

**Cambio Climático y Desigualdad Desde la Cuna:  
El Impacto de la Variabilidad de la Temperatura en el Peso al Nacer\***

**Informe Final**

Proyecto Mediano  
CIES-IDRC-DFATD-Fundación M.J. Bustamante 2014

Investigadores Responsables:

Oswaldo Molina  
[o.molinac@up.edu.pe](mailto:o.molinac@up.edu.pe)

Victor Saldarriaga  
[vsaldarriaga@alumni.ubc.ca](mailto:vsaldarriaga@alumni.ubc.ca)

13 de noviembre de 2015

---

\* Los autores agradecen el financiamiento otorgado por IDRC-Canada, la Fundación M.J. Bustamante y el Consorcio de Investigación Económica y Social – CIES para la elaboración del presente estudio. Agradecimientos especiales a Martha Rodríguez, a los participantes del taller de presentación de propuestas CIES, a los participantes del seminario de investigación de la Universidad del Pacífico y a un lector anónimo por los comentarios vertidos en versiones anteriores del estudio. Cualquier error u omisión es de responsabilidad exclusiva de los autores.

## Resumen

Este estudio explora el efecto del cambio climático en la salud de los recién nacidos. Se utilizan datos de alta resolución (0.5 x 0.5 grados; aproximadamente 56 kilómetros alrededor del Ecuador) que permiten interpolar las temperaturas históricas mensuales de cada distrito del Perú y que son combinados con indicadores de salud neo-natal (peso al nacer, tamaño al nacimiento, método de parto) e indicadores socio-económicos del hogar provenientes de la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar del periodo 1992-2013. La riqueza de los datos permite explotar las variaciones inter-anales en la temperatura dentro de un distrito y estación (mes) del año; variación que es utilizada para identificar los efectos de la variabilidad de la temperatura en la salud neo-natal. Los resultados sugieren que un aumento de una desviación estándar por encima de la temperatura histórica local reduce el peso al nacer en 21.7 gramos y aumenta la probabilidad de que un niño nazca con bajo peso en 1.1 puntos porcentuales (14%). Asimismo, se encuentra que son las temperaturas cálidas y no las frías las que afectan en mayor medida la condición de salud al nacimiento.

## Abstract

This paper explores the effect of climate change on the health of newborns. A high resolution database (0.5 x 0.5 degrees; approx. 56 kilometers at the Equator) is used to interpolate municipality-level monthly historical temperatures in Peru. Information on each municipality's historical temperatures is then combined with indicators for health at birth (birth weight, size at birth, delivery method) and household's socio-economic characteristics from the Demographic and Health Surveys over the period 1992-2013. The resulting wealth of data allows exploiting inter-annual variation on temperatures within a given municipality and season (month) of the year to uncover the effects of *in-utero* exposure to temperature variability on health at birth. Results indicate that a temperate 1 standard deviation increase relative to the municipality's historical temperature mean reduces birth weight by 21.7 grams and increases the probability a baby is born with low weight (birth weight < 2,500 grams) by 1.1 percentage points (14%). Results also suggest that *in-utero* exposure to relatively warmer (and not colder) temperatures affect the health status of newborns.

## 1. Introducción

¿Afecta el cambio climático la salud de los individuos? Esta pregunta es crucial para entender los alcances y costos asociados, tanto de corto como de largo plazo, a un fenómeno global que ya se vive en la actualidad y también para el diseño de políticas públicas orientadas a mitigar sus potenciales efectos. Los estudios que realizan cálculos de los costos del cambio climático muchas veces ignoran el efecto de este fenómeno en la salud poblacional y sus consecuencias, lo cual subestima la importancia y magnitud del mismo (Deschenes et al. 2009). Por ejemplo, si el cambio climático afectara negativamente la salud de los individuos, esto no solamente significaría un mayor gasto en términos de políticas orientadas a la atención de la salud por parte de los gobiernos, sino que también podría reducir la productividad laboral de la población, impactando negativamente en la economía de los países (Thomas y Strauss 1997; Bloom et al. 2004). Asimismo, el cálculo de costo-beneficio de las intervenciones preventivas asociadas al cambio climático se vería afectado.

En el futuro se espera un aumento en la temperatura global de aproximadamente 0.2 grados centígrados por década (IPCC 2013). El aumento de la temperatura global trae consigo una mayor variabilidad climática, al mismo tiempo que se espera una mayor severidad de los eventos meteorológicos en el mundo (McMichael et al. 2006; Easterling et al. 2000). La variabilidad del clima ha sido uno de los principales temas en la agenda de los últimos años del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés). En general, la preocupación radica en los efectos que la variabilidad climática pueda tener en la salud de las personas, pues se espera que el calentamiento global genere inseguridad alimentaria (debido a una menor productividad agrícola), transmisión de enfermedades infecciosas, enfermedades mentales, entre otras (IPCC 2013, p. 19; OMS 2003).

La evidencia en cuanto a los impactos del cambio climático - particularmente, la variabilidad climática - en la salud, no obstante, es escasa. Mucho más limitada aún es la evidencia existente en países en desarrollo, como es el caso del Perú. Ello se debe en gran parte a la poca información meteorológica que cubra amplios periodos temporales como, por ejemplo, la evolución de la temperatura y precipitación en diferentes zonas geográficas durante el último siglo. Del mismo modo, la imprecisión de los datos meteorológicos existentes y la falta de fuentes de información adecuadas del estado de la salud de los individuos hacen que la evidencia existente no sea conclusiva. Esta falta de información, a su vez, se traduce en falta de conocimiento de qué tipo de políticas públicas orientadas a la mitigación de los impactos del cambio climático pueden ser diseñadas y cuáles serían sus potenciales beneficios.

Los hacedores de política en el mundo sostienen que “(...) *la investigación asociada a los efectos del cambio climático en la adaptación y desarrollo humano (especialmente en temas relacionadas a la*

*salud humana) debe ser una de las prioridades de la ciencia en la actualidad*<sup>1</sup>. Es importante también tener conocimiento de qué grupo poblacional puede verse más afectado por el cambio climático. De particular interés para los expertos en cambio climático y medio ambiente es tener conocimiento de cómo la variabilidad de la temperatura afecta el desarrollo fetal e infantil, especialmente a través de la nutrición (NIEHS 2010).

Por lo general, las políticas de salud infantil orientadas a la atención ante desastres climatológicos con el objetivo de reducir la mortalidad infantil en el Perú se enfocan en intervenciones durante la etapa post-natal (Plan Multisectorial para la Atención de Heladas y Frijaje 2013). Sin embargo, se ignora completamente que las intervenciones durante la etapa pre-natal pueden tener impactos mayores (Cutler 2004; Almond et al. 2005; Oreopoulos et al. 2008). Asimismo, las inversiones en salud en etapas pre-natales tienen retornos mucho mayores que aquellas realizadas en etapas post-natales (Saldarriaga 2015). Literatura reciente muestra que el estado de salud del feto, aparte de reducir la mortalidad infantil, tiene efectos positivos en la educación (Conley y Bannett 2000; Behrman y Rosenzweig 2004; Black et al. 2007; Royer 2009), cognición (Loughran et al. 2004; Del Bono y Ermisch 2009; Bharadwaj et al. 2014), salud (Brooks y Adger 2003; Saldarriaga 2015) y bienestar en general de los individuos en el corto, mediano y largo plazo.

La presente investigación busca cerrar parte de la brecha de evidencia existente en cuanto al efecto del cambio climático, medido a través de la variabilidad de la temperatura, en la salud; en particular, el estado de salud al momento del nacimiento. El objetivo del estudio es responder a la pregunta de *¿cómo la variabilidad de la temperatura, generada por el cambio climático, afecta el estado de salud al momento del nacimiento en el Perú?* Asimismo, los objetivos secundarios son: (1) determinar efectos diferenciados de la variabilidad de la temperatura durante la gestación en la salud neo-natal de acuerdo a características de los niños, (2) estimar los costos asociados al deterioro de la salud neo-natal como causa de la variabilidad de la temperatura y (3) predecir los efectos del cambio climático en la salud neo-natal para los próximos años.

La contribución del estudio puede separarse de acuerdo con el aspecto académico y de políticas públicas. En el aspecto académico, el estudio añade evidencia de los efectos de la variabilidad de la temperatura en la salud neo-natal a partir de datos provenientes de un país en desarrollo. A diferencia de países desarrollados, en el Perú no se cuenta con la tecnología necesaria para atenuar los impactos de los cambios bruscos en la temperatura (calefacción o aire acondicionado) y mucho menos con los recursos para adquirirlos. Por ello, se espera que los efectos encontrados en países en desarrollo reflejen mejor el efecto del cambio climático en la salud neo-natal. Segundo, la información de

---

<sup>1</sup> Traducción propia del *National Research Council: Strategic Advice on the US Climate Change Science Program 2009*, p. 92.

temperatura con la que se cuenta es de calidad superlativa, lo cual permite ser bastante precisos en cuanto a la asignación de la temperatura de cada zona geográfica<sup>2</sup>, reduciendo la probabilidad de atenuar los resultados por error de medición.

En cuanto al diseño y formulación de políticas públicas, el estudio permite, primero, cuantificar los costos asociados a la pérdida de productividad generada por los efectos de la variabilidad de la temperatura en la salud neo-natal, los cuales no han sido anteriormente calculados. Segundo, es posible predecir cuáles serán los efectos esperados del cambio climático en la salud de poblaciones futuras, a modo de realizar un plan de acciones preventivas desde la actualidad. Finalmente, se busca brindar sugerencias de políticas, a corto y largo plazo, con el fin de mitigar los efectos de la variabilidad del clima en la salud neo-natal y mortalidad infantil al mismo tiempo de adaptar a la población ante los cambios de clima esperados.

Para obtener estimados robustos del efecto de la variabilidad de la temperatura en la salud neo-natal se hace uso de una fuente de información que provee la temperatura y precipitación global con una periodicidad mensual de los años 1900-2010. Esta fuente de información reporta datos a un detalle de 0.5 x 0.5 grados (cada grado equivale a un aproximado de 56 kilómetros alrededor del Ecuador), cubriendo la totalidad del territorio peruano. Esta información es combinada con datos de indicadores de salud neo-natal - principalmente el peso al nacer, la prevalencia de bajo peso al nacer y complicaciones durante el parto - que provee la Encuesta Demográfica de Salud Familiar.

Dado que la variabilidad de la temperatura no puede ser anticipada por los individuos, la estrategia empírica se basa en comparar a niños nacidos en un mes en particular y dentro de un mismo distrito que fueron expuestos a distinta variabilidad climática a lo largo de los años. La riqueza de la información que se tiene permite también utilizar información geo-referenciada de los conglomerados o centros poblados donde se localizan los hogares, aumentando la precisión y por tanto robustez de los resultados.

Los resultados sugieren que un aumento de la temperatura por encima de una desviación estándar con respecto al promedio histórico distrital (aproximadamente 2.25 grados centígrados) reduce el peso al nacer en 22 gramos y aumenta la prevalencia de bajo peso al nacer en 1.1 puntos porcentuales (14%). No se encuentran resultados significativos en el sentido estadístico para temperaturas inusualmente frías. Este resultado puede interpretarse como que son las temperaturas inusualmente cálidas las que perjudican la salud de los recién nacidos, y es consistente con la hipótesis de que el calentamiento global tiene repercusiones en la salud de los bebés a futuro. Asimismo, se espera que, de cumplirse las proyecciones de temperaturas futuras en base a los modelos meteorológicos más avanzados en la actualidad, las poblaciones futuras en el Perú nazcan pesando entre 20 y 30 gramos menos con respecto

---

<sup>2</sup> Se cuenta con datos geo-referenciados (latitud y longitud) del centro poblado/conglomerado donde se encuentra situado la vivienda en la base de datos que será utilizada para el análisis empírico.

al peso al nacer promedio actual y se espera que la prevalencia de bajo peso al nacer aumente entre 10% y 20% con respecto a la prevalencia actual.

El estudio se organiza de la siguiente manera. En la sección 2 se discute brevemente la evolución de la temperatura en el Perú, se presenta evidencia de cómo es que el cambio climático ha afectado la trayectoria de la temperatura y se resume las políticas existentes referentes a la prevención y paliación de los efectos del cambio climático y eventos climatológicos en la salud. En la sección 3 se introduce el marco conceptual que guiará el análisis empírico a lo largo del documento y se discute la evidencia empírica existente en cuanto a los efectos de la temperatura y otros eventos climatológicos en la salud neo-natal. La sección 4 presenta la estrategia empírica y las fuentes de información que serán utilizadas para la identificación de los efectos de interés. La sección 5 presenta los resultados del análisis empírico. La sección 6 discute la validez de los resultados y presenta un cálculo de los costos asociados al deterioro de la salud neo-natal (en términos de productividad laboral en la adultez) y los impactos esperados en la salud neo-natal de poblaciones futuras. La sección 7 presenta las conclusiones y la sección 8 aborda las recomendaciones y plan de incidencia del estudio.

## **2. El cambio climático en el Perú**

Esta sección describe brevemente la situación del Perú frente al cambio climático. La discusión se divide en tres ejes: la evidencia existente en cuanto a la temperatura ambiental en la última mitad del siglo XX, el marco institucional y las políticas públicas existentes frente al cambio climático.

### **2.1. Temperatura ambiental (1950-2010)**

En la segunda mitad del siglo XX, la temperatura a lo largo del territorio nacional ha ido en aumento. La temperatura ambiental promedio en el Perú en un periodo de 60 años se ha incrementado en 0.55 grados centígrados. No obstante, este incremento en la temperatura ha sido desigual en distintas zonas geográficas del país.

Año tras año se registran incrementos inusuales de las temperaturas, especialmente durante las épocas de verano. Esto trae como consecuencias mayores precipitaciones en la sierra y selva del país, con riesgos de inundaciones y desbordes de ríos<sup>3</sup>. Asimismo, las altas temperaturas han llegado a afectar la operatividad de las instituciones públicas, muchas veces retrasando los servicios públicos

---

<sup>3</sup> Ver por ejemplo las noticias referentes a la exposición radiación UV extrema en los departamentos del norte del país (<http://elcomercio.pe/peru/pais/tumbes-y-piura-soportaran-niveles-extremos-radiacion-uv-noticia-1793053>) y las advertencias del SENAMHI en cuanto al desborde de ríos por lluvias intensas (<http://elcomercio.pe/peru/loreto/loreto-rio-ucayali-fue-declarado-alerta-hidrologica-roja-noticia-1788868>).

como es el caso de la educación. Por ejemplo, se ha previsto que el inicio del año escolar 2015 se retrase algunas semanas debido a la ola de calor que afecta al departamento de Piura<sup>4</sup>.

La Figura 1 muestra el cambio en la temperatura ambiental promedio entre las décadas de 1950-1960 y 2000-2010. En general, la mayoría de distritos ha mostrado un incremento en la temperatura ambiental en la última mitad del siglo pasado. La región amazónica es la que ha experimentado un mayor aumento de la temperatura ambiental, especialmente en los departamentos de Loreto, Ucayali y Madre de Dios. La zona costera del centro del país, que comprende parte del departamento de Lima e Ica, ha mostrado también un incremento en la temperatura ambiental durante los últimos 60 años. Asimismo, algunas zonas en la costa norte del país, en especial en el departamento de Piura, han mostrado tendencias positivas en cuanto a la temperatura ambiental.

Una manera alternativa de evaluar los cambios que se han dado en cuanto a la temperatura ambiental en el Perú es a partir de la variabilidad de la temperatura, definida como las desviaciones respecto de la temperatura promedio de cada distrito (Scherrer et al. 2005). La Figura 2 muestra dos paneles: el panel superior que muestra la variabilidad de la temperatura y el panel inferior que muestra el porcentaje de distritos que experimentaron temperaturas inusuales (definido como temperaturas con 1 desviación estándar por encima o por debajo de la temperatura promedio histórica distrital) a lo largo de los años para el periodo 1950-2010.

Ambos paneles muestran tendencias interesantes en cuanto a la temperatura ambiental a lo largo del tiempo en el Perú. En cuanto a la variabilidad de la temperatura, es posible observar que hasta antes de la década de 1970 existía un balance en cuanto a los eventos de frío o calor. Es decir, la variabilidad de la temperatura podía encontrarse bien por encima o bien por debajo del promedio quinquenal. No obstante, en años posteriores se observa que los picos extremos se encuentran más asociados a temperaturas cálidas. Esto se condice con un cambio de tendencia que se describe en el panel inferior de la Figura 2. Antes de 1970, los eventos inusuales de frío se daban con mayor frecuencia en el país. No obstante, esta tendencia se revierte durante los últimos 40 años, siendo ahora las olas de calor las que se observan con mayor continuidad.

La evidencia mostrada en cuanto al incremento de la temperatura ambiental en el país da cuentas de la importancia del diseño de políticas sociales que tengan como finalidad tanto la prevención como también la adaptación de la población hacia el cambio climático desde la actualidad y también hacia el futuro. Entender las consecuencias del aumento de las temperaturas en el clima, la salud y biodiversidad es crucial para elaborar planes de acción que permitan mitigar los efectos del cambio climático.

---

<sup>4</sup> Ver <http://elcomercio.pe/peru/piura/piura-atrasa-clases-escolares-semana-altas-temperaturas-noticia-1793376>.

## 2.2. Marco institucional

El Perú forma parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) desde el año 1992 y del Protocolo de Kyoto desde el año 2002<sup>5</sup>. Al ser uno de los países firmantes del Protocolo de Kyoto, el Perú se compromete al objetivo de reducir la emisión de gases de efecto invernadero (en adelante GEI; incluye: dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre), de informar a los países firmantes sobre sus emisiones y niveles de captura de GEI y sobre las medidas adoptadas o previstas para aplicar la CMNUCC.

La autoridad ambiental en el Perú es el Ministerio del Ambiente (MINAM), creado por Decreto Legislativo N° 1013 en el año 2008. El MINAM preside también la Comisión Nacional sobre Cambio Climático (CNCC), la cual está integrada por diversas instituciones, y cuya ley de creación se emitió en el año 1993 (Resolución Suprema 359-96-RE)<sup>6</sup>. Entre las funciones de la CNCC se encuentra la coordinación de la implementación de la CMNUCC y del diseño y seguimiento de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC). La ENCC, aprobada en el año 2003 bajo el Decreto Supremo N° 086-2003-PCM, consta de once líneas de acción que pueden dividirse en tres grandes grupos: realización de estudios integrados de vulnerabilidad y adaptación, realización de inventarios y planes de mitigación, y difusión y capacitación de las estrategias diseñadas.

Finalmente, la Política 19 del Acuerdo Nacional, “Desarrollo Sostenible y Gestión Ambiental”, dicta que el Estado se compromete a “integrar la política nacional ambiental con las políticas económicas, sociales, culturales y de ordenamiento territorial, para contribuir a superar la pobreza y lograr el desarrollo sostenible del Perú”. Se compromete también a “institucionalizar la gestión ambiental, pública y privada, para proteger la diversidad biológica, facilitar el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, asegurar la protección ambiental y promover centros poblados y ciudades sostenibles; lo cual ayudará a mejorar la calidad de vida, especialmente de la población más vulnerable del país”<sup>7</sup>.

---

<sup>5</sup> Ver Resolución Legislativa N° 27824.

<sup>6</sup> Diversas son las instituciones que conforman la CNCC. Entre ellas se encuentran el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), el Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana (IIAP), el Instituto Geofísico del Perú, el Ministerio de Relaciones Exteriores, el Fondo Nacional del Ambiente (FONAM), el Instituto del Mar del Perú (IMARPE), el Ministerio de Agricultura, el Ministerio de Economía y Finanzas, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, el Ministerio de Energía y Minas, el Ministerio de la Producción, representantes de ONGs, de universidades, de la Asamblea Nacional de Gobiernos Regionales, del Consejo Nacional de Decanos de los Colegios Profesionales del Perú y de la Confederación Nacional de Instituciones Empresariales Privadas (CONFIEP).

<sup>7</sup> Acta de reunión N° 93 del Foro del Acuerdo Nacional.



