correcta de interpretar los datos es a través de utilizar el sistema geodésico mundial del año 1984 (WSG 84) con la longitud referenciada desde el meridiano de Greenwich  $[0^\circ; 360^\circ]$ , mientras que la latitud desde el Ecuador  $[-90^\circ; +90^\circ]$ . Cada una de estas observaciones se debe entender como estimaciones punto a punto de una matriz. La figura 8 muestra genéricamente la forma en que se visualiza la grilla sobre el planeta.

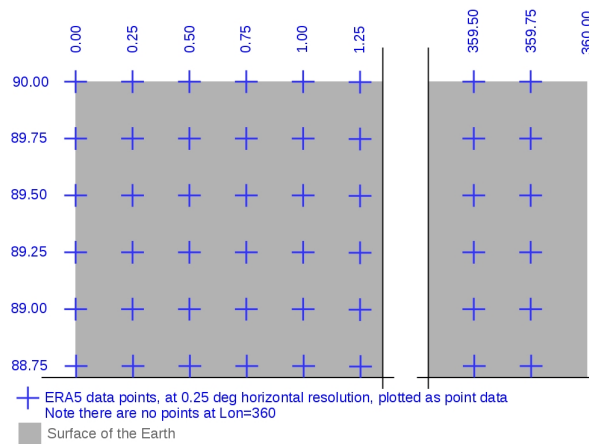


Figura 8: grilla regular sobre la superficie terrestre. Fuente: EWMCF.

De manera que los datos se encuentran almacenados en matrices tridimensionales; latitud, longitud y tiempo. Con la finalidad de extraer los datos de manera eficiente, se programó en Python su extracción. Los pasos implementados fueron los siguientes:

1. Se geolocalizaron los 332 municipios del país al año 2000, donde se usó como punto de referencia la plaza central de cada uno de ellos.
2. Utilizando un criterio de vecino más cercano se imputó la precipitación total de la medición más cercana a la plaza central del municipio entre los años 1979 y 2000.