### 2.3. Las políticas públicas frente al cambio climático

Como ha sido señalado anteriormente, el MINAM es la máxima autoridad en cuanto a regulación en lo que se refiere al medio ambiente. Según el Primer Informe Bienal de Actualización del Perú a la CMNUCC, el MINAM dispone de tres herramientas de referencia para la regulación y comunicación de políticas referentes al cambio climático: la ENCC, el Plan Nacional de Acción Ambiental Perú 2011-2021 (PLANAA) cuya finalidad es lograr el uso sostenible, responsable, racional y ético de los recursos naturales, y la Agenda Nacional de Acción Ambiental 2015-2016 (AgendAmbiente) cuyo objetivo es sintetizar el conjunto de propuestas institucionales en los campos de la biodiversidad, del cambio climático, de los recursos hídricos y de la calidad ambiental.

De acuerdo con los datos del MINAM para el año 2010, el sector Energía es el que mayor emisión de GEI reporta con 40,605 gigagramos (Gg) de dióxido de carbono, seguido por el sector agricultura con 26,051 Gg. A inicios de la década del 2000, sin embargo, la emisión de dióxido de carbono era muy similar entre un sector y el otro, situándose entre 22,500 y 25,500 Gg. Ello implica que las emisiones de dióxido de carbono en el sector Energía se han incrementado en 60% en un periodo de 10 años. No es sorprendente, por tanto, que el mayor número de iniciativas o proyectos de mitigación de impactos del cambio climático se centren en el sector Energía, los cuales incluyen: (i) la diversificación de la matriz energética, (ii) el uso de bioenergías (generación de energía a través del aprovechamiento de residuos del sector agrícola) y (iii) la promoción de la eficiencia energética y buenas prácticas ambientales en la industria del cemento, ladrillo y acero.

En cuanto al diseño y puesta en marcha de políticas públicas desde el sector salud con miras a la prevención y adaptación de la población frente al cambio climático, el Perú se encuentra relativamente atrasado en comparación con los países de América Latina y El Caribe. Según un estudio del Banco de Desarrollo de América Latina, el Perú tiene una capacidad adaptativa ante el cambio climático de 5.32 en una escala de 0-10. Ello implica una capacidad adaptativa media y lo sitúa en el puesto 14 de 33 países en la región<sup>8</sup>.

A pesar de no contar con estrategias o planes de acción concretos, en los últimos años se viene haciendo esfuerzos para incorporar al sector salud dentro de la ENCC. Prueba de ello es que el Ministerio de Salud (MINSa) viene elaborando desde el año 2014 el “Plan de Salud Frente a Efectos del Cambio Climático”. Asimismo, dentro del borrador de acuerdos de la Presidencia de la COP20 - celebrada el año 2014 en Lima, Perú - que será presentado a la Presidencia de la COP21, se incluyó la dimensión de la salud como parte importante de la discusión de las estrategias de mitigación de los

---

<sup>8</sup> Para mayor detalle, ver el “Índice de Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático en la Región de América Latina y El Caribe” elaborado en el año 2014.

efectos del cambio climático. Así, el punto 19 del documento señalado versa: “(...) *Decidir continuar con el análisis técnico de las oportunidades con alto potencial de mitigación, incluyendo aquellas relacionadas a los co-beneficios en adaptación, salud y desarrollo sostenible para el periodo 2015-2020 (...)*”.

Esta acción es importante en cuanto a la acción política frente al cambio climático. No obstante, el Perú aún se encuentra en desventaja en cuanto a las estrategias de mitigación de los efectos del cambio climático, sobre todo en la salud de las personas. Muy pocos estudios han sido elaborados con el fin de determinar los impactos de la reducción de los GEI y, más ampliamente, las estrategias de mitigación de los efectos del cambio climático en la salud humana. Esto se traduce a su vez en un desconocimiento de los costos y beneficios de los planes preventivos que pueden ser puestos en acción desde la actualidad con el fin de reducir los impactos del cambio climático a futuro, específicamente en la dimensión de la salud<sup>9</sup>.

En las siguientes líneas se discute la evidencia existente en cuanto a los efectos de la temperatura ambiental y otros efectos climatológicos que pueden ser asociados al cambio climático en la salud humana. De particular interés para este estudio, la discusión se centra en una población bastante vulnerable ante el cambio climático: los recién nacidos.

### **3. Marco conceptual**

En esta sección se discute el vínculo existente entre la variabilidad de la temperatura y la salud neonatal. Seguidamente se sintetiza la evidencia empírica existente en cuanto a los efectos de la temperatura y otros eventos climatológicos en la salud de los recién nacidos. No se discute, sin embargo, los determinantes del estado de la salud al momento del nacimiento ni la importancia de la salud neonatal en el bienestar del individuo a lo largo de su ciclo de vida. Al respecto, Díaz y Saldarriaga (2014) y Saldarriaga (2015) hacen una discusión exhaustiva acerca de los determinantes del peso al nacer, como indicador principal del estado de salud al momento del nacimiento, y sus efectos en el corto y largo plazo en distintas dimensiones de bienestar de los individuos.

---

<sup>9</sup> Estos planes preventivos pueden incluir, pero no se limitan a, (1) identificar poblaciones susceptibles, vulnerables y en riesgo de ser desplazadas por efectos del cambio climático; (2) ampliar y mejorar la calidad de la infraestructura pública en servicios de salud; (3) mejorar la capacidad y la calidad de los servicios provistos por el personal médico; (4) mejorar la infraestructura pública de agua y desagüe; y (5) educar y concientizar a la población. Para mayor referencia respecto de planes de prevención con respecto al cambio climático, ver NIEHS (2010).

### 3.1. Variabilidad de la temperatura y salud neo-natal

En las últimas décadas se han observado cambios en el clima global. La tendencia, en general, ha sido un aumento de la temperatura promedio en el mundo. Algunos estudios señalan que la temperatura global ha aumentado entre 0.6 y 0.9 grados centígrados desde inicios del siglo XX (Nicholls et al. 1996; Easterling et al. 1997). Al mismo tiempo, se espera que la variabilidad climatológica aumente como consecuencia de temperaturas más cálidas en todo el mundo (McMichael et al. 2006; Easterling et al. 2000).

Los expertos en el tema señalan al menos cinco efectos de la variabilidad climatológica en la salud de los individuos: (1) las enfermedades propias de cambios en la temperatura (enfermedades respiratorias, por ejemplo), (2) exposición a eventos meteorológicos más severos que surgen por cambios en la temperatura, (3) transmisión de enfermedades infecciosas que se originan por escasez de agua y alimentos e incremento de vectores biológicos, (4) enfermedades de la piel y enfermedades mentales, y (5) inseguridad alimentaria y hambre, como consecuencia de baja productividad agrícola por infertilidad de la tierra (OMS 2003; McMichael et al. 2007; NIEHS 2010).

Las enfermedades respiratorias pueden surgir como consecuencia de distintos efectos del calentamiento global. Por ejemplo, las alergias y enfermedades respiratorias pueden originarse debido a un incremento en la exposición de los individuos al polen de las plantas que surge por una alteración en las temporadas de sembrío, moho (debido a precipitaciones extremas o de mayor frecuencia), polución ambiental y toxinas marinas en aerosol (debido a un incremento de la temperatura, humedad y brisa costera) y partículas de polvo suspendidas en el aire causadas por sequías (NIEHS 2010).

De estas causantes, la evidencia reciente sugiere que la polución ambiental que se presenta como contaminación debido a la emisión de gases o partículas de polvo suspendidas en el aire dañan la salud del feto cuando la madre ha sido expuesta a este tipo de contaminantes durante el embarazo. Por ejemplo, Goodwin (2014) encuentra que existe una mayor probabilidad de aborto espontáneo (muerte fetal) debido a una mayor exposición a contaminación ambiental medida a partir de partículas suspendidas en el aire (microgramos de partículas contaminantes por centímetro cúbico de aire). Efectos nocivos de la contaminación ambiental en la salud neo-natal han sido también documentados por Chay y Greenstone (2003), Almond y Currie (2011), Currie et al. (2009), Jayachandran (2009), Tanaka (2010), Currie y Walker (2011), Luechinger (2011), Black et al. (2007), Currie y Schwandt (2014). Más aún, se ha encontrado que la exposición a contaminantes ambientales durante el embarazo tienen efectos perjudiciales para los individuos en la educación (Bharadwaj et al. 2014) y salarios (Isen et al. 2014) en la etapa de adultez.

Por otro lado, el calentamiento global trae consigo una mayor variabilidad de la temperatura y, por consiguiente, una exposición a eventos meteorológicos más severos. Esto incluye largas temporadas de sequías en zonas áridas, inundaciones en zonas de alta precipitación, tormentas, derrumbes, entre otros. La alteración del ciclo hidrológico como consecuencia de un incremento en el número de días calurosos en el año es la principal causa de una mayor severidad en los eventos meteorológicos (Meehl y Tebaldi 2004). Además de las pérdidas en infraestructura, daños físicos y muerte que trae consigo la destrucción que se genera por la severidad de estos eventos, existen efectos *escondidos* que la literatura especializada en temas de salud viene explorando.

Un ejemplo concreto de estos efectos *escondidos* son los daños en la salud mental de los individuos que genera la variabilidad climática (Portier et al. 2010). Por ejemplo, la destrucción de la propiedad y la muerte de familiares cercanos pueden desencadenar estrés en las madres gestantes. El estrés en las personas libera cortisol; hormona que ha sido vinculada con retardo en el crecimiento intrauterino del feto y con la ocurrencia de nacimientos prematuros (Lockwood 1999; Hobel y Culhane 2003). Estudios empíricos recientes han encontrado que el estrés que se genera por la muerte de familiares (Black et al. 2007), conflictos civiles (Camacho 2008; Mansour y Rees 2012; Quintana-Domeque y Ródenas-Serrano 2014), catástrofes naturales (Torche 2013) y otras causantes (Aizer et al. 2012; Lindo 2010) tiene efectos positivos en la mortalidad infantil y perjudica la salud al momento del nacimiento. Adicionalmente, existen efectos directos generados por el estrés por calor. Según los cálculos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), un aumento de un grado centígrado por encima de la temperatura normal puede derivar en un incremento de las muertes asociadas al estrés por calor entre 2 y 5 por ciento (Atlas de la Salud y el Clima 2012).

La variabilidad de la temperatura trae consigo también la aparición de vectores biológicos, como los mosquitos causantes de la malaria y la fiebre del dengue, parásitos causantes de la diarrea (que surgen a partir de la contaminación del agua a través de patógenos y sustancias químicas), micro-organismos causantes de la meningitis que aparecen especialmente en zonas áridas, entre otros. Los vectores biológicos y enfermedades zoonóticas constituyen un problema mayor en la salud pública, pues se estima que cerca de 1.5 millones de personas en el mundo mueren a causa de enfermedades diarreicas y cerca del 15% de las muertes entre el mes 1 y 59 de vida (mortalidad post-neonatal) se debe a enfermedades diarreicas y malaria según la OMS. Asimismo, la malaria durante el embarazo es un factor determinante del bajo peso al nacer y, a través de este canal, la mortalidad infantil (Guyatt y Snow 2004).

Finalmente, las fluctuaciones climatológicas pueden reducir la productividad agrícola, originando un estado de inseguridad alimentaria. Esto debido a que la fertilidad del suelo se encuentra vinculada a la temperatura ambiental (Cline 1996; Deschenes y Greenstone 2007; Suliano et al. 2009; SENAMHI-FAO

2010)<sup>10</sup>. Algunos estudios han encontrado que la privación de alimentos durante el periodo gestacional tiene consecuencias negativas en la salud del niño al momento del nacimiento (Almond y Mazumder 2011; Hernández-Julián et al. 2013) como también de largo plazo (Schultz-Nielsen et al. 2014).

En la práctica, existen otros canales a través de los cuales la mayor variabilidad de la temperatura puede impactar en la salud neo-natal. Un primer canal tiene que ver con el cierre temporal de vías de comunicación debido a eventos climatológicos extremos. Este hecho puede hacer que trasladar a madres gestantes con complicaciones de embarazo hacia los centros de salud sea difícil (Liu 1998). Asimismo, puede complicar el abastecimiento de medicinas en los centros de salud más cercanos, lo cual pondría en riesgo la atención durante el parto. Segundo, el cierre temporal en las vías de comunicación puede generar también una reducción en la disponibilidad de personal médico especializado para atender los controles pre-natales, emergencias durante el embarazo y los partos, lo cual puede incrementar la mortalidad infantil. Finalmente, la escasez de alimentos que se origina por la baja productividad agrícola y la imposibilidad de trasladar alimentos genera un incremento en el precio de los productos agrícolas (Adams 1989). Un incremento de los precios no solo reduce la demanda por alimentos en el hogar, sino que hace también que una mayor proporción del ingreso del hogar se destine al consumo de alimentos, lo cual reduce el dinero disponible para el cuidado de la salud, como lo son los controles pre-natales de la madre gestante.

### **3.2. Evidencia empírica previa**

La evidencia en cuanto a los efectos de la variabilidad de la temperatura durante el periodo gestacional en la salud neo-natal es bastante limitada. Gran parte de esta evidencia proviene de la literatura internacional. Hasta lo que se conoce, el único estudio que ha evaluado los efectos de la variación de la temperatura en la salud neo-natal es el de Deschenes et al. (2009). El estudio utiliza información administrativa de los registros vitales de Estados Unidos para el periodo 1972-1988, encontrando que la exposición a temperaturas muy altas reduce el peso al nacer e incrementa la prevalencia de bajo peso al nacer.

Algunos otros estudios han explorado el efecto de la exposición a desastres naturales asociados a cambios climatológicos durante la gestación en la salud neo-natal. Simeonova (2011) encuentra que la exposición a desastres climatológicos (avalanchas, tornados, huracanes, deslizamientos de tierra, etc.) durante la gestación afectan negativamente la duración del embarazo y el peso al nacer de los niños.

---

<sup>10</sup> Asimismo, el cierre temporal de vías de acceso a causa de la mayor severidad de eventos meteorológicos puede generar escasez de alimentos, sea por la imposibilidad de trasladarlos desde otras partes del país hacia los poblados afectados por las temperaturas extremas o por pérdida de los mismos debido a la putrefacción, generando un estado de hambre en la población.

Similarmente, Currie y Rossin-Slater (2013) encuentran que existe una mayor probabilidad de complicaciones en el embarazo para madres que fueron expuestas a tormentas durante la gestación y que sus bebés tienen una mayor probabilidad de utilizar ventilación asistida después del parto.

Existen, no obstante, algunas diferencias en cuanto a los efectos directos e indirectos causados por el clima. La diferencia más obvia tiene que ver con potenciales daños económicos y físicos. En esta línea, los desastres naturales traen consigo efectos propios del mal clima pero también de estrés causado por pérdidas de activos financieros, destrucción de propiedades, pérdidas de vidas humanas, entre otros. Esto hace que vincular el efecto encontrado sobre la salud humana a una sola causa sea complicado. Segundo, los desastres naturales suelen focalizarse en un mismo espacio geográfico, mientras que el efecto del clima abarca distintos territorios. Finalmente, los efectos directos del clima son notorios en un espacio relativamente amplio de tiempo, mientras que los efectos de los desastres naturales, aunque pueden perdurar, por lo general se asocian a impactos de corto plazo.

Los estudios más cercanos al caso peruano son los de Andalón et al. (2014), Pereda et al. (2014) y Rocha y Soares (2015). El primero de ellos, Andalón et al. (2014), explora el efecto de exposición a temperaturas y lluvias extremas durante el embarazo en la salud neo-natal en Colombia. Los autores encuentran que la salud neo-natal se ve más afectada ante eventos de calor extremo y no se encuentran efectos significativos en sentido estadístico para el caso de lluvias extremas (sea ya inundaciones o sequías). El segundo estudio, Pereda et al. (2014), explora el efecto de exposición a diferentes niveles de temperatura y precipitaciones en la prevalencia de bajo peso al nacer, encontrando que este indicador aumenta cuando la madre ha experimentado eventos de estrés por calor durante el segundo trimestre de embarazo. Rocha y Soares (2015) exploran el efecto de la variabilidad en las precipitaciones en zonas áridas del norte de Brasil en indicadores de salud neo-natal, encontrando que los eventos de sequías tienen efectos positivos en la mortalidad infantil. Finalmente, Agüero (2014) explora los efectos de las olas de calor en México en la estatura durante la adultez. Sin embargo, el autor no encuentra efectos significativos de olas de calor durante el periodo gestacional en la talla de individuos.

En el Perú no se cuentan con este tipo de estudios. Esto se debe, principalmente, a limitaciones en las fuentes de información disponibles. Por ejemplo, para hablar de efectos del cambio climático, es necesario contar con datos observados en un amplio periodo temporal (por lo menos de 20 años) dentro de un mismo espacio geográfico. Esto debido a que el cambio climático únicamente es perceptible a través del tiempo, de modo tal que no se confundan los efectos propios del cambio climático con fluctuaciones en la temperatura de corto plazo.

Los estudios más cercanos a efectos climatológicos en la salud infantil son Deustua (2008), Sánchez (2010) y Beuermann y Sánchez (2012). El primer estudio explora el efecto de choques climáticos en diferentes medidas antropométricas. El autor encuentra que la exposición a choques climáticos reduce

la talla para la edad en niños de 5 años en 10%. Los dos últimos estudios utilizan datos de temperatura diaria en diferentes puntos del país provenientes del SENAMHI. Sánchez (2010), encuentra que la exposición a eventos de frío inusual durante los primeros 36 meses de vida reduce los logros cognitivos a la edad de 7 años. Beuermann y Sánchez (2012), por su parte, encuentran que la exposición a las heladas durante la niñez temprana tiene efectos adversos únicamente para las mujeres durante la adultez.

Sin embargo, los efectos de la variabilidad de la temperatura, como consecuencia del cambio climático, en la salud humana no han sido anteriormente analizados. A esto se le añade que no existen estudios en el Perú que se enfoquen en la salud neo-natal, a pesar de que los recién nacidos constituyen una población bastante vulnerable ante el cambio climático. El presente estudio busca cerrar parte de esta brecha de evidencia del efecto de la variabilidad de la temperatura en la salud neo-natal, permitiendo así aportar al debate público respecto de la importancia de las políticas preventivas asociadas a los efectos de salud del cambio climático a nivel nacional e internacional.

#### **4. Metodología**

En esta sección se describen las fuentes de información a partir de las cuales se construyen los datos utilizados para el análisis econométrico. Asimismo, se explican la estrategia empírica que será utilizada para la identificación de los efectos de interés.

##### **4.1. Datos**

Los datos utilizados para el análisis empírico provienen de tres fuentes de información distintas: la primera y segunda fuentes brindan información respecto de la temperatura global histórica y temperaturas proyectadas para el periodo 2020-2040, respectivamente, mientras que la tercera fuente de información permite construir los indicadores de salud neo-natal y otros indicadores de interés para el estudio. En las siguientes líneas se sintetiza cada una de las fuentes de información y los indicadores contruidos a partir de cada una de ellas.

##### Datos climatológicos

Los datos de temperatura ambiental provienen del *Terrestrial Air Temperature and Precipitation: 1900-2010 Gridded Monthly Time Series, Version 3.01* (Matsuura y Willmott 2009). Esta base de datos provee la temperatura y precipitación promedio mensual a nivel global a un detalle de 0.5 x 0.5 grados (cada

grado corresponde a una distancia promedio de 56 kilómetros alrededor del Ecuador) y ha sido utilizada en estudios previos como Dell et al. (2008) y Rocha y Soares (2015).

Distintas especificaciones para el cálculo de la temperatura, dependiendo del nivel de detalle geográfico, son utilizadas (ver Figura 3). Utilizando la geo-referencia del centroide del distrito, se asigna a cada distrito su temperatura promedio de acuerdo al *nodo* de temperatura más cercano al centroide. Por otro lado, utilizando los datos geo-referenciados que provee la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES), es posible asignar a cada conglomerado/centro poblado su temperatura propia de acuerdo al punto más cercano a su geo-referencia. Esta metodología incrementa la precisión y reduce la probabilidad de atenuar los coeficientes estimados por error de medición. No obstante, estos datos se encuentran disponibles únicamente para algunos años (en concreto, para el periodo 2000-2009) por lo que la muestra utilizada para la estimación con datos geo-referenciados se reduce alrededor de 57%, comprometiendo la eficiencia de los estimadores.