## .2. Gráficos adicionales

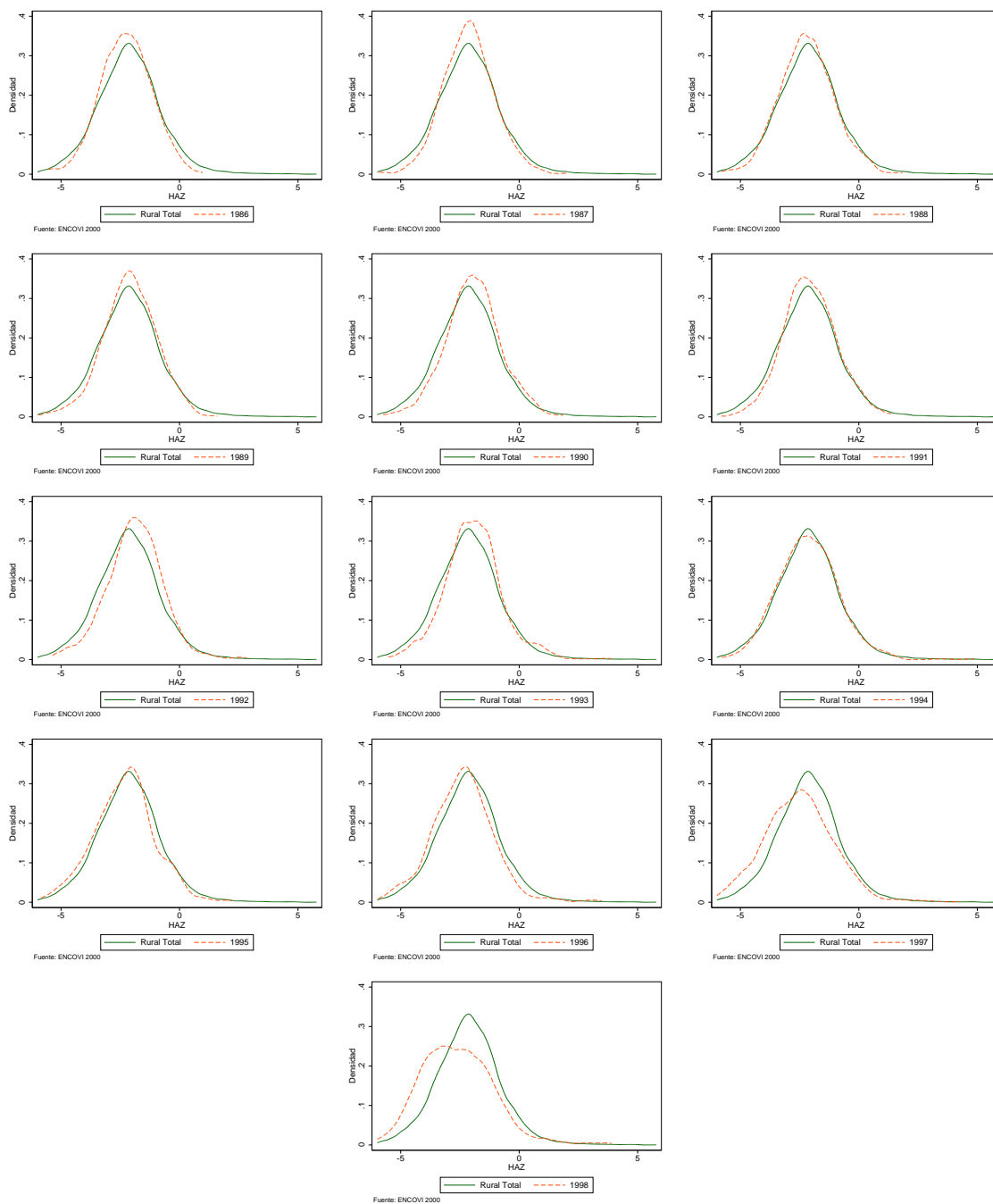
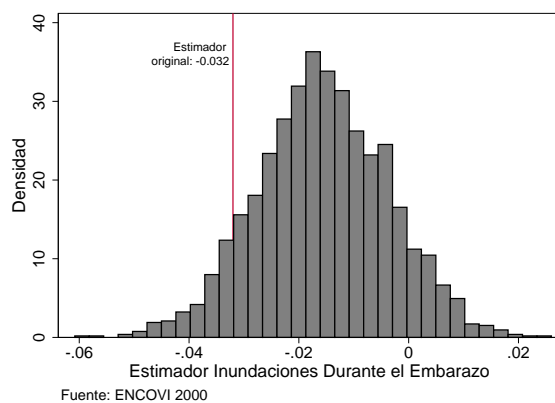
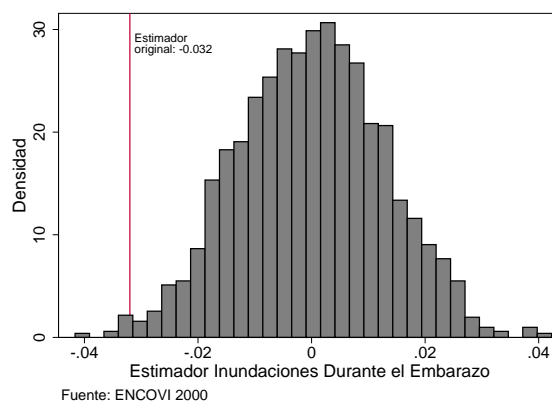


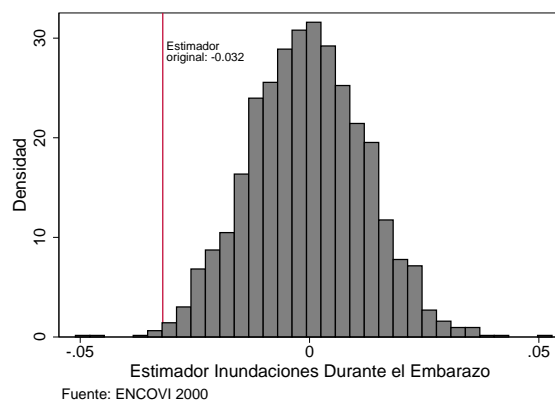
Figura 9: distribuciones de la altura para la edad, según año de nacimiento.



(a) Aleat. geográfica



(b) Aleat. temporal



(c) Aleat. geográfica y temporal

Figura 10: estimador inundaciones durante el embarazo.