A partir de la temperatura asignada a cada distrito y/o conglomerado/centro poblado y en base a la literatura internacional (Scherrer et al. 2005) se construye el siguiente indicador que mide la variabilidad de la temperatura durante el periodo gestacional del individuo:

$$T_{dat} = \frac{1}{9} \left[ \sum_{\tau=t-8}^t (temp_{dat\tau} - \overline{temp}_d) / \sigma_d \right],$$

donde  $temp_{dat\tau}$  indica la temperatura en el distrito  $d$  para el mes  $\tau$ ,  $\overline{temp}_d$  es la temperatura promedio histórica (1950-2010) del distrito  $d$  y los subíndices  $t$  y  $a$  denotan el mes y año de nacimiento del niño<sup>11</sup>. La variable  $\sigma_d$  denota la desviación estándar de la temperatura distrital. De este modo,  $T_{dat}$  se define como el número de desviaciones estándar promedio de la temperatura durante los 9 meses antes del mes y año de nacimiento del niño (periodo gestacional) respecto de la temperatura promedio histórica del distrito. La diferencia en cuanto a la asignación de las temperaturas con los datos geo-referenciados es que la variable  $temp_{dat\tau}$  se construye a partir del punto más cercano al centroide del conglomerado/centro poblado y no a partir del centroide del distrito. Sin embargo, se sigue tomando

---

<sup>11</sup> La variable  $\overline{temp}_d$  se calcula también de dos maneras distintas. La primera es tomar como referencia la temperatura promedio del distrito (conglomerado/centro poblado) durante el periodo 1980-2010. Esto debido a que todos los niños incluidos en la muestra nacieron entre los años 1986 y 2010, por lo cual estas tres décadas aproximan de mejor manera el clima en sus respectivos distritos de nacimiento. La segunda manera es a partir de la temperatura promedio distrital durante los 10 años previos al año de nacimiento del niño (promedio móvil de 10 años). Esto corrige potenciales problemas como el desbalance en cuanto a temperaturas por encima y por debajo del promedio histórico distrital, pues, como se observa en la Figura 2, la tendencia en los últimos 30 años (que corresponde al periodo en que se dispone de datos) es que la temperatura promedio de los distritos se encuentre por encima del promedio histórico distrital del periodo 1950-2010. Los resultados en base a estas dos especificaciones alternativas se discuten en la sección 5.2 del documento.



como referencia la temperatura promedio histórica del distrito para construir el indicador de variabilidad de la temperatura,  $T_{dat}$ . Como ejercicio de sensibilidad de los resultados se calcula también este indicador en base a los 12 meses antes del nacimiento del niño. Esto debido a que la exposición a diferentes temperaturas durante periodos previos a la concepción puede condicionar la salud de la madre al momento de la concepción (Kudamatsu et al. 2012).

Este indicador, no obstante, asume que existe una relación lineal entre la variabilidad de la temperatura y la salud neo-natal. Para relajar este supuesto, se construyen también indicadores de niveles de variabilidad de la temperatura. En particular, a partir del indicador más general de variabilidad de la temperatura explicado líneas arriba, se construyen cinco indicadores en base a los siguientes cortes:  $< -1.5\sigma$ ,  $[-1.5\sigma, -0.5\sigma]$ ,  $[-0.5\sigma, 0.5\sigma]$ ,  $(0.5\sigma, 1.5\sigma]$ ,  $> 1.5\sigma$ . De este modo, es posible determinar también si es que las temperaturas inusualmente frías (desviaciones estándar negativas) o inusualmente cálidas (desviaciones estándar positivas) son las que afectan en mayor medida la salud neo-natal.

Finalmente, se cuenta también con información de proyecciones del estado climatológico futuro a partir del modelo CCSM3-A2 (*Community Climate System Model*, por sus siglas en Inglés), el mismo modelo que fue utilizado para elaborar el Informe de Evaluación N°4 del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (*Assessment Report 4 - IPCC*). Este pronóstico del estado climatológico futuro es elaborado por el *National Center for Atmospheric Research – National Science Foundation* de Estados Unidos y la información proveniente del CCSM3 A2 ha sido utilizada anteriormente por Deschenes et al. (2009) para un análisis similar al que se pretende llevar a cabo en el presente estudio.

La base de datos del CCSM3 A2 es provista a un detalle de  $1.4 \times 1.4$  grados (aproximadamente 155 kilómetros cuadrados alrededor del Ecuador) y contiene las proyecciones de temperatura del aire y precipitaciones mensuales para el periodo 2020-2040. Al igual que en el caso de las temperaturas históricas, las temperaturas promedio mensuales de cada distrito para el periodo 2020-2040 son obtenidas en base al punto más cercano al centroide del distrito o del conglomerado/centro poblado, según corresponda. Las temperaturas proyectadas serán utilizadas para determinar cuál será el estado de salud de los bebés en el futuro como consecuencia del cambio climático.

### Datos de salud neo-natal

La tercera fuente de información es la ENDES del periodo 1992-2013. La ENDES tiene representatividad a nivel nacional, departamental y por ámbito geográfico (urbano y rural) y sigue una metodología de muestreo estratificada multi-etápica. Esta encuesta provee información de indicadores de salud neo-natal - como el peso al nacer y el tamaño del niño al momento del nacimiento - para todos los niños menores de 5 años cuyas madres han sido previamente encuestadas. Ello implica que se cuenta con

datos de niños nacidos desde 1986 hasta el 2010 (un rango de 25 años). En adición, la ENDES contiene información de la posición geo-referenciada (GPS) del conglomerado/centro poblado donde se encuentra ubicada la vivienda<sup>12</sup>. Sin embargo, estos datos no están disponibles para todos los años; en particular, se tiene datos geo-referenciados para la ENDES de los años 2000, 2004, 2008 y 2009. Esta información es muy importante para aumentar la precisión en cuanto a la temperatura a la que el niño estuvo expuesto *dentro del útero* de la madre.

A partir de los datos de la ENDES se construyen cinco indicadores de salud neo-natal: un indicador de bajo peso al nacer (definido por la OMS como peso al nacer menor a 2,500 gramos), el peso al nacer en gramos, el logaritmo natural del peso al nacer en gramos y un indicador de si el tamaño del bebé se encontraba por debajo del promedio (pequeño o muy pequeño al nacimiento). Adicionalmente, es posible observar si es que el niño nació por parto natural o por cesárea, práctica que por lo general se vincula con embarazos riesgosos, sobre todo en países en desarrollo como es el caso del Perú. Este último constituye el quinto indicador de salud neo-natal.

Una limitación de la ENDES es que los datos de peso al nacer no se encuentran disponibles para la totalidad de niños observados en la muestra de trabajo. En particular, alrededor del 20% de los niños no cuenta con este dato. Un potencial problema con la falta de datos es que hay selección en los niños que reportan dato de peso al nacer. Esta selección puede introducir sesgo en los parámetros estimados si es que la variabilidad de la temperatura se encuentra correlacionada con la probabilidad de reportar datos. Por ejemplo, es posible que la atención o admisión en los centros de salud pueda haberse reducido en épocas de alta variabilidad de la temperatura, sea por un desabastecimiento de medicinas o por insuficiente personal médico. En este caso, se observaría datos de peso al nacer únicamente para niños que nacieron en épocas de, relativamente, baja variabilidad de temperatura. Si es que la variabilidad de la temperatura afectara negativamente la salud neo-natal, entonces los efectos encontrados en la muestra que tiene datos de peso al nacer estarían sesgados hacia cero. Si es que, por el contrario, la atención médica se intensificara en zonas más vulnerables a alta variabilidad en la temperatura y, nuevamente, la variabilidad de la temperatura afectara negativamente la salud neo-natal, entonces serían aquellos niños más afectados los que estarían reportando en mayor proporción datos de peso al nacer. Esto intensificaría la relación negativa entre la variabilidad de la temperatura y salud neo-natal. No obstante, este sesgo es desconocido *a priori*.

Con el objetivo de descartar posibles sesgos existentes, se realiza un análisis de sensibilidad similar al realizado por Díaz y Saldarriaga (2014). Por un lado, se construyen ponderadores basados en un

---

<sup>12</sup> Estos datos son provistos por *DHS Project – USAID* a investigadores que hacen constante uso de la ENDES. Para mayor información, visitar el portal web de *Demographic and Health Survey (DHS)* por su acrónimo en Inglés): <http://www.dhsprogram.com/>. Ver Figura 3 para un mayor detalle de la distribución de los conglomerados/centros poblados a lo largo del territorio nacional.

modelo Logit que estima la probabilidad de observar datos en el peso al nacer condicional en una serie de características observables del niño y del hogar y, posteriormente, se utilizan estos ponderadores para corregir las regresiones del efecto de la variabilidad de la temperatura en la salud neo-natal y obtener un estimador consistente con una muestra más representativa del universo de niños y no de aquellos que únicamente reportan datos de peso al nacer (ver al apéndice para un mayor detalle en cuanto a la metodología de estimación). Este procedimiento se conoce como *Inverse Probability Weighting* y ha sido utilizado anteriormente por Rosenbaum (1987) y Hirano e Imbens (2001).

El segundo método se basa en imputar los datos a partir de la distribución observada de peso al nacer, el reporte cualitativo de la madre y las características del niño. Para ello, se construyen quintiles de peso al nacer (a partir de los datos observados) y se asigna el peso al nacer a los niños que no cuentan con este dato en base a la categoría de tamaño del niño al nacimiento que reporta la madre (muy grande, grande, normal, pequeño, muy pequeño). Sin embargo, se siguen dos métodos distintos de imputación. En el primero, se asigna un valor aleatorio para los niños de acuerdo al sexo, año de nacimiento y categoría que reporta la madre. Por ejemplo, para una niña nacida en el año 1990 cuya madre reportó que nació con un tamaño “grande” relativo a otros niños y que no cuenta con dato de peso al nacer, se le asigna un peso al nacer aleatorio entre las niñas (sexo femenino) que nacieron en ese mismo año y cuyo peso al nacer se encuentra en el cuarto quintil de la distribución de peso al nacer. Lo mismo se hace para todos los niños que no cuenten con dato de peso al nacer. El segundo método de imputación es similar al primero, con la única diferencia que, en vez de asignar un valor aleatorio de peso al nacer, se asigna el dato máximo dentro de cada celda<sup>13</sup>. Se elige el máximo valor debido a que se presume que la variabilidad de la temperatura afecta *negativamente* a la salud neo-natal, por lo cual se *asume* que los niños que no reportan dato en el peso al nacer son los más “sanos” entre los recién nacidos y con ello se es conservador con los resultados obtenidos. Dicho de otro modo, elegir el máximo valor de peso al nacer por celda implica introducir un sesgo negativo (en términos absolutos) y, por consiguiente, cualquier efecto encontrado se debe interpretar como una cota inferior del efecto verdadero de la variabilidad de la temperatura en la salud neo-natal.

A este potencial problema se le suma que alrededor del 70% de los datos de peso al nacer provienen del recuerdo de la madre y no corresponden al peso oficial al momento del nacimiento que, en el caso de partos institucionales, los reporta el médico o personal de salud que atendió el parto. Esto puede introducir error de medición en el peso al nacer o error por reportes heurísticos (peso al nacer redondeado a números que son múltiplos de 500) que realiza la madre. En ambos casos, el error de

---

<sup>13</sup> El término “celda” se refiere al grupo conformado por niños dentro de una misma categoría de tamaño al nacimiento (reportado por la madre), mismo sexo y mismo año de nacimiento. En total se cuenta con  $5 \times 2 \times 25 = 250$  celdas (tamaño  $\times$  sexo  $\times$  año de nacimiento).

medición es en la variable dependiente y, al no estar correlacionado con los indicadores de variabilidad de la temperatura, no sesgaría los coeficientes resultantes mas sí afectaría los errores estándar estimados al sobre-dimensionar la varianza de los estimadores. A modo de capturar este sesgo en los errores estándar estimados (que pueden afectar la significancia estadística de los estimadores), se agrega como covariable un indicador de si el dato reportado de peso al nacer corresponde a la cartilla de nacimiento (reporte oficial realizado por un especialista de la salud)<sup>14</sup>.

Otra limitación de los datos provistos por la ENDES es que éstos no contienen información respecto de la fecha de concepción, por lo que el periodo gestacional debe calcularse contando hacia atrás 9 meses antes del mes de nacimiento del niño. Esto puede introducir sesgo por error de medición por dos motivos. El primero de ellos tiene que ver con que, al no saber la fecha exacta de concepción, no se puede determinar exactamente la duración del embarazo. Si es que la variabilidad de la temperatura afecta la salud neo-natal a través de una menor duración del embarazo, entonces los efectos encontrados podrían estar sesgados debido a que, naturalmente, niños con menor periodo gestacional (nacimientos prematuros) tienden a nacer con menor peso. Asimismo, un menor periodo gestacional implica también una menor probabilidad de exposición a alta variabilidad de la temperatura. El segundo problema potencial surge al construir los indicadores de variabilidad de la temperatura de acuerdo al trimestre de embarazo. Así, si un niño nació 6 meses después de que fue concebido, se estaría asignando incorrectamente la variabilidad de la temperatura en el “1er. trimestre” si es que se usa la temperatura observada entre los meses 8-6 antes del mes de nacimiento.

Por este motivo, se realiza un análisis de sensibilidad alterando el periodo de referencia para la construcción de los indicadores de variabilidad de la temperatura a 7 y 8 meses antes del nacimiento, de tal manera que se asume que todos los niños fueron prematuros. La evidencia basada en este análisis de sensibilidad permitirá dar cuentas de si los resultados encontrados están siendo afectados por error de medición en los indicadores de variabilidad de la temperatura.

Dejando de lado esta discusión, se construyen también indicadores relacionados a complicaciones durante el parto y el embarazo, como por ejemplo: un indicador de labor prolongada, un indicador sangrado excesivo después del parto, un indicador fiebre alta con sangrado vaginal durante el parto y un indicador de si hubo convulsiones no causadas por fiebre después del parto. También es posible observar si es que la madre sufrió de ceguera nocturna o si tuvo complicaciones con su visión diurna

---

<sup>14</sup> Para descartar la posibilidad de potenciales sesgos introducidos por la correlación entre el *redondeo* en el reporte de los datos de peso al nacer y la variabilidad de la temperatura se construye un indicador que toma el valor de 1 si es que el dato de peso al nacer es un múltiplo de 500 y 0 en caso contrario. Luego, se realiza una regresión tomando este indicador como la variable dependiente y los indicadores de variabilidad de la temperatura como variables explicativas. En ningún caso se observa que los coeficientes son estadísticamente significativos, lo cual puede interpretarse como que no existe desproporción en cuanto al reporte *redondeado* de datos de peso al nacer en términos de lugares con mayor variabilidad de la temperatura.

durante el embarazo. Las complicaciones de visión durante el embarazo por lo general se encuentran asociadas a altos niveles de glucosa o presión sanguínea, lo cual, a su vez, constituyen síntomas de pre-eclampsia. Los indicadores de complicaciones durante el parto dificultad de visión durante el embarazo, no obstante, se encuentran disponibles únicamente para algunos años y en algunos casos solamente para el último niño nacido vivo. Estos indicadores permiten dar luces de si hubo alguna complicación durante el embarazo que pudiera explicar los resultados encontrados para los indicadores de salud neo-natal.

### Estadísticas descriptivas

La muestra de trabajo se restringe a niños menores de 59 meses de edad, inclusive, que nacieron en el año 2010 o años anteriores y cuyas madres reportan estar viviendo en el distrito al menos 2 años antes del nacimiento del niño. Esta restricción evita introducir sesgo en el parámetro de interés debido a la migración temporal de la madre, pues asegura que la madre se encuentre residiendo en el distrito por un periodo relativamente amplio. Adicionalmente, se excluye de la muestra de trabajo a todos los niños nacidos de embarazos múltiples (gemelos, mellizos, trillizos, etc.), pues los embarazos múltiples se encuentran asociados a un menor peso al nacer. Se excluye también a niños que reportaron peso al nacer menor de 500 gramos y mayor de 6,000 gramos por considerarse fuera del rango normal de peso al nacer. Por último, se excluye de la muestra a todos los niños cuya madre tenía menos de 15 y más de 45 años al momento del nacimiento. Esta restricción asegura que la salud neo-natal no se vea afectada por canales alternativos como la inexperiencia o falta de cualidades maternas para madres muy jóvenes o embarazos riesgosos para madres por encima de la edad fértil.

La muestra final contiene 73,779 observaciones. La Tabla 1 reporta estadísticas descriptivas para la muestra de trabajo. El niño promedio en la muestra nació pesando 3.2 kilogramos, es el tercero o cuarto hijo de la madre, la edad de la madre al momento de su nacimiento fue 27.4 años, los años de educación de la madre fueron, en promedio, 7.5 años y la variabilidad de la temperatura promedio observada durante los 9 meses previos a su nacimiento estuvo entre 0.46 desviaciones estándar. Además, alrededor del 8% de los niños en la muestra reporta haber tenido bajo peso al nacer, lo cual es consistente con los datos de estadísticas vitales reportados periódicamente por el INEI<sup>15</sup>, 7% de ellos nacieron con un tamaño relativamente pequeño al compararlo con otros niños y alrededor del 13% de los mismos nacieron por cesárea. Finalmente, no se observan desbalances en cuanto a la composición de la muestra por sexo del niño o por ámbito geográfico (urbano/rural).

---

<sup>15</sup> Ver “Análisis de las Principales Variables Sociodemográficas de los Nacimientos 2009 y 2010”, documento publicado por el INEI.

La Figura 4 muestra la distribución de nacimientos de acuerdo a diferentes niveles de variabilidad de la temperatura observados durante los 9 meses previos al nacimiento del niño. Se asume que la distribución poblacional a lo largo del territorio nacional se mantiene constante, lo cual implica que no hay migración como respuesta a los cambios de temperatura. Dicho de otro modo, el gráfico responde a la pregunta de: ¿cuál será el nivel de la temperatura durante el periodo gestacional del niño nacido entre los años 2020-2040, dejando todo lo demás constante?

Según los datos, para alrededor del 70% de los niños se ha observado que el nivel de variabilidad de la temperatura promedio durante los 9 meses previos al nacimiento estuvo en el rango  $-0.5\sigma / 0.5\sigma$  y menos del 10% de los niños fueron expuestos a temperaturas inusualmente frías (menos de  $-0.5\sigma$ ). Los datos futuros, de otro lado, muestran una tendencia impactante. De acuerdo a las proyecciones del CCSM3-A2, para más del 50% de los niños nacidos en las décadas de 2020-2030 y 2030-2040 se observará que la variabilidad de la temperatura promedio durante el periodo gestacional será mayor a  $0.5\sigma$  y para muy pocos niños se observará que el nivel de variabilidad de la temperatura estuvo por debajo de  $-0.5\sigma$ <sup>16</sup>. Estos datos dan cuentas de que el problema de salud para las poblaciones futuras será de exposición a temperaturas ambientales inusualmente altas durante su periodo gestacional, lo cual exige intervenciones de política de salud pública desde la actualidad.

## 4.2. Estrategia empírica

Habiendo explicado la construcción los indicadores de variabilidad de la temperatura y salud pre-natal, es posible discutir la metodología econométrica. La estrategia empírica consiste en estimar regresiones por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) del efecto de la variabilidad de la temperatura en indicadores de salud neo-natal. En particular, se explota la variación inter-anual de la temperatura en un mismo espacio geográfico (el distrito) y periodo del año (el mes de nacimiento). Las ecuaciones a estimar pueden escribirse como sigue:

$$s_{idat} = \beta_0 + \beta_1 T_{dat} + X'_{idat} \gamma + \vartheta Tendencia_{na} + A_{dt} + A_a + u_{idat} , \quad (1)$$

para el caso del número de desviaciones estándar con respecto al promedio histórico distrital y

---

<sup>16</sup> Los datos de temperaturas proyectadas CCSM3-A2 no proveen información respecto del margen de error ni tampoco de temperaturas históricas, de modo que no se puede corregir ningún análisis empírico o descriptivo que haga uso de dicha información. El sesgo que introduce la falta de corrección por error en las proyecciones es, por tanto, desconocido.

$$s_{idat} = \sum_g \theta_g I_{dat}^g + X'_{idat} \psi + \pi Tendencia_{na} + B_{dt} + B_a + e_{idat} , \quad (2)$$

para el caso de los niveles de variabilidad de la temperatura (con  $g = \{1,2,3,4,5\}$ ), donde la variable  $s_{idat}$  en el lado izquierdo de cada ecuación representa el indicador de salud neo-natal del niño  $i$  que reside en el distrito  $d$  y que nació en el mes  $t$  del año  $a$  ( $t = 1,2, \dots, 12$ ).  $T_{dat}$  e  $I_{dat}^g$  representan los indicadores de variabilidad de la temperatura tanto en su forma continua como en niveles, respectivamente,  $X_{idat}$  es un vector de características del niño y del hogar,  $Tendencia_{na}$  denota una tendencia lineal para cada año y *nodo* de temperatura<sup>17</sup>,  $A_{dt}$  ( $B_{dt}$ ) denota efectos fijos del distrito  $d$  en el mes  $t$ ,  $A_a$  ( $B_a$ ) denota efectos fijos por año de nacimiento y  $u_{idat}$  ( $e_{idat}$ ) es un término de error. Los parámetros de interés,  $\beta_1$  en la ecuación (1) y  $\theta_g$  en la ecuación (2), se estiman por tanto a partir de la variación inter-anual en la temperatura distrital al comparar a niños que nacieron en un mismo distrito y mes, neto de efectos globales por año de nacimiento como, por ejemplo, la aparición del “Fenómeno del Niño” en un año en particular.