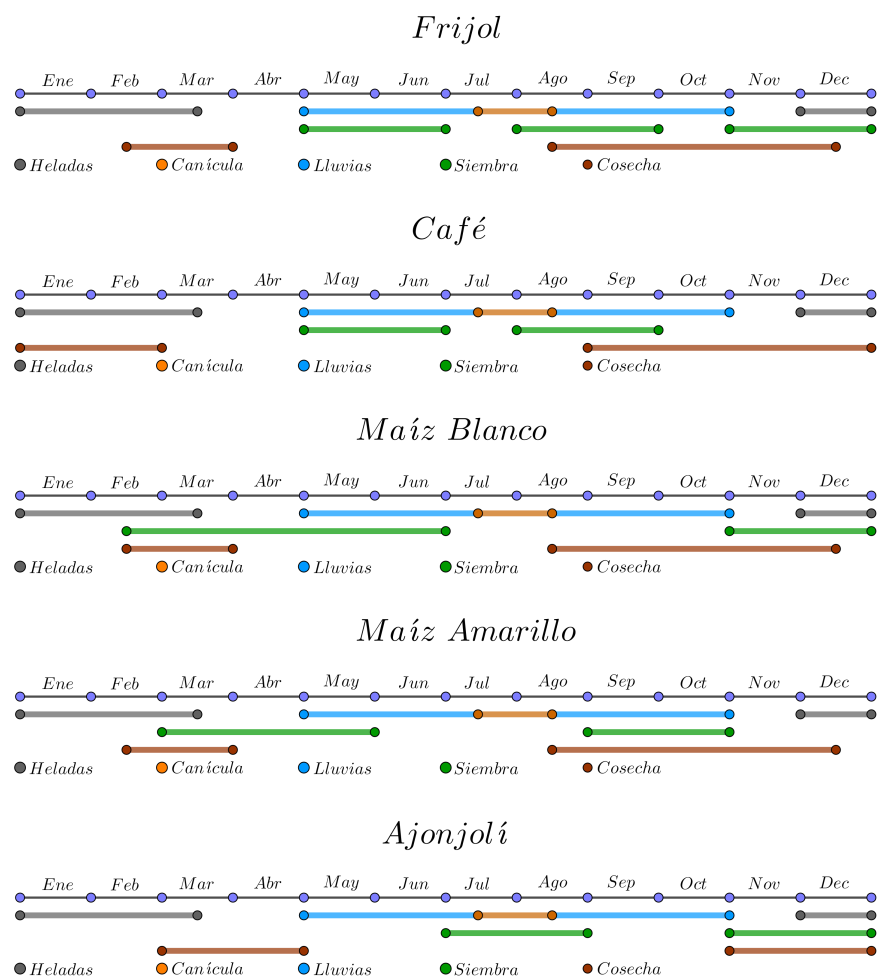


Figura 11: épocas de siembra y cosecha, en condiciones normales.

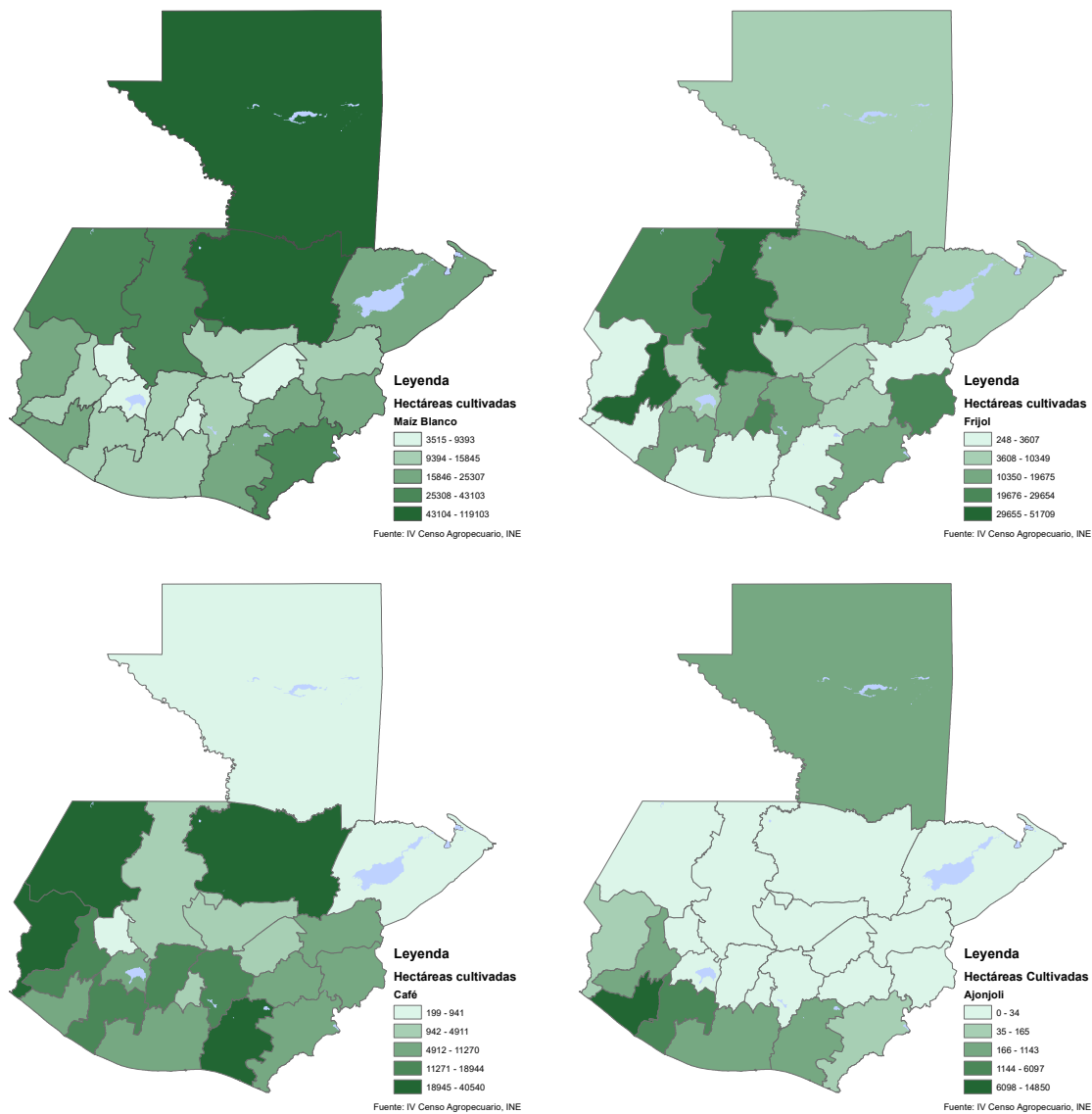


Figura 12: distribución productos agrícolas.