Bajo el supuesto de que el indicador de variabilidad de la temperatura no se encuentre correlacionado con el término de error, los parámetros  $\beta_1$ ,  $\theta_g$  pueden ser estimados de manera consistente por MCO. Este supuesto se violaría, por ejemplo, si es que la variabilidad de la temperatura se encuentra correlacionada con efectos no observables en los datos, como es el caso de la ausencia de personal médico en las postas de salud, baja productividad agrícola, entre otros potenciales efectos de la variabilidad de la temperatura.

Sin embargo, este supuesto es factible debido a que, a pesar de anticipar la periodicidad, los individuos no pueden anticipar la variabilidad/severidad de los cambios en la temperatura en diferentes zonas geográficas. Un potencial problema para la identificación es que en las zonas más afectadas por temperaturas extremas (principalmente en la sierra sur del país debido a las heladas) existe una alta tasa de pobreza, lo cual puede afectar negativamente la salud neo-natal. No obstante, la inclusión de efectos fijos por distrito y mes hacen que se controle por cualquier tipo de factor asociado a eventos climatológicos o socio-económicos típicos de cada mes del año en cada distrito (variación de precios, productividad agrícola, disponibilidad de alimentos, etc.).

De otro lado, es posible preguntarse también si es que la variabilidad de la temperatura afecta en mayor medida la salud neo-natal cuando el niño ha sido expuesto a alta variabilidad en un periodo gestacional en particular. Para explorar los efectos de la variabilidad de la temperatura de acuerdo al periodo gestacional, se construyen indicadores análogos a  $T_{dat}$  e  $I_{dat}^g$  pero para los cuales el periodo de

---

<sup>17</sup> La variable  $Tendencia_{na}$  permite controlar por diferentes fluctuaciones climatológicas que son propias de cada *nodo* de temperatura a lo largo del tiempo.

referencia que será comparado con el promedio histórico distrital serán las categorías: 8-6 meses previos al nacimiento, 5-3 meses previos al nacimiento y 2-0 meses previos al nacimiento. Estas categorías corresponden al “1er. trimestre de embarazo” (periodo embrionario), “2do. trimestre de embarazo” (periodo fetal) y “3er. trimestre de embarazo” (periodo pre-natal), respectivamente. Las ecuaciones a estimar son:

$$S_{idat} = \phi_0 + \phi_1 T_{idat}^{TRIM1} + \phi_2 T_{idat}^{TRIM2} + \phi_3 T_{idat}^{TRIM3} + X'_{idat} \omega + \mu Tendencia + F_{dt} + F_a + \varepsilon_{idat} , \quad (1')$$

para el caso del indicador continuo de variabilidad de la temperatura y

$$S_{idat} = \sum_g \alpha_g^{TRIM1} I_{idat}^{g;TRIM1} + \sum_g \alpha_g^{TRIM2} I_{idat}^{g;TRIM2} + \sum_g \alpha_g^{TRIM3} I_{idat}^{g;TRIM3} + X'_{idat} \lambda + \delta Tendencia_{na} + E_{dt} + E_a + \eta_{idat} , \quad (2')$$

para el caso de los niveles de variabilidad de la temperatura. Los superíndices *TRIM1*, *TRIM2* y *TRIM3* en las ecuaciones (1') y (2') denotan el trimestre de gestación, 1 representando el primer trimestre y 2 y 3 representando el segundo y tercer trimestre de gestación, respectivamente. Estas regresiones alternativas permiten capturar efectos heterogéneos y, más importante aún, permiten saber qué periodo de desarrollo fetal es el más crítico y más vulnerable a la variabilidad de la temperatura<sup>18</sup>.

Por último, los errores estándar son estimados agrupando a dos niveles distintos en todas las regresiones presentadas. El primer nivel de agrupamiento es a nivel distrital (o conglomerado cuando se utilizan los datos geo-referenciados). De esta manera se permite una correlación arbitraria entre los términos de error de niños nacidos dentro de un mismo distrito (o conglomerado). El segundo nivel de agrupamiento es a nivel de *nodo* de temperatura. Esto debido a que más de un distrito puede compartir el mismo *nodo* de temperatura<sup>19</sup>, de tal modo que se permite una correlación arbitraria entre los términos de error de niños que comparten un mismo *nodo* de temperatura. Además, dada la estructura de los datos con los que se cuenta, el *nodo* de temperatura corresponde al nivel de variación en la temperatura a lo largo de distintas unidades geográficas.

<sup>18</sup> La importancia de tener conocimiento de los periodos críticos de desarrollo fetal radica en poder conocer en qué tiempo es mejor realizar intervenciones con el fin de mejorar la salud de la madre y la de su bebé. Por ejemplo, si es que el primer trimestre de gestación corresponde a la etapa de desarrollo fetal más afectada por la variabilidad de la temperatura, entonces intervenciones tempranas que busquen la detección temprana del embarazo pueden generar mayores retornos en términos de mejorar la salud del bebé.

<sup>19</sup> Se estiman también errores estándar agrupados a nivel de distrito y año de nacimiento y *nodo* de temperatura y año de nacimiento. Los errores estándar estimados son cuantitativamente muy similares a los obtenidos al agrupar a nivel de distrito o a nivel de *nodo* de temperatura. Estos resultados, aunque no son reportados en el documento, pueden ser facilitados a pedido del lector.



## 5. Resultados

En esta sección se presentan los resultados del efecto de la variabilidad de la temperatura en la salud neo-natal. Primero se describen los resultados principales. Seguidamente se presentan algunas pruebas de sensibilidad y robustez de los resultados. Luego se discuten los efectos heterogéneos de acuerdo al sexo del niño y finalmente se presentan resultados adicionales vinculados a complicaciones durante el embarazo o parto y la demanda por servicios de salud durante el embarazo.

### 5.1. Resultados principales

La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos del efecto de la variabilidad de la temperatura en el peso al nacer en gramos (columna 1), el peso al nacer en logaritmos (columna 2), el indicador de bajo peso al nacer (columna 3), el indicador de si la madre reportó que el tamaño del niño fue pequeño relativo a otros recién nacidos (columna 4) y el indicador de parto por cesárea (columna 5). El Panel A de la tabla muestra los resultados para el indicador de variabilidad de la temperatura (desviaciones estándar con respecto al promedio histórico 1950-2010 del distrito) durante los 9 meses previos al nacimiento y el Panel B de la tabla muestra los efectos para cada uno de los trimestres de gestación. La temperatura de cada distrito es asignada en base al *nodo* de temperatura más cercana al centroide del distrito.

Los resultados indican que un aumento en la variabilidad de la temperatura de una desviación estándar por encima del promedio histórico distrital reduce el peso al nacer en 21.693 gramos. Este resultado representa una reducción de cerca de 0.7% con respecto al peso al nacer promedio (3,233.70 gramos). Este mismo efecto es corroborado en la columna 2 de la tabla, donde el estimador puntual para el logaritmo del peso al nacer es de -0.008 ó, alternativamente, una reducción de alrededor de 0.8% en el peso al nacer. En cuanto a la prevalencia de bajo peso al nacer, los resultados sugieren que un aumento de una desviación estándar por encima del promedio histórico distrital aumenta la probabilidad de que el bebé nazca con bajo peso en 1.10 puntos porcentuales, lo que se traduce en un aumento de cerca de 14% en la prevalencia de bajo peso al nacer (de una base de 8.06%). Este resultado es importante, pues indica que por lo menos 1 de cada 10 casos de niños nacidos con bajo peso se debe a una mayor variabilidad de la temperatura. Asimismo, la variabilidad de la temperatura aumenta la probabilidad de que el niño nazca con un tamaño relativamente pequeño. Finalmente, no se encuentran efectos estadísticamente significativos para nacimiento por cesárea.

Al descomponer estos efectos de acuerdo al trimestre de gestación (Panel B de la tabla), se encuentra que los efectos para el peso al nacer en gramos y el logaritmo del peso al nacer se concentran durante el primer trimestre de gestación (periodo embrionario). Este resultado es consistente con

evidencia médica previa que sugiere que incluso ligeros incrementos en la temperatura ambiental o corporal (como es el caso de la fiebre) durante el primer trimestre de embarazo, pueden llevar a complicaciones durante el parto y poner en riesgo la salud del feto (Dadvand et al. 2011). No se encuentran efectos específicos a un trimestre de gestación para el caso del indicador de bajo peso, mientras que para el indicador de si el niño nació con un tamaño pequeño y el indicador de parto por cesárea, los efectos se concentran en el segundo trimestre de gestación (periodo fetal). Interesantemente, una mayor variabilidad de la temperatura durante el último trimestre de gestación reduce la probabilidad de que el niño nazca por cesárea.

En la Tabla 3 se presentan los resultados al utilizar los datos geo-referenciados del conglomerado/centro poblado. Cualitativamente, estos resultados son muy iguales a aquellos reportados en la Tabla 2, donde se utiliza el centroide del distrito como geo-referencia. No obstante, los coeficientes resultantes a partir de los datos del conglomerado/centro poblado son cuantitativamente mayores en términos absolutos. En resumen, un aumento en la variabilidad de la temperatura de una desviación estándar por encima del promedio histórico del distrito reduce el peso al nacer en alrededor de 27.234 gramos ó 0.01 puntos logarítmicos, incrementa la probabilidad de nacimiento con bajo peso en 1.8 puntos porcentuales e incrementa la probabilidad de nacer de un tamaño relativamente pequeño en 1.2 puntos porcentuales. No se encuentran resultados estadísticamente significativos al descomponer de acuerdo al trimestre gestacional.

La precisión de los resultados, no obstante, es menor en comparación con las estimaciones a partir de la geo-referencia del centroide del distrito. Esto puede deberse a que el tamaño de la muestra disminuye en casi 60% al estimar con los datos geo-referenciados del conglomerado/centro poblado. En adelante se realizan las estimaciones a partir de los datos del distrito, teniendo en cuenta que el efecto es menor en términos absolutos. Dicho de otro modo, los resultados a partir de la asignación de la temperatura en base al *nodo* de temperatura más cercano al centroide del distrito parecen sub-estimar el efecto *real* de la variabilidad de la temperatura en la salud neo-natal.

El análisis realizado hasta el momento asume una relación lineal entre la variabilidad de la temperatura y la salud neo-natal. Sin embargo, para propósitos de políticas públicas relacionadas a la salud, interesa saber si es que tanto la variabilidad positiva como negativa de la temperatura, es decir, temperaturas inusualmente frías o inusualmente cálidas, afectan de igual manera la salud de los bebés. Para ello se estiman regresiones lineales similares a aquellas descritas en la ecuación (2) descrita en la sección anterior. Los coeficientes estimados asociados a cada nivel de variabilidad de la temperatura son presentados en la Figura 5.

El Panel A de la figura presenta los coeficientes estimados cuando la variable dependiente es el peso al nacer expresado en logaritmos. Cada coeficiente es presentado junto con sus intervalos de confianza

superiores e inferiores al 95%. Los resultados indican que el peso al nacer se ve afectado cuando la variabilidad de la temperatura es positiva (temperaturas inusualmente cálidas) y no se encuentran resultados significativos en sentido estadístico para temperaturas inusualmente frías. Al observar los resultados para la regresión de prevalencia de bajo peso al nacer (ver Panel B de la figura), los resultados no son estadísticamente significativos para ninguno de los niveles de variabilidad de la temperatura. En resumen, los resultados sugieren que el peso al nacer, pero no la probabilidad de nacer con bajo peso, se ve reducido ante niveles altos de variabilidad de la temperatura.

La Figura 6 muestra los coeficientes estimados, junto con sus respectivos intervalos de confianza al 95%, para diferentes niveles de variabilidad de la temperatura en el peso al nacer (en logaritmos) para cada trimestre de gestación. Los coeficientes estimados no son estadísticamente significativos ni para el primer trimestre ni para el tercer trimestre de gestación. No obstante, el coeficiente asociado a una variabilidad de la temperatura entre 0.5 y 1.5 desviaciones estándar por encima del promedio histórico del distrito durante el segundo trimestre de embarazo sí es estadísticamente significativo y negativo, evidenciando que el peso al nacer se reduce cuando existe una variabilidad de la temperatura positiva durante el segundo trimestre de gestación. Los resultados para el caso de la prevalencia de bajo peso al nacer son presentados en la Figura 7. De manera similar, son las temperaturas inusualmente cálidas durante el primer y segundo trimestres de gestación las que incrementan la probabilidad de que el niño nazca con bajo peso.

## **5.2. Análisis de sensibilidad y robustez de los resultados**

Esta sub-sección presenta los resultados de distintas regresiones que prueban la qué tan sensibles son los resultados ante cambios en la muestra y distintas especificaciones tanto para el cálculo de la variabilidad de la temperatura como también para la corrección falta de información de la duración del embarazo y por datos no observados del peso al nacer. Adicionalmente se realizan algunas pruebas de falsificación para probar que los efectos se deben únicamente a la variabilidad de la temperatura y no a otros factores que puedan confundir la identificación de los efectos de interés. Finalmente y por cuestiones de extensión del documento, se presentan los resultados en base a la variable continua de variabilidad de la temperatura.

### Variabilidad de la temperatura: Formas alternativas

Un potencial problema en la forma de cálculo de la variabilidad de la temperatura es que el periodo de referencia que se toma como el promedio histórico distrital (1950-2010) puede, en promedio, sesgar el

cálculo de la variabilidad de la temperatura positivamente. Esto debido a que las cohortes incluidas en la muestra nacieron entre 1986 y 2010, cuando la temperatura promedio en cada distrito mostraba una tendencia positiva relativa al periodo 1950-1980. Ello haría que la probabilidad de observar una variabilidad de la temperatura positiva es mayor a aquella de observar una variabilidad de la temperatura negativa. A modo de poner en evidencia que los resultados no están siendo explicados por este sesgo estadístico, se utilizan los periodos 1980-2010 - periodo en que todas las cohortes incluidas en la muestra habían nacido - y el promedio móvil de 10 años previos al año de nacimiento de cada niño como periodos de referencia para el cálculo de la variabilidad de la temperatura.

La Tabla 4 muestra los resultados obtenidos al calcular la variabilidad de la temperatura tomando como referencia el periodo 1980-2010. Los resultados son bastante similares a aquellos mostrados en la Tabla 2. Cuando se utiliza como referencia el periodo 1980-2010, cada desviación estándar por encima del promedio distrital reduce el peso al nacer en 21.679 gramos o, equivalentemente, 0.008 puntos logarítmicos. Asimismo, cada desviación estándar por encima del promedio distrital incrementa la probabilidad de nacer con bajo peso en 1.1 puntos porcentuales y también incrementa la probabilidad de nacer pequeño relativo a otros recién nacidos en 0.8 puntos porcentuales. No se encuentran resultados estadísticamente significativos para el parto por cesárea. Los resultados asociados a la variabilidad de la temperatura en cada trimestre de gestación son también cuantitativamente similares a aquellos mostrados en la Tabla 2.

La Tabla 5 muestra los resultados obtenidos al calcular la variabilidad de la temperatura en base al promedio móvil de los 10 años previos al nacimiento del niño. Los resultados son cualitativamente similares a aquellos mostrados en la Tabla 2. Sin embargo, los coeficientes asociados al peso al nacer en gramos y en logaritmos no son estadísticamente significativos. Esto puede deberse a un error de medición que se introduce por la tendencia positiva de la temperatura en los últimos años, lo cual atenúa los coeficientes estimados<sup>20</sup>. Los coeficientes asociados al indicador de bajo peso al nacer y del tamaño de nacimiento sí son estadísticamente significativos y ambos con signo positivo. La interpretación de estos resultados es que una desviación estándar por encima del promedio móvil de la temperatura durante los 10 años previos al nacimiento del niño aumenta la probabilidad de nacer con bajo peso en 1.1 puntos porcentuales y aumenta la probabilidad de ser relativamente pequeño al nacimiento en 0.8 puntos porcentuales. No se encuentran resultados estadísticamente significativos para el indicador de parto por cesárea. Adicionalmente, los coeficientes estimados asociados a cada trimestre de gestación son similares a aquellos reportados en la Tabla 2 y muestran también que el peso al nacer se ve más

---

<sup>20</sup> Nótese que el estimador puntual asociado a la variabilidad de la temperatura para el modelo que tiene como variable dependiente al peso al nacer en gramos cae de -21.2 a -14.6. Los errores estándar, no obstante, se mantienen invariantes. Esto puede denotar que los estimadores se ven afectados por error de medición en la variable explicativa de interés.

afectado ante una mayor variabilidad de la temperatura (temperaturas inusualmente cálidas) durante el primer trimestre de gestación.

Finalmente, se estiman regresiones donde se toman 12 en vez de 9 meses previos al nacimiento del niño para calcular la variabilidad de la temperatura durante el tiempo en que el niño se encontraba *dentro del útero* de la madre. Por cuestiones de extensión del documento, los resultados no son mostrados<sup>21</sup>. No obstante, los coeficientes estimados son bastante similares a aquellos reportados en la sección anterior. En suma, los resultados parecen no ser sensibles ante cambios en la forma de calcular el indicador de variabilidad de la temperatura.

### Duración del embarazo

Una limitación de la ENDES es que no pregunta acerca de la duración del embarazo. Este es un problema en términos de identificación del efecto de interés debido a que la variabilidad de la temperatura puede afectar directamente la duración del embarazo y a través de este canal el peso al nacer. Asimismo, un menor periodo gestacional implica también una menor probabilidad de haber sido expuesto a una alta variabilidad de la temperatura. Finalmente, esta limitación de la base de datos hace que el método de asignación de la variabilidad de la temperatura para cada trimestre de gestación sea imperfecto pues, para niños nacidos prematuros, se podría estar asignando incorrectamente la variabilidad de la temperatura durante un trimestre adicional en el que no estuvieron *dentro del útero* de su madre.

Para corroborar que el hecho de no observar la duración del embarazo no influya en los coeficientes estimados, la Tabla 6 presenta los resultados al calcular la variabilidad de la temperatura durante los 8 y 7 meses previos al nacimiento del niño. Bajo ciertos supuestos, este método ayuda a determinar si es que la duración del embarazo y por tanto el cálculo de la variabilidad de la temperatura pueden afectar los coeficientes estimados. Por ejemplo, se asume que todos los niños observados en la muestra nacieron *sietemesinos*, de tal manera que el cálculo de la variabilidad de la temperatura durante los 7 meses previos al nacimiento del niño aproximaría en mejor medida las condiciones climáticas a las que el niño fue expuesto durante la gestación.

Todos los resultados, excepto el del peso al nacer en gramos para los 7 meses previos al nacimiento del niño resultan ser estadísticamente significativos. Los coeficientes estimados, no obstante, son ligeramente menores (en términos absolutos) en comparación con los resultados principales presentados en la Tabla 2. Esto puede deberse a que una buena cantidad de niños nacieron de

---

<sup>21</sup> Estos resultados pueden ser facilitados a pedido del lector.

embarazos completos (no prematuros), lo cual hace que al considerar 7 meses de gestación, la mayor variación provenga del segundo y tercer trimestre de gestación y por ello los resultados estén sesgados hacia cero debido a un menor efecto de la variabilidad de la temperatura en meses más cercanos al nacimiento, como ha sido mostrado anteriormente. En suma, los coeficientes estimados parecen no variar significativamente ante distintas especificaciones en cuanto a la duración del embarazo.