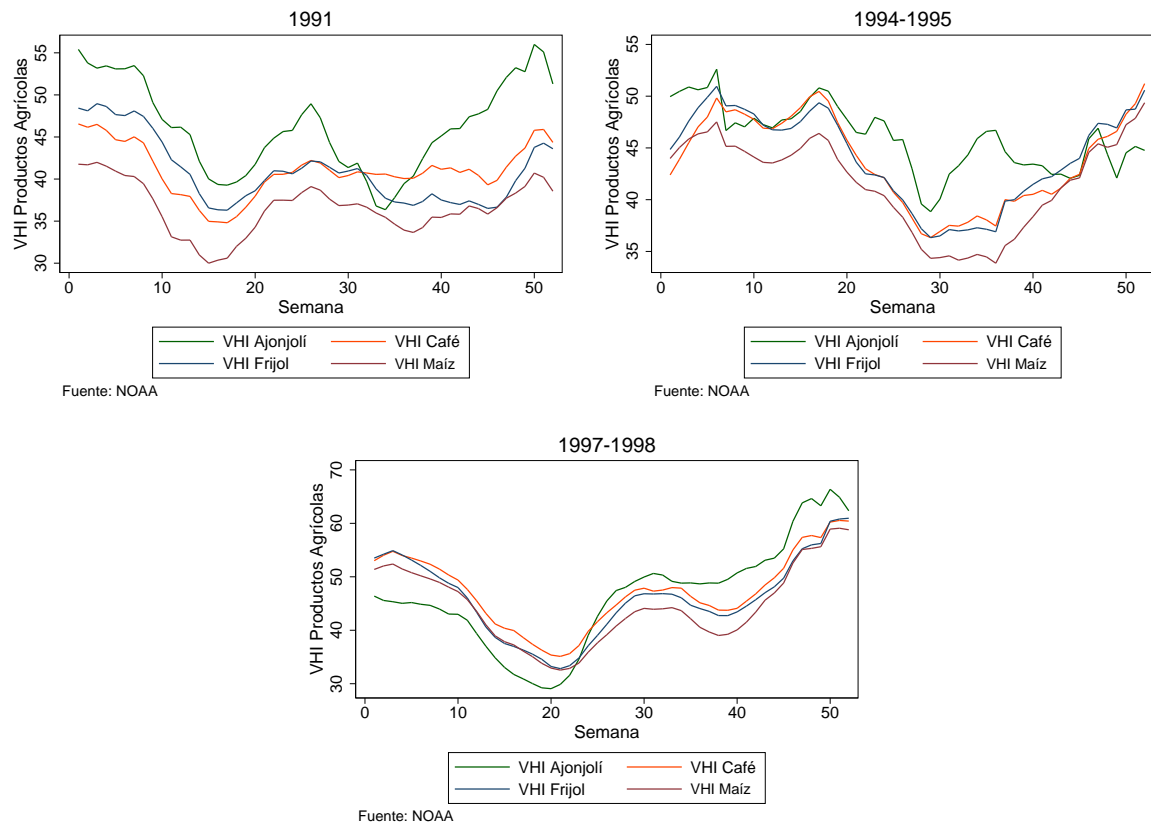


Figura 13: VHI en años con fenómeno del Niño.



### .3. Tablas adicionales

Tabla 12: robustez a nivel de trimestres con criterios más restrictivos.

	1.5 Desv. Est.	2 Desv. Est.
<i>Primer trimestre del embarazo</i>	-0.070** (0.032)	-0.097** (0.045)
<i>Segundo trimestre del embarazo</i>	-0.039 (0.027)	-0.005 (0.044)
<i>Tercer trimestre del embarazo</i>	-0.015 (0.030)	-0.029 (0.038)
Variables del hogar	✓	✓
Efecto fijo cohorte	✓	✓
Efecto fijo municipio	✓	✓
Promedio variable dependiente (HAZ)	—	-2.193
Núm. observaciones	—	7376

*Notas:* errores estándar, en paréntesis, agrupados a nivel de municipio. Dentro del conjunto de variables del hogar se incluyen el sexo del infante, su mes de nacimiento, su edad y el promedio de su hogar, la educación del jefe del hogar, la presencia del padre y la madre en el hogar, el orden de nacimiento, un identificador étnico, conexión a agua, drenajes y electricidad, el uso de leña, el número de habitantes del hogar y un identificador de pobreza del hogar. *Nivel de significancia:* \*\*\* $p < 0.01$ , \*\* $p < 0.05$ , \* $p < 0.1$ . *Fuente:* ENCOVI 2000.

Tabla 13: estadísticas descriptivas de submuestras de hogares agrícolas.

	Forma contractual tierra		Tamaño del terreno				Tierra al nacer el infante		Forma en que obtuvo la tierra		
	Dueño	Renta	≤0.5 ha	0.5-1 ha	1-1.5 ha	≥1.5 ha	Tiene	No Tiene	Compra	Herencia	Otras
<i>Educación jefe de hogar</i>	2.38	2.47	2.42	2.28	2.53	2.51	2.25	2.75	2.24	2.57	1.94
<i>Se reconoce como ladino</i>	0.35	0.52	0.30	0.47	0.56	0.65	0.32	0.44	0.34	0.34	0.45
<i>La madre está en el hogar</i>	0.95	0.96	0.95	0.95	0.94	0.92	0.94	0.96	0.94	0.96	0.92
<i>El padre está en el hogar</i>	0.86	0.90	0.85	0.86	0.91	0.87	0.85	0.87	0.84	0.86	0.88
<i>Pobreza</i>	0.80	0.79	0.80	0.81	0.82	0.72	0.86	0.83	0.85	0.85	0.89
<i>Herramientas pequeñas</i>	0.93	0.93	0.91	0.95	0.96	0.93	0.94	0.93	0.93	0.94	0.97
<i>Bomba de fumigación</i>	0.41	0.42	0.35	0.45	0.62	0.64	0.46	0.39	0.49	0.39	0.60
<i>Sistema de riego</i>	0.04	0.01	0.05	0.01	0.01	0.02	0.05	0.05	0.05	0.05	0.02
<i>Animales de trabajo</i>	0.13	0.07	0.06	0.11	0.23	0.33	0.15	0.10	0.15	0.12	0.16
<i>Silo para alimentos</i>	0.10	0.12	0.07	0.15	0.12	0.19	0.09	0.07	0.11	0.09	0.03

Fuente: ENCOVI 2000.

Tabla 14: heterogeneidad en formas no tradicionales de obtención del terreno.

	Adjudicado o concesionado	Derecho posesorio u ocupación	Otras formas de obtención (a)
<i>Inundaciones durante el embarazo</i>	-0.589* (0.290)	-0.130 (0.084)	-0.051 (0.351)
<i>Inundaciones primer año de vida</i>	-0.044 (0.139)	0.087 (0.077)	-0.268* (0.123)
<i>Inundaciones segundo año de vida</i>	0.003 (0.141)	0.083 (0.061)	0.034 (0.144)
<i>Sequías durante el embarazo</i>	-0.039 (0.217)	-0.015 (0.052)	0.054 (0.419)
<i>Sequías en el primer año de vida</i>	-0.035 (0.181)	0.054 (0.054)	-0.213 (0.175)
<i>Sequías en el segundo año de vida</i>	0.215 (0.204)	-0.055 (0.056)	-0.312* (0.149)
Variables del hogar	✓	✓	✓
Efecto fijo cohorte	✓	✓	✓
Efecto fijo municipio	✓	✓	✓
Promedio variable dependiente (HAZ)	-2.340	-2.174	-2.526
Núm. observaciones	93	220	75

*Notas:* errores estándar, en paréntesis, agrupados a nivel de municipio. Dentro del conjunto de variables del hogar se incluyen el sexo del infante, su mes de nacimiento, su edad y el promedio de su hogar, la educación del jefe del hogar, la presencia del padre y la madre en el hogar, el orden de nacimiento, un identificador étnico, conexión a agua, drenajes y electricidad, el uso de leña, el número de habitantes del hogar y un identificador de pobreza del hogar. *Nivel de significancia:* \*\*\* $p < 0.01$ , \*\* $p < 0.05$ , \* $p < 0.1$ . *Fuente:* ENCOVI 2000.

(a) Aquí se encuentran aquellos que recibieron su terreno a través del Programa de Paz o de alguna otra manera no especificada.

Tabla 15: heterogeneidad según actividad del hogar, contrato y tamaño de la tierra; criterio 1.5 sd.

	Actividad del hogar		Forma contractual tierra		Tamaño del terreno			
	Agrícola	No Agrícola	Dueño	Renta	≤0.5 ha	0.5-1 ha	1-1.5 ha	≥1.5 ha
<i>Inundaciones durante el embarazo</i>	-0.056** (0.024)	0.027 (0.043)	-0.061** (0.028)	-0.034 (0.048)	-0.068** (0.030)	-0.108* (0.064)	0.044 (0.085)	-0.059 (0.066)
<i>Inundaciones en el primer año de vida</i>	-0.021 (0.017)	0.010 (0.035)	-0.024 (0.022)	-0.017 (0.037)	-0.033 (0.023)	0.036 (0.038)	-0.135** (0.045)	-0.045 (0.061)
<i>Inundaciones en el segundo año de vida</i>	-0.003 (0.018)	0.002 (0.036)	-0.002 (0.020)	0.029 (0.034)	-0.013 (0.024)	0.025 (0.034)	-0.067 (0.055)	-0.111 (0.075)
<i>Sequías durante el embarazo</i>	0.012 (0.030)	-0.057 (0.056)	0.029 (0.040)	-0.025 (0.050)	0.008 (0.046)	-0.005 (0.084)	-0.007 (0.084)	0.077 (0.106)
<i>Sequías en el primer año de vida</i>	0.012 (0.029)	0.039 (0.052)	-0.011 (0.038)	0.059 (0.058)	-0.019 (0.038)	0.118* (0.069)	-0.088 (0.080)	-0.096 (0.070)
<i>Sequías en el segundo año de vida</i>	0.036 (0.026)	0.000 (0.057)	0.061* (0.036)	0.013 (0.046)	0.089** (0.041)	-0.062 (0.066)	-0.018 (0.083)	0.011 (0.102)
Variables del hogar	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Efecto fijo cohorte	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Efecto fijo municipio	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Promedio variable dependiente (HAZ)	-2.332	-1.831	-2.411	-2.127	-2.450	-2.280	-2.093	-1.868
Núm. observaciones	5354	2022	3860	1494	3123	1170	543	518