#### Datos no observados de peso al nacer

Como ha sido mencionado anteriormente, la ENDES no reporta información del peso al nacer para alrededor de 20% de los niños incluidos en la muestra. La potencial selección de los niños para quienes sí se observan datos del peso al nacer introduce un problema en las estimaciones. Para abordar dicho tema, se presentan los resultados al imputar datos de peso al nacer en base a las características propias del niño (año de nacimiento y sexo) y el reporte de la madre acerca del tamaño de nacimiento del niño y en base a estimaciones ponderadas, donde los ponderadores son construidos a partir de las predicciones en la probabilidad de observar datos de peso al nacer condicional en características del niño y de la madre y que se estiman a partir de un modelo Logit (ver el apéndice del documento para mayor detalle).

La Tabla 7 muestra los coeficientes resultantes al imputar los datos a partir del valor máximo del peso al nacer en cada celda (Panel A) y a partir del valor aleatorio del peso al nacer en cada celda (Panel B). Los coeficientes estimados son cualitativamente similares a los resultados principales presentados en la Tabla 2. Sin embargo, los coeficientes resultantes para los modelos de peso al nacer en gramos y bajo peso al nacer son estimados con imprecisión tanto para la imputación en base al valor máximo como también en base al valor aleatorio del peso al nacer en cada celda. El coeficiente resultante para el modelo de peso al nacer en logaritmos es estadísticamente significativo ( $p < 0.01$ ) para ambas especificaciones.

La Tabla 8 muestra los coeficientes resultantes al utilizar como ponderadores en las regresiones el ratio de probabilidades resultantes de la predicción en base al modelo Logit (*Inverse Probability Weighting*). Los coeficientes estimados para el peso al nacer en gramos, peso al nacer en logaritmos y el indicador de bajo peso al nacer son todos estadísticamente significativos ( $p < 0.05$ ) y cualitativamente similares a los coeficientes estimados mostrados en la Tabla 2. Este resultado se interpreta como que la selección en cuanto a los niños para los cuales se observa información del peso al nacer no influye en las estimaciones.

## Pruebas de falsificación y robustez de los resultados

A modo de descartar que los resultados encontrados puedan deberse a otro tipo de factores no observables que puedan estar indirectamente correlacionados con la variabilidad de la temperatura y que puedan afectar la salud neo-natal, dos pruebas de falsificación son realizadas. Bajo el supuesto de que la variabilidad de la temperatura durante el tiempo en que el niño se encontraba *dentro del útero* de la madre es el único canal por el cual la salud neo-natal es afectada, no se deberían encontrar resultados estadísticamente significativos si es que se utiliza como variable explicativa principal la variabilidad de la temperatura durante los meses 12 a 23 previos al nacimiento del niño (tiempo en que el niño no había sido concebido) o durante los meses 1 a 12 posteriores al nacimiento del niño (periodo post-natal). Esta idea es utilizada para corroborar la robustez de los resultados.

La Tabla 9 muestra el efecto de la variabilidad de la temperatura durante los meses 12 a 23 previos al nacimiento del niño (columnas 1 y 4) y durante los meses 1 a 12 posteriores al nacimiento del niño (columnas 2 y 5). Por cuestiones de extensión del documento, se presentan los resultados al utilizar como variables dependientes el peso al nacer en logaritmos y el indicador de bajo peso al nacer<sup>22</sup>. Ninguno de los coeficientes resultantes es significativo en sentido estadístico. En las columnas 3 y 6 se estiman modelos que agregan como variables explicativas la variabilidad de la temperatura durante los 9 meses previos al nacimiento (periodo gestacional), la variabilidad de la temperatura durante los meses 12 a 23 previos al nacimiento y durante los meses 1 a 12 posteriores al nacimiento del niño. Los coeficientes para la variabilidad de la temperatura durante el tiempo en que el niño estuvo *dentro del útero* de la madre son estadísticamente significativos, lo cual corrobora la robustez de los resultados.

Como prueba adicional de robustez, la Tabla 10 muestra los resultados al agregar como covariable la precipitación promedio (medida en litros por metro cuadrado) durante los 9 meses previos al nacimiento del niño. Los coeficientes estimados asociados a la variabilidad de la temperatura se mantienen invariantes aún cuando se agrega la precipitación promedio durante el periodo gestacional. Esto muestra evidencia de que la salud neo-natal se ve afectada únicamente por la variabilidad de la temperatura durante el embarazo y por ningún otro canal.

### **5.3. Efectos heterogéneos de acuerdo al sexo y a características geográficas**

En esta sub-sección se exploran efectos heterogéneos de acuerdo al sexo del niño y al ámbito geográfico de residencia (urbano/rural). Los resultados obtenidos a partir del análisis de heterogeneidad resultan

---

<sup>22</sup> Los resultados obtenidos para las demás variables dependientes pueden ser facilitados a pedido del lector.

ser de importancia para re-distribuir eficientemente los recursos destinados a paliar los efectos del cambio climático en la salud neo-natal.

### Sexo del niño

La Tabla 11 presenta los coeficientes resultantes al estimar el efecto de la variabilidad de la temperatura en la salud neo-natal para mujeres (Panel A de la tabla) y hombres (Panel B de la tabla) por separado. No se encuentran efectos estadísticamente significativos en el peso al nacer en gramos o en logaritmos tanto para mujeres como para hombres. No obstante, los efectos de la variabilidad de la temperatura en el indicador de bajo peso al nacer y en el indicador de tamaño pequeño al nacimiento resultan ser estadísticamente significativos únicamente para las mujeres. Este resultado sugiere que son las niñas quienes se ven más afectadas ante una mayor variabilidad de la temperatura durante el periodo gestacional.

Existe evidencia reciente acerca de que son las mujeres quienes se ven más afectadas ante eventos que perjudican la salud desde edades muy tempranas de vida. Por ejemplo, Maccini y Yang (2006) encuentran que una mayor variación en la precipitación durante etapas tempranas de vida tiene un efecto sobre los salarios, estatura, escolaridad y pobreza para las mujeres pero no para los hombres. En el Perú, Beuermann y Sánchez (2012) encuentran un resultado similar. Sin embargo, estos estudios pueden tener una mayor vinculación con comportamientos de re-distribución de los recursos de acuerdo al sexo del niño al interior del hogar.

Por el contrario, los resultados hallados en el presente estudio no se relacionan a la re-distribución de los recursos en el hogar. Esto debido a que se exploran efectos de la variabilidad de la temperatura en la salud al momento exacto del nacimiento del niño. Por tanto, de haber algún efecto sobre la re-distribución de los recursos de acuerdo al sexo, esto supondría que los hogares tienen conocimiento del sexo del niño antes del nacimiento del mismo (durante el embarazo). Contraria a esta idea, los resultados encontrados pueden ser un indicador de que las variaciones climatológicas afectan distintamente la salud de los niños y niñas por cuestiones biológicas. No obstante, puede existir también selección en cuanto al nacimiento de niños y niñas. En esta línea, es posible que la variabilidad de la temperatura afecte en mayor medida la mortalidad pre-natal para los niños en comparación con las niñas y, por este motivo, los varones que nacen (y por tanto que se observan en la muestra) son aquellos con una mejor condición de salud en comparación con los que fallecieron estando aún en el útero de la madre, mientras



que no se observa este mismo patrón para las niñas. Desafortunadamente, los datos con los que se cuenta no permiten realizar un estudio más profundo con respecto a este tema<sup>23</sup>.

### Ámbito urbano y rural

La Tabla 12 presenta los coeficientes resultantes al estimar regresiones para el ámbito rural (Panel A de la tabla) y urbano (Panel B de la tabla) por separado. Contrario a lo esperado, los resultados sugieren que es en las zonas urbanas donde la variabilidad de la temperatura afecta en mayor medida a la salud neo-natal. No se encuentran resultados estadísticamente significativos para zonas rurales. Sin embargo, estos resultados pueden ser también explicados por un mayor tamaño de la muestra en zonas urbanas en comparación con zonas rurales, lo cual podría afectar la precisión de los resultados para zonas rurales. Por ello, es necesario investigar con mayor profundidad la interacción en los efectos de la variabilidad de la temperatura de acuerdo al ámbito geográfico.

### **5.4. Resultados adicionales**

Se explora también si es que la variabilidad de la temperatura afecta la salud de la madre durante el embarazo o si se observaron complicaciones durante el parto. Cabe resaltar que la ENDES incluye información acerca de las complicaciones durante el parto desde el año 1996 en adelante e información acerca de complicaciones con la visión durante el embarazo desde el año 2000 en adelante. Además, la información tanto para complicaciones durante el parto como para dificultades con la visión durante el embarazo se encuentra disponible únicamente para el último niño nacido vivo (hijo menor de la mujer entrevistada).

La Tabla 13 muestra los resultados para los indicadores de dificultad con la visión durante el embarazo y complicaciones durante el parto. Se encuentra que la variabilidad de la temperatura durante la gestación incrementa la probabilidad de ceguera nocturna. La ceguera nocturna puede ser síntoma de anemia por deficiencia de Vitamina A o, mucho más grave aún, síntoma de pre-eclampsia. Esta última se encuentra altamente correlacionada con la mortalidad materna: según la OMS, cerca de una cuarta parte de todas las muertes maternas que ocurren en América Latina se deben a trastornos hipertensivos durante el embarazo como la pre-eclampsia o eclampsia (OMS 2011). No se encuentran resultados estadísticamente significativos para los demás indicadores de salud materna considerados.

---

<sup>23</sup> Una forma alternativa de explorar efectos de supervivencia de acuerdo al sexo del niño es investigar si es que la variabilidad de la temperatura ha generado cambios en el ratio de niños a niñas nacidos vivos. Sin embargo, este ejercicio supone el uso de fuentes administrativas para saber el número exacto de nacimientos de acuerdo al sexo del niño. Se pretende explorar estos efectos en estudios futuros.

## **5.5. Demanda por servicios de salud**

Por último se explora si es que la variabilidad de la temperatura influye en la demanda por servicios de salud. En particular, se explora si es que una mayor variabilidad de la temperatura durante el periodo gestacional afecta el número de visitas pre-natales y en la probabilidad de dar a luz en un centro de salud (parto institucional). Los resultados de estas regresiones son mostradas en la Tabla 14.

Se encuentra que una mayor variabilidad de la temperatura durante la gestación incrementa el número de visitas pre-natales en alrededor de 0.114 visitas. Este resultado implica que las mujeres que experimentaron una mayor variabilidad de la temperatura durante el tiempo que estaban embarazadas acudieron más a sus visitas pre-natales, presumiblemente como medida de prevención. No se encuentran resultados estadísticamente significativos para la probabilidad de haber dado a luz en un centro de salud. Estos resultados sugieren que la salud neo-natal no se ve afectada por una menor demanda de salud inducida por una mayor variabilidad de la temperatura en el distrito, sino que la variabilidad de la temperatura tiene un efecto directo sobre la salud neo-natal.

## **6. Discusión**

En esta sección se discute la validez de los resultados encontrados y la magnitud de los mismos. Se discute también cómo estos efectos se traducen en un deterioro en la productividad laboral y se trata de cuantificar sus efectos en los salarios durante la transición en el mercado laboral. Finalmente se realiza un análisis a partir de los datos pronosticados de temperaturas para el periodo 2020-2040 y 2030-2040 a modo de explorar la condición de salud que se espera para poblaciones futuras.

### **6.1. Validez y magnitud de los efectos**

La metodología seguida para la identificación de los efectos de interés explota la variación inter-anual en la temperatura dentro de una misma zona geográfica; a decir, el distrito. La validez interna de los resultados subyace en el supuesto de que, a pesar de que los pobladores de un determinado distrito pueden predecir los cambios en la temperatura en cada mes o temporada del año, no es posible determinar con exactitud la intensidad de la temperatura para un determinado año. Bajo esta idea, la inclusión de efectos fijos por distrito y mes de nacimiento, al mismo tiempo que se controla por el año de nacimiento del niño, permite identificar el efecto de la variabilidad de la temperatura en la salud neo-natal.

Sin embargo, no se sabe con exactitud si es que los coeficientes estimados sobre-estiman el efecto de la variabilidad de la temperatura en la salud infantil. Más aún, debido a que el presente estudio es el primero en explorar la variabilidad y no el nivel de la temperatura sobre la salud neo-natal, no es posible realizar comparaciones con estudios internacionales. Algunas consideraciones, no obstante, hacen pensar que los efectos encontrados sub-estiman el efecto *verdadero* de la variabilidad de la temperatura en la salud neo-natal.

Primero, como ha sido puesto en evidencia en la sección anterior, la imprecisión en cuanto a la asignación de la temperatura a cada distrito hace que se introduzca error de medición en la variable explicativa de interés. Este error de medición hace que los coeficientes estimados se encuentren sesgados hacia cero. Prueba de ello es que, aunque aumenta la imprecisión debido a un menor número de observaciones, los coeficientes resultantes al estimar con datos geo-referenciados del conglomerado/centro poblado son mayores en términos absolutos en comparación con aquellos que asignan la temperatura basada en el *nodo* de temperatura más cercano al centroide del distrito. Por tal motivo, se piensa que los resultados son una cota inferior del efecto *verdadero* de interés.

Segundo, es necesario discutir acerca de la selección de la muestra observada. Debido a que los niños que aparecen en la muestra de trabajo son niños que nacieron vivos, existe un potencial efecto debido a selección de la muestra. Esto se debe a que no es posible observar al universo de niños que estuvieron *dentro del útero de su madre* pues, por construcción, no se observan a los niños que fallecieron antes del término del embarazo. El resultado es que los niños que sobrevivieron el embarazo son, por así decirlo, los más fuertes entre el universo de niños concebidos, lo cual puede hacer que los efectos de la variabilidad de la temperatura en el peso al nacer se encuentren, nuevamente, sesgados hacia cero.

Finalmente, es necesario recalcar también que los efectos encontrados son particulares al contexto del Perú. En contraste con la evidencia internacional del efecto del nivel de la temperatura en la salud neo-natal, el contexto peruano hace que los resultados encontrados no se encuentren contaminados por el uso de tecnologías de adaptación como es el caso del aire acondicionado o calefacción. Esto hace pensar que los resultados encontrados son más cercanos al efecto *verdadero* de las variaciones climáticas en general en la salud neo-natal.

## **6.2. Efectos del deterioro de la salud neo-natal en la productividad laboral**

Dados los coeficientes estimados del efecto de la variabilidad de la temperatura en el peso al nacer y junto con la evidencia internacional acerca del efecto del bajo peso al nacer en los salarios cuando adultos, es posible predecir cómo la variabilidad de la temperatura puede afectar los salarios durante la

transición en el mercado laboral. De manera similar al análisis que realizan Amarante et al. (2011), se toma como referencia una reducción en el salario de 2.6% para niños que nacieron con bajo peso. Este dato se basa en los estimados de la Tabla 6 del estudio de Aizer et al. (2007).

El estimador puntual del efecto de la variabilidad de la temperatura en el indicador de bajo peso al nacer para el caso peruano es 0.011 (ver columna 3 del Panel A de la Tabla 2), lo cual corresponde a un aumento en la probabilidad de nacer con bajo peso de 14%. Si se toma como referencia el ingreso promedio laboral del año 2013 que asciende a S/. 14,113.20 y corresponde al dato de ingresos laborales más reciente que publica el INEI<sup>24</sup>, la disminución esperada en el salario anual del individuo promedio sería de S/. 51.40 por cada año de trabajo (o alrededor de 0.6% del ingreso total anual basado en la remuneración mínima vital)<sup>25</sup>.

### 6.3. Efectos esperados a futuro

Finalmente, es posible hacer uso de los datos de temperaturas proyectadas para las décadas 2020-2030 y 2030-2040 por el CCSM3-A2 para predecir cómo será afectada la salud neo-natal de las poblaciones futuras. Para realizar este ejercicio se utilizan los coeficientes estimados en la Tabla 2. Para calcular el efecto implícito del cambio climático en la salud neo-natal en cada distrito y mes de nacimiento, cada coeficiente  $\beta_1$  es multiplicado por la variabilidad de la temperatura promedio de los 9 meses previos a cada mes de nacimiento dentro de cada distrito para los periodos 2020-2030 y 2030-2040.

Dicho de otro modo, primero se obtiene la temperatura promedio de los 9 meses previos a cada mes para cada año en las décadas 2020-2030 y 2030-2040. Una vez calculadas estas temperaturas, se obtiene el promedio de cada una de las dos décadas implícitas, de tal manera que, por ejemplo, si un niño nació en septiembre, a este le correspondería el promedio de la temperatura promedio de enero a septiembre en un distrito en particular para los periodos 2020-2030 y 2030-2040<sup>26</sup>. Finalmente se calcula la variabilidad de la temperatura tomando como referencia el promedio histórico distrital (temperatura promedio del periodo 1950-2010) y se multiplica por el coeficiente asociado a la variabilidad de la temperatura para cada indicador de salud neo-natal. Esta metodología asume que el niño hubiese nacido

---

<sup>24</sup> Esta cifra corresponde al ingreso promedio anual en el Perú para el año 2013. Para mayor detalle, consultar el portal web: <http://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/ocupacion-y-vivienda/>

<sup>25</sup> Esta cifra es calculada utilizando la siguiente fórmula:

$$\Delta\% \Pr(\text{Bajo peso al nacer}) \times \Delta\%(\text{Salario} | \text{Bajo peso al nacer}) \times \text{Salario promedio anual}$$

<sup>26</sup> A pesar de que las proyecciones de temperatura del modelo CCSM3-A2 se encuentran disponibles con una periodicidad anual, se utilizan décadas para prevenir que las predicciones en la salud neo-natal de las poblaciones futuras se vean afectadas por proyecciones extremas para un año en particular. Esto implica que las predicciones obtenidas son conservadoras en cuanto al deterioro esperado en la salud neo-natal de poblaciones futuras.

en el mismo distrito y mes pero en una década futura. Los errores estándar de este efecto son fácilmente calculados debido a que resultan ser función lineal de los parámetros estimados.

Los resultados de las predicciones basadas en el modelo CCSM3-A2 son mostrados en la Tabla 15. Las predicciones sugieren que, de cumplirse las proyecciones de temperaturas, el peso al nacer de las poblaciones nacidas en el periodo 2020-2040 se verá reducido entre 20 y 30 gramos, mientras que la probabilidad de que estas poblaciones nazcan con bajo peso incrementará entre 1 y 1.5 puntos porcentuales, lo que equivale a un aumento de entre 12% y 20% en la prevalencia de bajo peso al nacer respecto de la prevalencia actual. Dados los errores estándar estimados, los impactos esperados resultan ser todos, con excepción del impacto esperado para parto por cesárea, estadísticamente significativos.

## **7. Conclusiones**

Estudios recientes sugieren que es la variabilidad de la temperatura y no el nivel de la temperatura la que puede tener un mayor impacto sobre la salud de los individuos (Vasseur et al. 2014). En el futuro se espera no solo un incremento en la temperatura promedio global, sino también un incremento en la variabilidad de la temperatura, lo que hace que los eventos meteorológicos sean cada vez más extremos e impredecibles. El presente estudio analiza el efecto de la variabilidad de la temperatura en la salud neo-natal en el Perú.

Para identificar los efectos de interés, la estrategia empírica explota la variación inter-anual en la variabilidad de la temperatura, definida como el número de desviaciones estándar con respecto al promedio histórico (1950-2010) distrital, dentro de un distrito y en un mes del año en particular. Los resultados sugieren que una desviación estándar por encima del promedio histórico distrital reducen el peso al nacer en alrededor de 22 gramos, aumentan la probabilidad de nacer con bajo peso en 14% y aumentan la probabilidad de que el niño sea pequeño al nacimiento según el reporte de la madre en 14%. Estos efectos se concentran principalmente durante el primer trimestre de gestación (periodo embrionario), lo cual es consistente con la evidencia empírica existente. Adicionalmente, no se encuentran efectos para temperaturas inusualmente frías, lo cual sugiere que el calentamiento global esperado tendrá un mayor efecto sobre la salud de los recién nacidos. Todos estos resultados son robustos ante diferentes especificaciones y pruebas de falsificación.