*Notas:* errores estándar, en paréntesis, agrupados a nivel de municipio. Dentro del conjunto de variables del hogar se incluyen el sexo del infante, su mes de nacimiento, su edad y el promedio de su hogar, la educación del jefe del hogar, la presencia del padre y la madre en el hogar, el orden de nacimiento, un identificador étnico, conexión a agua, drenajes y electricidad, el uso de leña, el número de habitantes del hogar y un identificador de pobreza del hogar. *Nivel de significancia:* \*\*\* $p < 0.01$ , \*\* $p < 0.05$ , \* $p < 0.1$ . *Fuente:* ENCOVI 2000.

Tabla 16: heterogeneidad en dueños de la tierra; criterio 1.5 sd.

	Tierra al nacer el infante		Forma en que obtuvo la tierra		
	Tiene	No Tiene	Compra	Herencia	Otras (a)
<i>Inundaciones durante el embarazo</i>	-0.070** (0.035)	-0.008 (0.057)	-0.078 (0.055)	-0.021 (0.035)	-0.169* (0.091)
<i>Inundaciones primer año de vida</i>	-0.012 (0.026)	-0.051 (0.040)	0.015 (0.038)	-0.062** (0.031)	0.029 (0.064)
<i>Inundaciones segundo año de vida</i>	0.001 (0.024)	0.007 (0.047)	-0.026 (0.037)	0.016 (0.029)	-0.032 (0.053)
<i>Sequías durante el embarazo</i>	0.008 (0.050)	0.091** (0.070)	0.023 (0.062)	0.038 (0.062)	0.090 (0.132)
<i>Sequías en el primer año de vida</i>	0.000 (0.047)	-0.086 (0.075)	0.080 (0.074)	-0.100* (0.054)	0.064 (0.098)
<i>Sequías en el segundo año de vida</i>	0.057 (0.041)	0.022 (0.072)	0.133** (0.064)	0.007 (0.047)	0.002 (0.086)
Variables del hogar	✓	✓	✓	✓	✓
Efecto fijo cohorte	✓	✓	✓	✓	✓
Efecto fijo municipio	✓	✓	✓	✓	✓
Promedio variable dependiente (HAZ)	-2.452	-2.294	-2.363	-2.469	-2.280
Núm. observaciones	2871	989	1429	2043	388

*Notas:* errores estándar, en paréntesis, agrupados a nivel de municipio. Dentro del conjunto de variables del hogar se incluyen el sexo del infante, su mes de nacimiento, su edad y el promedio de su hogar, la educación del jefe del hogar, la presencia del padre y la madre en el hogar, el orden de nacimiento, un identificador étnico, conexión a agua, drenajes y electricidad, el uso de leña, el número de habitantes del hogar y un identificador de pobreza del hogar. *Nivel de significancia:* \*\*\* $p < 0.01$ , \*\* $p < 0.05$ , \* $p < 0.1$ . *Fuente:* ENCOVI 2000.

(a) Aquí se agrupan aquellos que lo recibieron por adjudicación, derecho posesorio, ocupación, concesión o por el Programa de la Paz.

Tabla 17: heterogeneidad según actividad del hogar, contrato y tamaño de la tierra; criterio 2 sd.