En cuanto a los efectos heterogéneos de acuerdo al sexo del niño, se encuentra que los impactos encontrados se concentran en las mujeres y no en los hombres. Este resultado es también consistente con resultados de estudios previos, incluso para el caso del Perú. No obstante, contraria a la evidencia empírica existente, los resultados presentados en este estudio sugieren que podrían existir diferencias

biológicas en cuanto a la respuesta de la salud de las niñas hacia una mayor variabilidad de la temperatura relativa a la de los niños. La evidencia empírica existente sugiere, por el contrario, una redistribución de los recursos de acuerdo al sexo de los niños al interior del hogar. No se descarta, sin embargo, que el impacto en las mujeres pueda deberse a una potencial selección de los niños que sobreviven a la variabilidad de la temperatura (muertes fetales): es probable que la supervivencia en el caso de las mujeres sea mayor que en el caso de los hombres, por lo cual los hombres que sobreviven son aquellos más *saludables* y como consecuencia no se observan efectos de la variabilidad de la temperatura en la salud al nacimiento para ellos.

Adicionalmente se explora si es que la variabilidad de la temperatura durante el periodo gestacional pudo haber impactado la salud de la madre durante el embarazo o complicaciones durante el parto del niño. Los resultados sugieren que la variabilidad de la temperatura incrementa la probabilidad de que la madre haya experimentado ceguera nocturna durante el embarazo, síntoma asociado a la anemia por falta de vitamina A o, peor aún, pre-eclampsia. Se encuentra también que las madres que durante su gestación fueron expuestas a una mayor variabilidad de la temperatura acuden a un mayor número de controles pre-natales, presumiblemente por un mayor cuidado de su embarazo. No se encuentran resultados estadísticamente significativos en la probabilidad de que el parto haya sido atendido en un centro de salud, lo cual implica que los resultados en la salud neo-natal no se deben a una menor demanda por servicios de salud.

En términos económicos, el deterioro de la salud neo-natal implica que la productividad laboral del bebé promedio se verá reducida cuando adulto. Basados en la evidencia empírica existente en cuanto al efecto del bajo peso al nacer sobre los salarios durante la adultez, los cálculos sugieren que el bebé promedio que ha sido expuesto a una mayor variabilidad de la temperatura *dentro del útero* de la madre reducirá sus ingresos laborales en alrededor de S/. 51.00 por cada año de trabajo, lo cual representa una disminución de alrededor de 0.6% del ingreso anual basados en la actual remuneración mínima vital. Aunque esta cifra parece ser mínima, esta reducción en el ingreso anual es especialmente considerable en el contexto de zonas rurales del país. Asimismo, se espera que la salud neo-natal de las poblaciones futuras, a decir, aquellas que nacerán en el periodo 2020-2040, se vea también perjudicada. Los cálculos señalan que el peso al nacer de dichas poblaciones se verá reducido entre 20 y 30 gramos con respecto al peso al nacer promedio en la actualidad. Asimismo, se espera que la prevalencia del peso al nacer incremente entre 10% y 20% con respecto a la cifra actual.

Los resultados del presente estudio son consistentes con la hipótesis de que el cambio climático tendrá efectos perjudiciales en la salud de los individuos, incluso desde edades muy tempranas de vida. Los costos de corto y largo plazo asociados a este impacto negativo en la salud de los individuos dan cuenta de que es necesario realizar planes de prevención, tratamiento y adaptación frente al cambio

climático. Asimismo, es necesario tener en consideración que las estrategias de salud frente al cambio climático o, más ampliamente, desastres naturales generados por variaciones en el clima, deben de incluir también atención desde la gestación y no únicamente desde etapas post-natales. Sin embargo, es necesaria una investigación más profunda acerca de los canales a través de los cuales el clima afecta la salud de las gestantes y consecuentemente de los recién nacidos.

## **8. Recomendaciones y plan de incidencia en políticas públicas**

Esta sección discute las implicancias y brinda sugerencias de políticas públicas. Asimismo, se presenta el plan de incidencia en políticas públicas y los actores clave para quienes los resultados del presente estudio son de particular interés.

### **8.1. Implicancias y recomendaciones de política**

#### Resultados principales: El efecto de la variabilidad de la temperatura en la salud neo-natal

Los resultados del estudio señalan que la variabilidad de la temperatura reduce el peso al nacer e incrementa la probabilidad de nacer con bajo peso o nacer pequeño relativo a otros recién nacidos. Adicionalmente se encuentra que son las temperaturas inusualmente cálidas las que afectan la salud neo-natal mas no sucede lo mismo con temperaturas inusualmente frías. Finalmente, se encuentra que es la variabilidad de la temperatura durante el primer trimestre de embarazo la que perjudica la salud neo-natal.

Este último resultado es importante puesto a que permite saber el periodo crítico de gestación en el cual es necesario intervenir. Primero, es necesario determinar el embarazo tempranamente. Esto es especialmente importante para mujeres en edad fértil con bajos niveles educativos quienes, adicional a no tener conocimiento acerca de su ciclo ovulatorio y, por tanto, no poder detectar con precisión si están embarazadas o no, no tienen un cuidado adecuado de su salud durante la gestación. Por tal motivo, promover la detección temprana del embarazo y la asistencia a controles pre-natales desde etapas tempranas de gestación es importante para atenuar los efectos adversos de la variabilidad de la temperatura en la salud neo-natal.

Segundo, se encuentra que la variabilidad de la temperatura tiene efectos sobre la salud de la madre gestante y se manifiesta a través de una mayor probabilidad de sufrir de ceguera nocturna. Como ha sido señalado, la ceguera nocturna durante el embarazo puede asociarse a anemia por déficit de vitamina A o a pre-eclampsia. En cualquiera de los casos, es necesario proveer a las madres gestantes

de complementos vitamínicos y promover la ingesta de alimentos ricos en hierro y también la ingesta de ácido fólico. Asimismo, es importante proveer información acerca de una adecuada nutrición durante el embarazo.

Tercero, es necesario que las intervenciones orientadas a mejorar la salud infantil sean realizadas desde etapas anteriores al nacimiento. La evidencia internacional señala que las intervenciones pre-natales se han mostrado más efectivas en cuanto a la reducción de desnutrición crónica infantil y las consecuencias que esta trae consigo en comparación con las intervenciones que se dan posteriores al nacimiento. En el Perú, a pesar de existir la Estrategia Sanitaria de Salud Sexual y Reproductiva que engloba la salud materno-infantil (neo-natal), las políticas públicas de inversión en salud infantil se encuentran principalmente enfocadas en etapas post-natales. Es necesario, consiguientemente, tener una mirada más amplia acerca de cómo se origina la desnutrición crónica infantil y cómo las intervenciones de salud pre-natales pueden tener un mayor impacto en la reducción de la misma.

Finalmente, es necesario que el MINSA cuente con un plan de prevención y acción frente a enfermedades causadas como consecuencia del cambio climático. Hasta lo que se conoce, no existe una estrategia clara ni desde el sector salud ni desde el sector medio ambiente que englobe los riesgos y las respuestas del Estado frente al cambio climático. Para ello, es necesario también ampliar la investigación acerca de otros efectos que el cambio climático puede tener sobre la salud de los individuos y, además, determinar cuáles son las poblaciones particularmente vulnerables al cambio climático.

#### Calidad, disponibilidad de la información e investigaciones futuras

Los resultados encontrados en el estudio se muestran robustos ante distintas especificaciones, controles y pruebas de falsificación. Sin embargo y a pesar de haber hecho esfuerzos por descartar que los resultados se deban a una potencial selección de la muestra por observación de información en el peso al nacer, aún persisten los problemas de falta de información para alrededor del 20% de la muestra y otros problemas potenciales como, por ejemplo, error de medición de peso al nacer ya sea por la imprecisión del dato reportado por la madre o por un mal recuerdo del mismo. Aunque la ENDES incluye preguntas acerca de si el dato del peso al nacer proviene de la cartilla de nacimiento o del recuerdo de la madre, lo que es crucial para determinar la precisión del dato, esto no soluciona totalmente el problema de un potencial error de medición.

Por este motivo, es necesario el uso de datos administrativos que tienen como ventaja tener una mayor precisión en cuanto al reporte del peso al nacer y además incluyen otro tipo de datos que son muy valiosos para el estudio como, por ejemplo, la duración del embarazo y el total de nacimientos por



sexo del niño. Este último dato es bastante importante para determinar, por ejemplo, si es que existe una potencial selección por supervivencia de acuerdo al sexo del niño en épocas de mayor variabilidad de la temperatura. Asimismo, los datos administrativos permiten identificar a más de un niño nacido de una misma madre (hermanos), lo cual permite el uso de estrategias alternativas de identificación que muestren resultados más convincentes con respecto al efecto de la variabilidad de la temperatura en la salud neo-natal.

Por último, es necesario dejar en claro la necesidad por un mayor número de investigaciones relacionadas al efecto del cambio climático en la salud y otros aspectos de desarrollo individual, tanto de corto como también de largo plazo. Es necesario también hacer un esfuerzo por identificar áreas donde el cambio climático pueda tener un mayor impacto y poblaciones vulnerables ante los efectos del cambio climático. Finalmente, es necesario ahondar más en (1) cuáles son los canales por los que el cambio climático afecta la salud individual y (2) qué estrategias de adaptación se han mostrado efectivas en atenuar el impacto del cambio climático sobre la salud de los individuos.

## **8.2. Plan de incidencia en políticas públicas**

### Plan de incidencia

Con el objetivo de incidir en las políticas públicas se prevé realizar tres eventos de difusión y discusión, uno dirigido a una audiencia específica y otro de carácter más general:

- **Elaboración de artículo periodístico**

Con la intención de que esta problemática pueda ser discutida en un mayor ámbito, se plantea la elaboración de un artículo periodístico para una difusión masiva de los resultados de la investigación. Además, los autores no tienen problemas en participar en discusiones periodísticas sobre el tema, como resultado de su investigación.

- **Reunión cerrada de tipo bilateral**

Entre el equipo de investigación y funcionarios del MINSA y MINAM, a modo de presentar y discutir los resultados y recomendaciones de la investigación.

- **Reunión cerrada de presentación y discusión de resultados y recomendaciones de políticas**

Este evento tiene como público objetivo una audiencia reducida conformada por funcionarios del MINSA, MINAM, INDECI e INEI (vinculados a la ENDES). Este evento tendrá el formato de una mesa de trabajo en la que los resultados y alcances de la investigación serán presentados, un representante del MINSA

y otro representante del MINAM intervendrán con reflexiones y comentarios sobre los hallazgos presentados, y, finalmente, se invitará a una discusión abierta con los asistentes.

- **Seminario de presentación de resultados**

Cuya audiencia serán miembros de la comunidad académica vinculados a los temas del presente estudio, estudiantes interesados en esos temas, y funcionarios vinculados al diseño, implementación y evaluación de políticas públicas de protección social y de salud. Este evento tendrá el formato típico de un seminario académico que contará con la bienvenida de la dirección ejecutiva, la presentación de los autores del estudio, los comentarios de representantes de los actores clave y una ronda de debate con los asistentes.

Cronograma de actividades

<b>Actividad</b>	<b>Mes de ejecución</b>
Reunión cerrada de tipo bilateral	Agosto 2015
Reunión cerrada de presentación, discusión de resultados y recomendaciones de política	Septiembre 2015
Seminario de presentación de resultados	Octubre 2015

## Referencias

Agüero, Jorge

2014 Long-Term Effect of Climate Change on Health: Evidence from Heat Waves in Mexico. IDB Working Paper Series No. IDB-WP-481

Aizer, Ana, Janet Currie y Enrico Moretti

2007 Does managed care hurt health? Evidence from Medicaid mothers. *The Review of Economics and Statistics*, 89 (3), 385-399.

Aizer, Ana, Laura Stroud y Stephen Buka

2012 Maternal stress and child outcomes: evidence from siblings. National Bureau of Economic Research Working Paper 18422.

Almond, Douglas, Kenneth Y. Chay y David S. Lee

2005 The Costs of Low Birth Weight. *The Quarterly Journal of Economics* 120(3), 1031-1083.

Almond, Douglas y Janet Currie

2011 Killing Me Softly: The Fetal Origins Hypothesis. *Journal of Economic Perspectives*, 25(3), 153-172.

Almond, Douglas y Bhashkar Mazumder

2011 Health Capital and the Prenatal Environment: The Effect of Ramadan Observance during Pregnancy. *American Economic Journal: Applied Economics*, vol. 3(4), 56-85.

Barker, D. J. P.

1992 Fetal and Infant Origins of Adult Disease. London: British Medical Journal.

Beuermann, Diether y Alan Sánchez

2012 Los efectos de choques transitorios en resultados de largo plazo: efectos adversos del clima en la acumulación de capital humano en los Andes Peruanos. Consorcio de Investigación Económica y Social – CIES.

Behrman, Jere R. y Mark Rosenzweig

2004 Returns to Birthweight. MIT Press. *Review of Economics and Statistics* 86(2), 586-601.

Bharadwaj, Prashant, et al.

2014 Gray Matters: Fetal Pollution Exposure and Human Capital Formation. National Bureau of Economic Research, Working Paper 20662.

Black, Sandra, Paul J. Devereux y Kjell D. Salvanes

2007 From the Cradle to the Labor Market? The Effect of Low Birth Weight on Adult Outcomes. *Quarterly Journal of Economics*, 122(1), 409-439.

Brooks, Nick y Neil Adger

2003 Country level risk measures of climate-related natural disasters and implications for adaptation to climate change. Norwich, UK: Tyndall Centre for Climate Change Research.

Camacho, Adriana

2008 Stress and Birth Weight: Evidence from Terrorist Attacks. *American Economic Review* 98(2), 511-515.

Chay, Kenneth y Michael Greenstone

2003 Air Quality, Infant Mortality, and the Clean Air Act of 1970. National Bureau of Economic Research Working Paper 10053.

Cline, William

1996 The impact of global warming on agriculture: Comment. *American Economic Review* 86(5), 1309-1311.

Currie, Janet, Matthew Neidell y Johannes F. Schmieder

2009 Air Pollution and Infant Health: Lessons from New Jersey. *Journal of Health Economics* 28(3), 688-703.

Currie, Janet y Maya Rossin-Slater

2013 Weathering the storm: Hurricanes and birth outcomes. *Journal of health economics*, 32(3), 487-503.

Currie, Janet y Hannes Schwandt

2014 The 9/11 Dust Cloud and Pregnancy Outcomes: A Reconsideration. National Bureau of Economic Research Working Paper 20368.

Currie, Janet y Reed Walker

2011 Traffic Congestion and Infant Helath: Evidence from E-ZPass. *American Economic Journal: Applied Economics* 3(1), 65-90.

Deschênes, Oliver, Michael Greenstone y Jonathan Guryan

2009 Climate change and birth weight. *The American Economic Review*, 211-217.

Deustua, Jose

2008 The Impact of Climatic Shocks on Child Nutrition in Peru. Young Lives International Study on Child Poverty.

Díaz, Juan José y Victor Saldarriaga

2014 Efectos del Programa de Transferencias Condicionadas JUNTOS en el Peso al Nacer de los Niños. Consorcio de Investigación Económica y Social – CIES.

Easterling, David R., et al.

1997 Maximum and minimum temperature trends for the globe. *Science*, 277(5324), 364-367.

Easterling, David R., et al.

2000 Climate extremes: observations, modeling, and impacts. *Science*, 289(5487), 2068-2074.

Freeman, Richard B.

1984 Longitudinal analyses of the effects of trade unions. *Journal of Labor Economics*, Vol. 2: pp. 38-69

Goodwin, C.

2014 Air Quality and Birth Outcomes: the Mount St. Helens Eruption – a Natural Experiment. Mimeo.

- Guyatt, Helen y Robert W. Snow  
2004 Impact of Malaria during Pregnancy on Low Birth Weight in Sub-Saharan Africa. *Clinical Microbiology Reviews*, Oct 2004, p. 760-769.
- Hernández-Julián, Rey, Hani Mansour y Christina Peters  
2013 The Effects of Intrauterine Malnutrition on Birth and Fertility Outcomes: Evidence from the 1974 Bangladesh Famine. IZA Discussion Paper, No. 7692.
- Hirano, Keisuke y Guido Imbens  
2002 Estimation of Causal Effects Using Propensity Score Weighting: An Application to Data on Right Heart Catheterization. *Mimeo*, University of Miami Department of Economics.
- Hirano, Keisuke, Guido Imbens y Geert Ridder  
2003 Efficient Estimation of Average Treatment Effects Using the Estimated Propensity Score, *Econometrica* 71: 1161-1189.
- Hobel, Calvin y Jennifer Culhane  
2003 Role of psychosocial and nutritional stress on poor pregnancy outcome. *Journal of Nutrition* 133(5, 2) 1709s-1717s.
- Isen, Adam, Maya Rossi-Slater y Reed Walker  
2014 Every breath you take – every dollar you’ll make: The Long-Term Consequences of the Clean Air Act of 1970. National Bureau of Economic Research, Working Paper 19858.
- Jayachandran, Seema  
2009 Air quality and early-life mortality evidence from Indonesia’s wildfires. *Journal of Human Resources*, 44(4), 916-954.
- Kudamatsu, Masayuki, Torsten Persson y David Strömber  
2012 Weather and Infant Mortality in Africa. CEPR Discussin Paper No. DP9222.
- Lindo, Jason M.  
2010 Parental Job Loss and Infant Health. IZA Discussion Paper No. 5213.
- Luechinger, Simon  
2011 Air pollution and infant mortality: A natural experiment from power plant desulfurization. *Journal of Health Economics* 37, 219-231.
- Lockwood, Charles J.  
1999 Stress-associated preterm delivery: The role of corticotropin-releasing hormone. *American Journal of Obstetrics & Gynecology* 180(1), s264-s266.
- Maccini, Sharon y Dean Yang  
2006 Under the Weather: Health, Schooling, and Socioeconomic Consequences of Early-Life Rainfall. *The American Economic Review*, Vol. 99, No 3, pp 1006-1026.
- Mansour, Hani y Manuel I. Rees  
2012 Armed conflict and birth weight: Evidence from the al-Aqsa Intifada. *Journal of Development Economics*, Elsevier 99(1), 190-199.

- Matsuura, K. y Willmott, C. J.  
2009 Terrestrial Air Temperature: 1900-2010 Gridded Monthly Time Series Version 3.01. Center for Climatic Research, Department of Geography, University of Delaware.
- McMichael, Anthony J.  
2003 Climate change and human health: risks and responses. World Health Organization.
- McMichael, Anthony J., et al.  
2007 Food, livestock production, energy, climate change, and health. *The Lancet*, 370(9594), 1253-63.
- McMichael, Anthony J., Rosalie E. Woodruff y Simon Hales  
2006 Climate change and human health: present and future risks. *The Lancet*, 367(9513), 859-869.
- Meehl, Gerald A. y Claudia Tebaldi  
2004 More Intense, More Frequent, and Longer Lasting Heat Waves in the 21st Century. *Science* 305, 994-997.
- Oreopoulos, Philip, Mark Stabile, Randy Walld y Leslie L. Roos  
2008 Short-, medium-, and long-term consequences of poor infant health: an analysis using siblings and twins. *Journal of Human Resources*, 43(1), 88-138.
- Pereda, Paula C., Tariane A. de Menezes y Denisard Alves  
2014 Climate Change Impacts on Birth Outcomes in Brazil. IDB Working Papers Series No. IDB-WP-495.
- Quintana-Domeque, Climent y Pedro Ródenas-Serrano  
2014 Terrorism and Human Capital at Birth: Bomb Casualties and Birth Outcomes in Spain. IZA Discussion Paper.
- Rocha, Rudi y Rodrigo R. Soares  
2015 Water scarcity and birth outcomes in the Brazilian semiarid. *Journal of Development Economics* 112, 72-91.
- Saldarriaga, Victor  
2015 Birth Weight and Early Childhood Physical Health: Evidence from a Sample of Latin American Twins. *Economía*, 15(2), 161-197.
- Sánchez, Alan  
2010 Weather shocks, nutrition and skills accumulation in the Peruvian highlands. Universidad de Oxford, Mimeo.
- Scherrer, Simon C., et al.  
2005 European temperature distribution changes in observations climate change scenarios. *Geophysical Research Letters* 32, L19705.
- Schultz-Nielsen, Marie Louise, Erdal Tekin y Jane Greve  
2014 Labor Market Effects of Intrauterine Exposure to Nutritional Deficiency: evidence from administrative data on muslim immigrants in Denmark. National Bureau of Economic Research, Working Paper 20723.