	Actividad del hogar		Forma contractual tierra		Tamaño del terreno			
	Agrícola	No Agrícola	Dueño	Renta	≤0.5 ha	0.5-1 ha	1-1.5 ha	≥1.5 ha
<i>Inundaciones durante el embarazo</i>	-0.066** (0.026)	0.037 (0.051)	-0.072** (0.031)	-0.049 (0.055)	-0.080** (0.034)	-0.135 (0.095)	0.076 (0.094)	-0.087 (0.092)
<i>Inundaciones en el primer año de vida</i>	-0.043* (0.023)	0.055 (0.050)	-0.028 (0.030)	-0.061 (0.046)	-0.074** (0.031)	0.018 (0.051)	-0.171** (0.060)	-0.047 (0.075)
<i>Inundaciones en el segundo año de vida</i>	-0.014 (0.021)	0.015 (0.047)	-0.006 (0.027)	-0.001 (0.043)	-0.021 (0.030)	0.003 (0.043)	-0.111 (0.089)	-0.084 (0.092)
<i>Sequías durante el embarazo</i>	0.143** (0.069)	-0.29*** (0.086)	0.184** (0.079)	-0.008 (0.141)	0.210** (0.091)	0.084 (0.266)	-0.102 (0.218)	-0.024 (0.122)
<i>Sequías en el primer año de vida</i>	0.030 (0.056)	0.173* (0.088)	-0.039 (0.079)	0.124 (0.103)	-0.048 (0.064)	0.180 (0.163)	-0.015 (0.229)	-0.063 (0.152)
<i>Sequías en el segundo año de vida</i>	0.142** (0.061)	0.017 (0.105)	0.176** (0.076)	0.023 (0.100)	0.133* (0.076)	0.204 (0.189)	-0.235 (0.223)	0.541** (0.203)
Variables del hogar	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Efecto fijo cohorte	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Efecto fijo municipio	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Promedio variable dependiente (HAZ)	-2.332	-1.831	-2.411	-2.127	-2.450	-2.280	-2.093	-1.868
Núm. observaciones	5354	2022	3860	1494	3123	1170	543	518

*Notas:* errores estándar, en paréntesis, agrupados a nivel de municipio. Dentro del conjunto de variables del hogar se incluyen el sexo del infante, su mes de nacimiento, su edad y el promedio de su hogar, la educación del jefe del hogar, la presencia del padre y la madre en el hogar, el orden de nacimiento, un identificador étnico, conexión a agua, drenajes y electricidad, el uso de leña, el número de habitantes del hogar y un identificador de pobreza del hogar. *Nivel de significancia:* \*\*\* $p < 0.01$ , \*\* $p < 0.05$ , \* $p < 0.1$ . *Fuente:* ENCOVI 2000.

Tabla 18: heterogeneidad en dueños de la tierra; criterio 2 sd.

	Tierra al nacer el infante		Forma en que obtuvo la tierra		
	Tiene	No Tiene	Compra	Herencia	Otras (a)
<i>Inundaciones durante el embarazo</i>	-0.079** (0.036)	-0.031 (0.077)	-0.090 (0.059)	-0.025 (0.045)	-0.187** (0.061)
<i>Inundaciones primer año de vida</i>	-0.038 (0.034)	0.020 (0.052)	0.014 (0.052)	-0.049 (0.043)	0.017 (0.069)
<i>Inundaciones segundo año de vida</i>	-0.010 (0.032)	0.020 (0.052)	-0.056 (0.044)	0.031 (0.041)	-0.058 (0.081)
<i>Sequias durante el embarazo</i>	0.203** (0.092)	0.206 (0.193)	0.109 (0.136)	0.217 (0.139)	0.101 (0.313)
<i>Sequias en el primer año de vida</i>	0.012 (0.119)	-0.249* (0.143)	0.020 (0.145)	-0.052 (0.126)	-0.410* (0.219)
<i>Sequias en el segundo año de vida</i>	0.200** (0.097)	0.119 (0.150)	0.180 (0.114)	0.189* (0.107)	-0.015 (0.374)
Variables del hogar	✓	✓	✓	✓	✓
Efecto fijo cohorte	✓	✓	✓	✓	✓
Efecto fijo municipio	✓	✓	✓	✓	✓
Promedio variable dependiente (HAZ)	-2.452	-2.294	-2.363	-2.469	-2.280
Núm. observaciones	2871	989	1429	2043	388

*Notas:* errores estándar, en paréntesis, agrupados a nivel de municipio. Dentro del conjunto de variables del hogar se incluyen el sexo del infante, su mes de nacimiento, su edad y el promedio de su hogar, la educación del jefe del hogar, la presencia del padre y la madre en el hogar, el orden de nacimiento, un identificador étnico, conexión a agua, drenajes y electricidad, el uso de leña, el número de habitantes del hogar y un identificador de pobreza del hogar. *Nivel de significancia:* \*\*\* $p < 0.01$ , \*\* $p < 0.05$ , \* $p < 0.1$ . *Fuente:* ENCOVI 2000.

(a) Aquí se agrupan aquellos que lo recibieron por adjudicación, derecho posesorio, ocupación, concesión o por el Programa de la Paz.