Simeonova, Emilia

2011 Out of sight, out of mind? Natural disasters and pregnancy outcomes in the USA. CESifo Economic Studies, 57(3), 403-431.

Suliano, Daniel C., et al.

2009 A Influencia do Clima no Desempenho da Economia Cearense. IPECE, Discussion Paper 56.

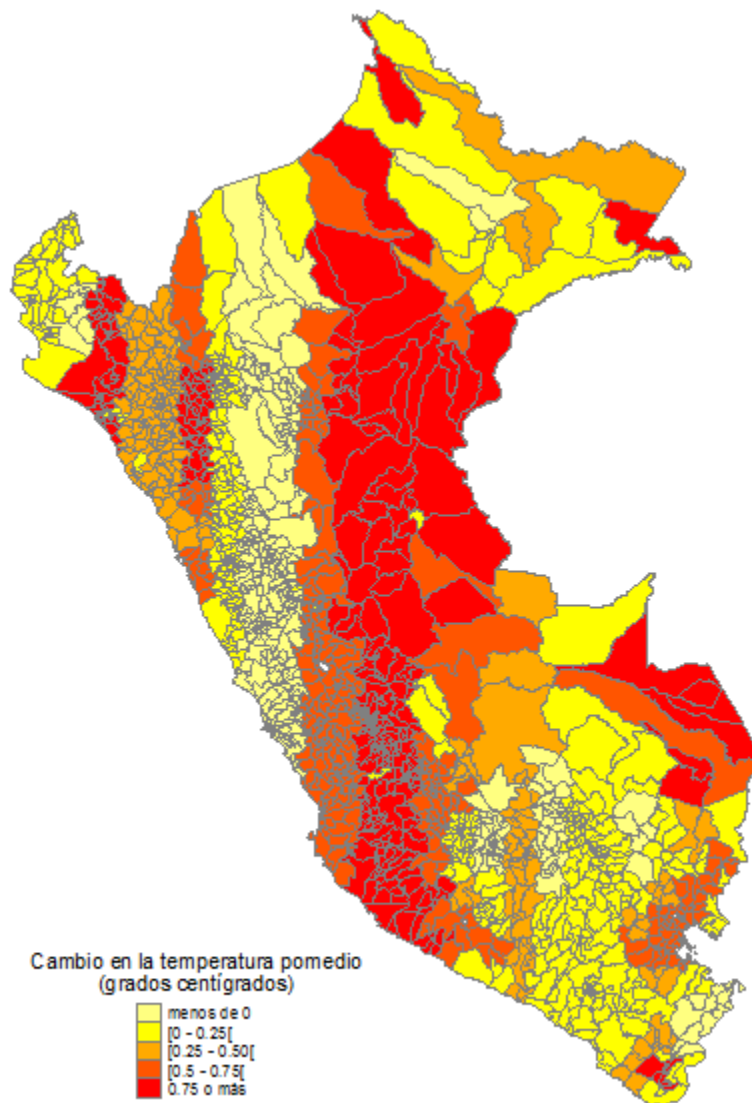
Tanaka, Shinsuke

2010 Environmental Regulations in China and Their Impact on Air Pollution and Infant Mortality. Job Market Paper, Boston University.

Vasseur, David A., et al.

2014 Increased temperature variation poses a greater risk to species than climate warming. Proceedings of the Royal Society 281: 20132612.

**Figura 1**  
**Cambio en la temperatura ambiental promedio en el Perú**  
**(1950-60/2000-10)**

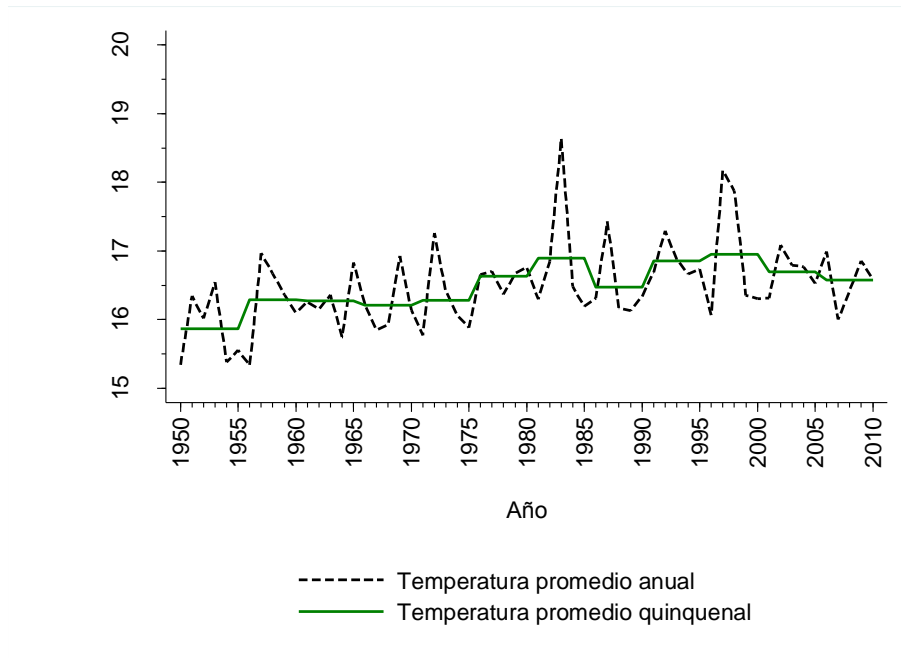


Notas: La figura muestra el cambio en la temperatura ambiental promedio (en grados centígrados) para todos los distritos del Perú entre las décadas de 1950-1960 y 2000-2010.  
Fuente: Elaboración propia en base a *Terrestrial Air Temperature and Precipitation: 1900-2010 Gridded Monthly Time Series, Version 3.01* (Matsuura y Willmott 2009).

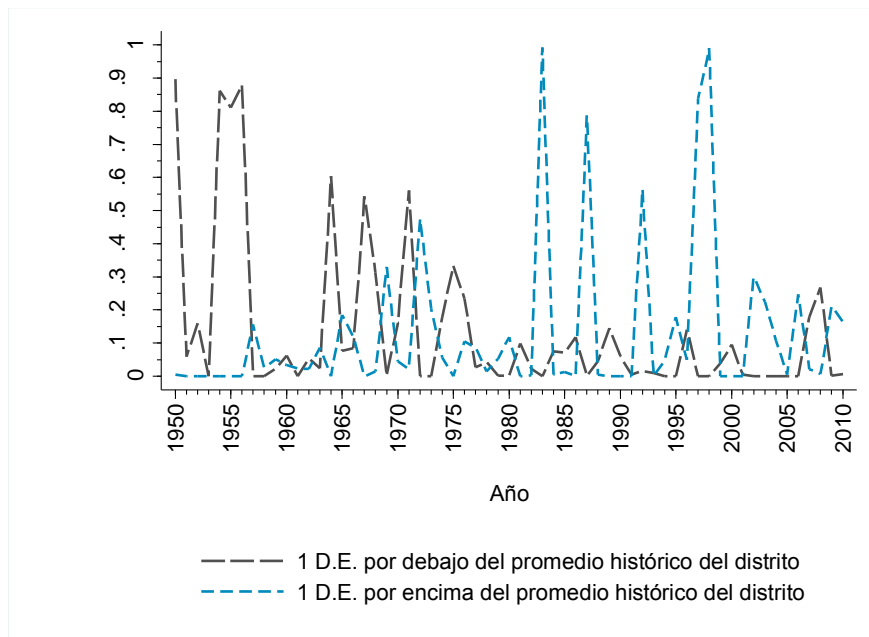


**Figura 2**

**Panel A: Variabilidad de la temperatura en el Perú (1950-2010)**



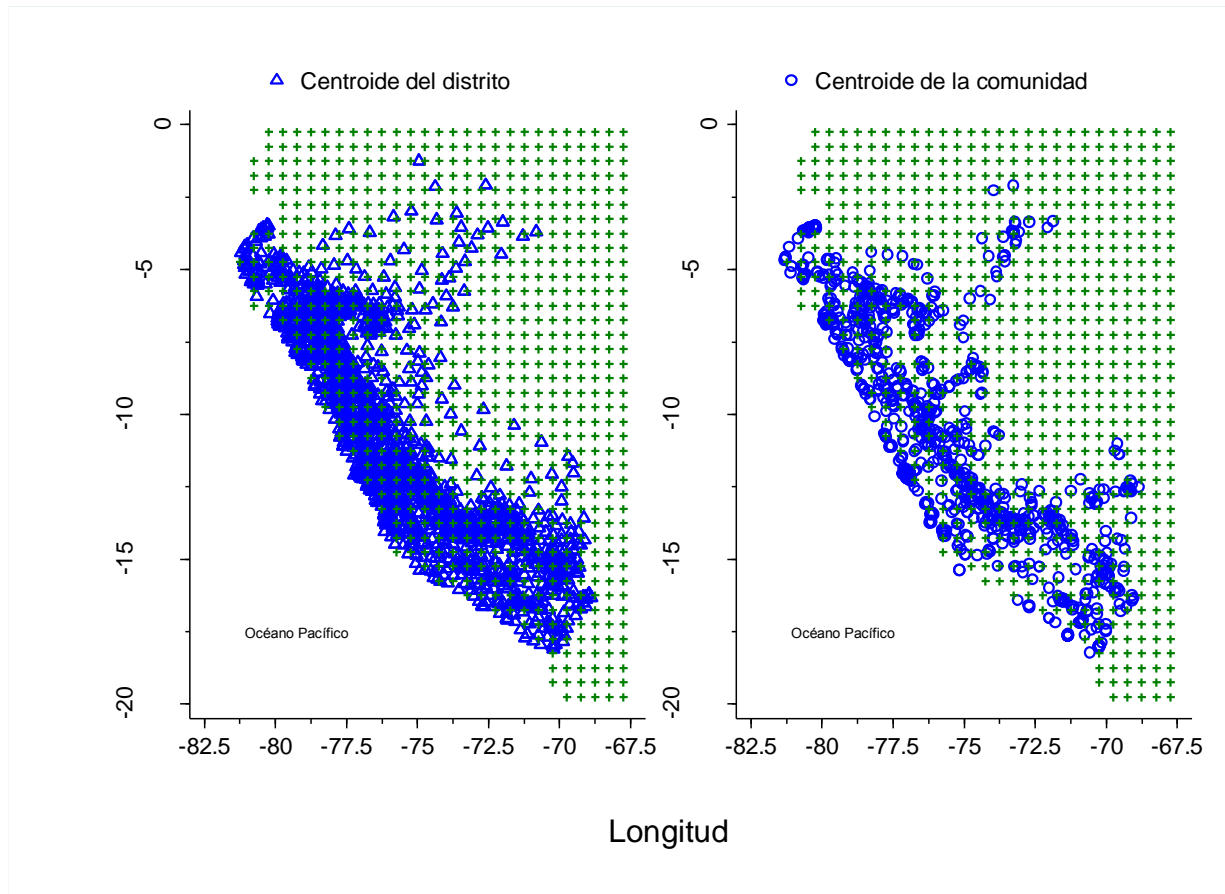
**Panel B: Severidad de la temperatura en el Perú (1950-2010)**



**Notas:** La figura muestra la temperatura anual y temperatura promedio quinquenal para el periodo 1950-2010 (Panel A) y el porcentaje de distritos del Perú cuya temperatura promedio anual se encuentra por debajo o encima de 1 desviación estándar respecto del promedio histórico distrital (Panel B).

Fuente: Elaboración propia en base a UBIGEOS 2010 (Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI) y *Terrestrial Air Temperature and Precipitation: 1900-2010 Gridded Monthly Time Series, Version 1.04* (Matsura y Willmott 2011).

**Figura 3**  
**Asignación de temperatura a nivel de distrito y comunidad/centro poblado**

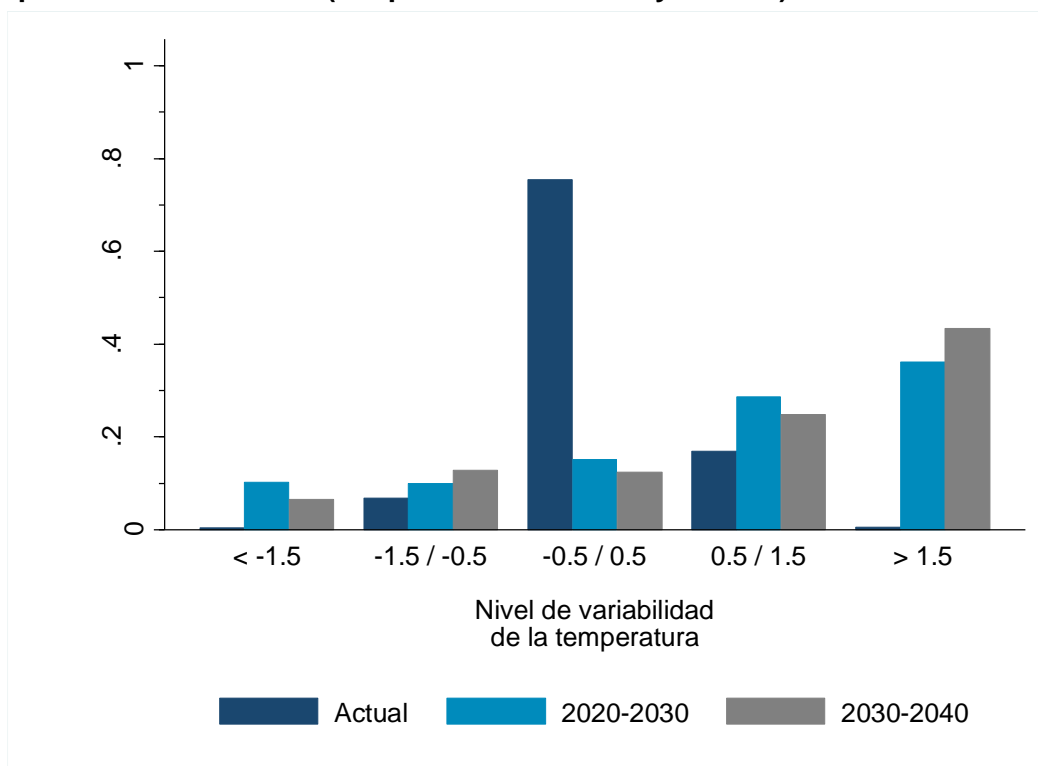


**Notas:** La figura muestra la ubicación geográfica (longitudes y latitudes) del centroide de cada distrito del Perú (lado izquierdo) y del centroide de cada comunidad/centro poblado del Perú que ha sido incluida dentro del marco muestral de la ENDES para los años que contienen información geo-referenciada (lado derecho). Los triángulos azules muestran la ubicación geográfica de los distritos. Los círculos azules muestran la ubicación geográfica de las comunidades/centros poblados. Las cruces verdes muestran los *nodos* para los que se cuenta con información de temperatura mensual del periodo 1900-2010. La temperatura de cada distrito o comunidad/centro poblado se asigna en base al *nodo* de temperatura más cercano al centroide de la unidad geográfica.

Fuente: Elaboración propia en base a UBIGEOS 2010 (Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI), Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES) del año 2009 y *Terrestrial Air Temperature and Precipitation: 1900-2010 Gridded Monthly Time Series, Version 3.01* (Matsuura y Willmott 2009).

**Figura 4**

**Fracción de nacimientos por niveles de variabilidad de la temperatura durante los 9 meses previos al nacimiento (temperaturas actuales y futuras)**



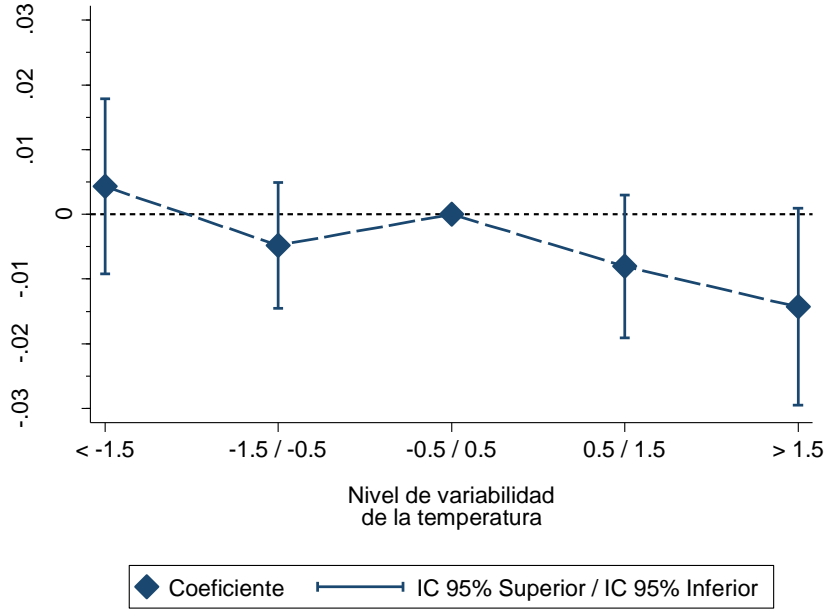
**Notas:** La figura muestra la distribución de nacimientos por niveles de variabilidad de la temperatura durante los 9 meses previos al nacimiento y de acuerdo a las temperaturas históricas observadas y temperaturas proyectadas para las décadas 2020-2030 y 2030-2040. Las temperaturas futuras se construyen a partir del promedio simple de las temperaturas proyectadas por el modelo CCSM3-A2 para cada año dentro de cada distrito y han sido asignadas a cada niño de acuerdo al distrito de residencia.

Fuente: Elaboración propia en base a la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES) 1992-2013, *Terrestrial Air Temperature and Precipitation: 1900-2010 Gridded Monthly Time Series, Version 3.01* (Matsura y Willmott 2009) y CCSM3 A2 - National Center for Atmospheric Research – National Science Foundation.

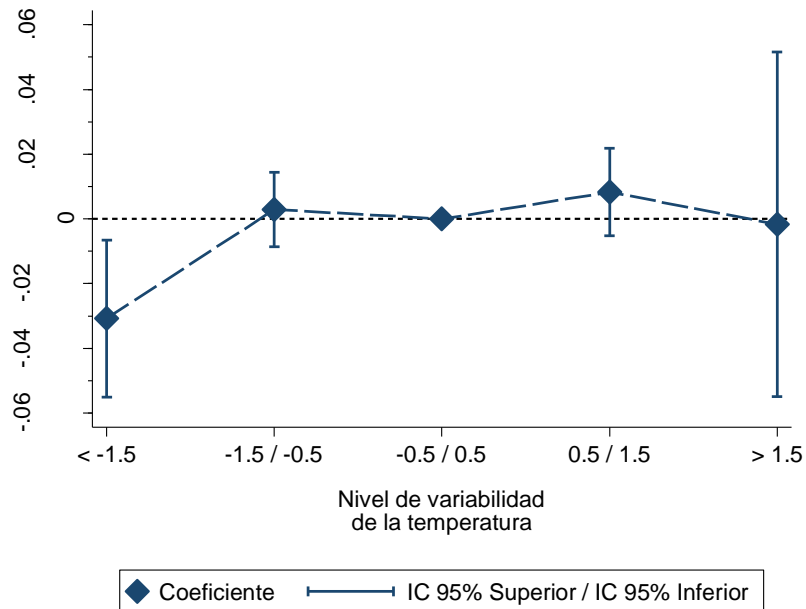
**Figura 5**

**Efectos de niveles de variabilidad de la temperatura en el peso al nacer (logs.) y la prevalencia de bajo peso al nacer**

**Panel A: Peso al nacer (logs.)**



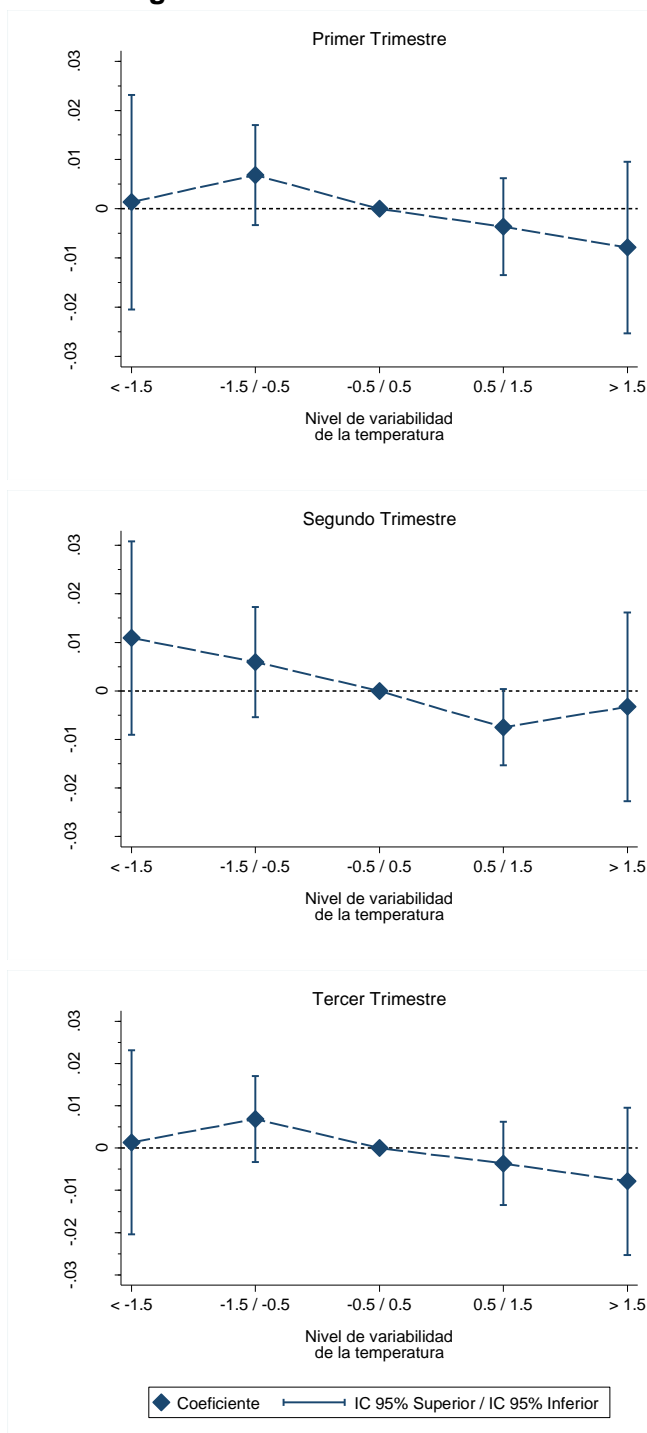
**Panel B: Bajo peso al nacer (< 2,500 gr.)**



**Notas:** La figura muestra el efecto de diferentes niveles de variabilidad de la temperatura, junto con sus respectivos intervalos de confianza al 95%, en el peso al nacer en logaritmos (Panel A) y en la prevalencia de bajo peso al nacer (Panel B). Los datos utilizados.

Fuente: Elaboración propia en base a la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES) 1992-2013, *Terrestrial Air Temperature and Precipitation: 1900-2010 Gridded Monthly Time Series, Version 3.01* (Matsura y Willmott 2009).

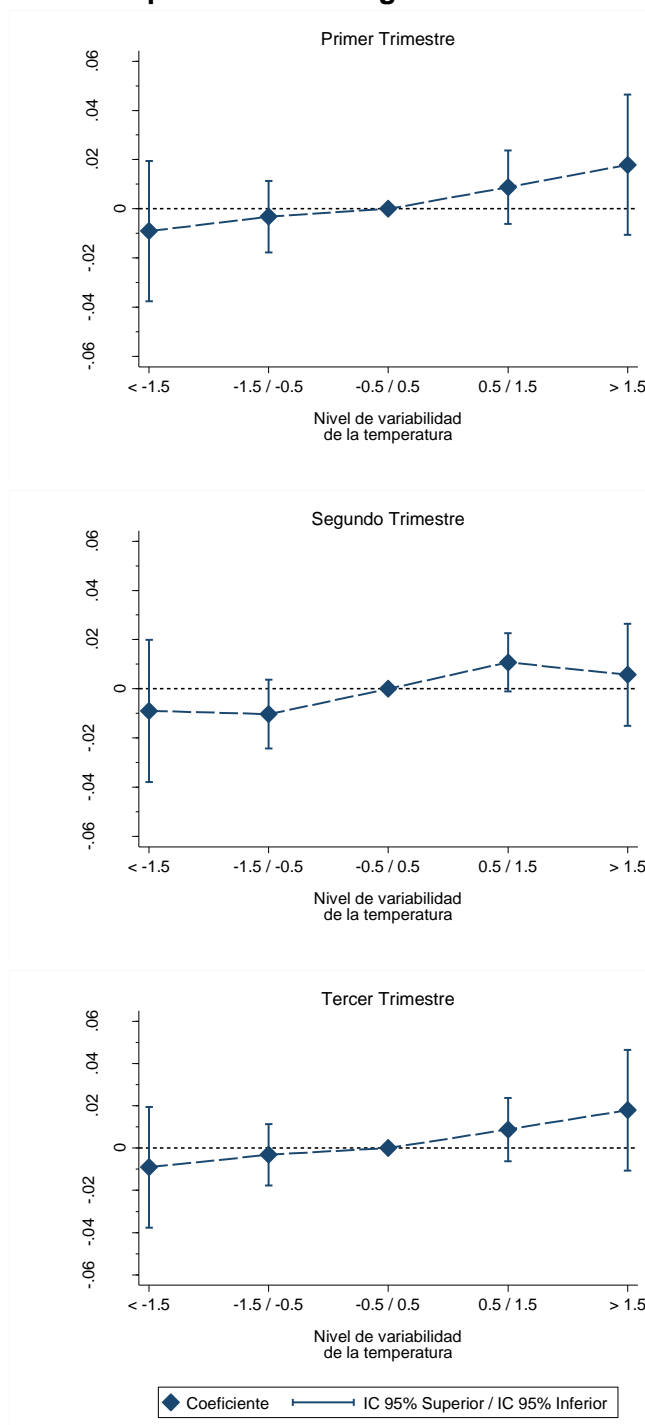
**Figura 6**  
**Efectos de niveles de variabilidad de la temperatura en el peso al nacer (logs.) por trimestre de gestación**



**Notas:** La figura muestra el efecto de diferentes niveles de variabilidad de la temperatura, junto con sus respectivos intervalos de confianza al 95%, en el peso al nacer en logaritmos para cada trimestre de gestación.

Fuente: Elaboración propia en base a la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES) 1992-2013, *Terrestrial Air Temperature and Precipitation: 1900-2010 Gridded Monthly Time Series, Version 3.01* (Matsura y Willmott 2009).

**Figura 7**  
**Efectos de niveles de variabilidad de la temperatura en la prevalencia de bajo peso al nacer por trimestre de gestación**



**Notas:** La figura muestra el efecto de diferentes niveles de variabilidad de la temperatura, junto con sus respectivos intervalos de confianza al 95%, en la prevalencia de bajo peso al nacer para cada trimestre de gestación. Fuente: Elaboración propia en base a la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES) 1992-2013, *Terrestrial Air Temperature and Precipitation: 1900-2010 Gridded Monthly Time Series, Version 3.01* (Matsura y Willmott 2009).

**Tabla 1**

**Estadísticas descriptivas**

Variable	Número de observaciones	Promedio	Desviación estándar	Rango [mín. - máx.]
Peso al nacer (gramos)	56,418	3,233.74	591.54	[500 - 6,000]
Peso al nacer (logs.)	56,418	8.06	0.20	[6.21 - 8.70]
Bajo peso al nacer (< 2,500 gr.)	56,418	0.08	0.27	[0.00 - 1.00]
Pequeño al nacimiento	73,779	0.07	0.25	[0.00 - 1.00]
Parto por cesárea	73,624	0.13	0.34	[0.00 - 1.00]
Alguna dificultad con la visión durante el embarazo <sup>a</sup>	42,324	0.13	0.34	[0.00 - 1.00]
Alguna complicación durante el parto	56,400	0.35	0.48	[0.00 - 1.00]
Variabilidad de la temperatura: 9 meses previos al nacimiento	73,779	0.12	0.46	[-2.78 - 2.74]
Variabilidad de la temperatura: 1er. trimestre de embarazo	73,779	0.14	0.89	[-4.51 - 3.18]
Variabilidad de la temperatura: 2do. trimestre de embarazo	73,779	0.12	0.89	[-4.51 - 3.19]
Variabilidad de la temperatura: 3er. trimestre de embarazo	73,779	0.10	0.90	[-4.51 - 3.18]
Sexo masculino	73,779	0.51	0.50	[0.00 - 1.00]
Orden de nacimiento	73,779	3.23	2.33	[1.00 - 19.00]
Año de nacimiento: 1986-1990	73,779	0.08	0.27	[0.00 - 1.00]
Año de nacimiento: 1991-1995	73,779	0.19	0.39	[0.00 - 1.00]
Año de nacimiento: 1996-2000	73,779	0.18	0.39	[0.00 - 1.00]
Año de nacimiento: 2001-2005	73,779	0.16	0.37	[0.00 - 1.00]
Año de nacimiento: 2006-2010	73,779	0.39	0.49	[0.00 - 1.00]
Edad de la madre al nacimiento del niño	73,779	27.38	6.84	[15.00 - 45.00]
Edad de la madre al primer parto	73,779	20.19	4.20	[9.00 - 44.00]
Escolaridad de la madre	73,779	7.49	4.56	[0.00 - 17.00]
Lengua materna de la madre es Español o lengua extranjera <sup>b</sup>	59,680	0.82	0.38	[0.00 - 1.00]
Estatura de la madre <sup>c</sup>	67,275	1.51	0.06	[1.30 - 1.98]
Reside en zonas urbanas	73,779	0.53	0.50	[0.00 - 1.00]

(a) Información disponible para el último niño nacido vivo.

(b) Información disponible a partir del año 1996 en adelante.

(c) Información disponible únicamente para madres que aceptaron ser talladas, pesadas y cuyo nivel de hemoglobina fue obtenido.

Fuente: Elaboración propia en base a la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES) 1992-2013 y del *Terrestrial Air Temperature and Precipitation: 1900-2010 Gridded Monthly Time Series, Version 3.01* (Matsuura y Willmott 2009).

**Tabla 2**

**Efectos de la variabilidad de la temperatura en la salud neo-natal (periodo de referencia: 1950-2010; datos del centroide del distrito)**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Variable dependiente				
	Peso al nacer (gramos)	Peso al nacer (logs.)	Bajo peso al nacer (< 2,500 gr.)	Pequeño al nacimiento	Parto por cesárea
<b>Panel A: 9 meses previos al nacimiento</b>					
Variabilidad de la temperatura (9 meses antes del nacimiento)	-21.693 (10.842)** [10.605]**	-0.008 (0.004)** [0.004]**	0.011 (0.005)** [0.004]**	0.008 (0.004)** [0.004]**	-0.005 (0.006) [0.007]
<b>Panel B: Efectos diferenciados por trimestre de gestación</b>					
Variabilidad de la temperatura:					
1er. Trimestre (periodo embrionario)	-19.806 (10.557)* [9.161]**	-0.007 (0.004)* [0.003]*	0.004 (0.006) [0.005]	0.003 (0.004) [0.003]	0.002 (0.007) [0.006]
2do. Trimestre (periodo fetal)	-4.081 (12.653) [12.000]	-0.002 (0.004) [0.004]	0.009 (0.007) [0.006]	0.008 (0.005) [0.005]*	0.014 (0.007)* [0.008]*
3er. Trimestre (periodo pre-natal)	1.305 (10.089) [9.255]	0.001 (0.003) [0.003]	-0.003 (0.005) [0.004]	-0.003 (0.004) [0.004]	-0.022 (0.006)** [0.007]**
Número de observaciones	56,418	56,418	56,418	73,779	73,624
Grupos (errores estándar; distrito)	1,288	1,288	1,288	1,300	1,300
Grupos (errores estándar; nodo)	295	295	295	295	295
Ponderadores muestrales	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Restricciones de muestra	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna

**Notas:** Cada entrada del Panel A proviene de una regresión distinta basada en la ecuación (1). Cada columna del Panel B proviene de una regresión distinta basada en la ecuación (1'). Los errores estándar agrupados a nivel del distrito son reportados en paréntesis. Los errores estándar agrupados a nivel del nodo de temperatura son reportados en corchetes. Todas las regresiones incluyen indicadores de nivel educativo de la madre (primaria incompleta, primaria completa, secundaria incompleta, secundaria completa, superior; base: sin nivel), indicadores de cohorte de nacimiento de la madre (1950-1955, 1956-1960, 1961-1965, 1966-1970, 1971-1975, 1976-1980, 1981-1985, 1986-1990, 1991-1995; base: antes de 1950), indicadores de etnicidad de la madre (lengua materna es Español o lengua extranjera; lengua materna es Quechua, Aymara u otra lengua originaria; base: sin información de lengua materna), indicadores de estatura de la madre (1.30cm.-1.39cm., 1.40-1.49cm., 1.50-1.59cm., 1.60-1.69cm., 1.70-1.79cm., 1.80cm.+; base: sin información de estatura), indicadores de edad de la madre en el primer nacimiento (15-19, 20-29, 30-39, 40+; base: antes de los 15 años), indicadores de edad de la madre al momento del nacimiento del niño (20-29, 30-39, 40+; base: antes de los 20 años), indicadores de año de nacimiento del niño (1991-1995, 1996-1999, 2000-2005, 2006+; base: nació antes de 1991), indicadores de orden de nacimiento (2, 3, 4, 5+; base: 1), un indicador de sexo, un indicador de si los datos de peso al nacer provienen de la cartilla de nacimiento y un indicador de ámbito geográfico. La temperatura mensual es asignada a partir del *nodo* de temperatura más cercano al centroide del distrito. Detalles adicionales de cada especificación son descritos en la tabla. La muestra utilizada para las estimaciones incluye a niños menores de 5 años de edad al momento de realización de la encuesta, que nacieron antes del año 2010 (inclusive), nacidos de partos singulares (no gemelos/mellizos), cuyo peso al nacer estuvo entre los 500 y 6,000 gramos, cuya madre reporta vivir en el distrito al menos 2 años antes del nacimiento del niño y cuya madre tuvo entre 15 y 45 años de edad al momento del nacimiento del niño. Los datos utilizados para las regresiones provienen de la ENDES 1992-2013 y del *Terrestrial Air Temperature and Precipitation: 1900-2010 Gridded Monthly Time Series, Version 3.01* (Matsuura y Willmott 2009).

\*\*\* p < 0.01, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.10



**Tabla 3**

**Efectos de la variabilidad de la temperatura en la salud neo-natal (periodo de referencia: 1950-2010; datos del conglomerado/centro poblado)**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Variable dependiente				
	Peso al nacer (gramos)	Peso al nacer (logs.)	Bajo peso al nacer (< 2,500 gr.)	Pequeño al nacimiento	Parto por cesárea
<b>Panel A: 9 meses previos al nacimiento</b>					
Variabilidad de la temperatura (9 meses antes del nacimiento)	-27.234 (15.994)* [14.238]*	-0.010 (0.006)* [0.005]*	0.018 (0.008)** [0.008]**	0.012 (0.006)** [0.005]**	-0.009 (0.009) [0.011]
<b>Panel B: Efectos diferenciados por trimestre de gestación</b>					
Variabilidad de la temperatura:					
1er. Trimestre (periodo embrionario)	-18.005 (19.850) [17.226]	-0.005 (0.007) [0.006]	0.007 (0.010) [0.009]	0.005 (0.007) [0.006]	-0.001 (0.010) [0.011]
2do. Trimestre (periodo fetal)	-11.826 (24.889) [21.883]	-0.006 (0.008) [0.008]	0.013 (0.011) [0.011]	0.011 (0.008) [0.008]	0.013 (0.012) [0.011]
3er. Trimestre (periodo pre-natal)	2.731 (18.711) [14.672]	0.002 (0.006) [0.005]	-0.003 (0.009) [0.009]	-0.005 (0.006) [0.006]	-0.023 (0.010)** [0.008]***
Número de observaciones	24,459	24,459	24,459	31,147	31,112
Grupos (errores estándar; conglomerado)	1,825	1,825	1,825	1,829	1,829
Grupos (errores estándar; nodo)	270	270	270	270	270
Ponderadores muestrales	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Restricciones de muestra	GPS	GPS	GPS	GPS	GPS

**Notas:** Cada entrada del Panel A proviene de una regresión distinta basada en la ecuación (1). Cada columna del Panel B proviene de una regresión distinta basada en la ecuación (1'). Los errores estándar agrupados a nivel del conglomerado son reportados en paréntesis. Los errores estándar agrupados a nivel del nodo de temperatura son reportados en corchetes. Ver las notas en la Tabla 2 para mayor detalle acerca de controles adicionales en las regresiones. La temperatura mensual es asignada a partir del *nodo* de temperatura más cercano a la geo-referencia del conglomerado/centro poblado. Detalles adicionales de cada especificación son descritos en la tabla. La muestra utilizada para las estimaciones incluye a niños menores de 5 años de edad al momento de realización de la encuesta, que nacieron antes del año 2010 (inclusive), nacidos de partos singulares (no gemelos/mellizos), cuyo peso al nacer estuvo entre los 500 y 6,000 gramos, cuya madre reporta vivir en el distrito al menos 2 años antes del nacimiento del niño, cuya madre tuvo entre 15 y 45 años de edad al momento del nacimiento del niño y que contienen información de la geo-referencia del conglomerado/centro poblado. Los datos utilizados para las regresiones provienen de la ENDES 2000, 2004, 2008 y 2009 y del *Terrestrial Air Temperature and Precipitation: 1900-2010 Gridded Monthly Time Series, Version 3.01* (Matsuura y Willmott 2009).

\*\*\* p < 0.01, \*\* p < 0.05, \* p < 0.10

**Tabla 4**

**Efectos de la variabilidad de la temperatura en la salud neo-natal (periodo de referencia: 1980-2010; datos del centroide del distrito)**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Variable dependiente				
	Peso al nacer (gramos)	Peso al nacer (logs.)	Bajo peso al nacer (< 2,500 gr.)	Pequeño al nacimiento	Parto por cesárea
<b>Panel A: 9 meses previos al nacimiento</b>					
Variabilidad de la temperatura (9 meses antes del nacimiento)	-21.679 (11.056)* [10.769]**	-0.008 (0.004)** [0.004]**	0.011 (0.005)** [0.004]**	0.008 (0.004)** [0.004]**	-0.005 (0.006) [0.007]
<b>Panel B: Efectos diferenciados por trimestre de gestación</b>					
Variabilidad de la temperatura:					
1er. Trimestre	-20.155 (10.492)* [9.125]**	-0.007 (0.004)* [0.003]*	0.005 (0.005) [0.005]	0.003 (0.004) [0.003]	0.002 (0.006) [0.006]
2do. Trimestre	-4.041 (12.561) [11.923]	-0.002 (0.004) [0.004]	0.009 (0.007) [0.006]	0.008 (0.005) [0.005]*	0.013 (0.007)* [0.007]*
3er. Trimestre	1.605 (10.129) [9.289]	0.001 (0.003) [0.003]	-0.003 (0.005) [0.004]	-0.003 (0.004) [0.004]	-0.021 (0.006)*** [0.007]***
Número de observaciones	56,418	56,418	56,418	73,779	73,624
Grupos (errores estándar; distrito)	1,288	1,288	1,288	1,300	1,300
Grupos (errores estándar; nodo)	295	295	295	295	295
Ponderadores muestrales	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Restricciones de muestra	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna

**Notas:** Cada entrada del Panel A proviene de una regresión distinta basada en la ecuación (1). Cada columna del Panel B proviene de una regresión distinta basada en la ecuación (1'). Los errores estándar agrupados a nivel del distrito son reportados en paréntesis. Los errores estándar agrupados a nivel del nodo de temperatura son reportados en corchetes. Ver las notas en la Tabla 2 para mayor detalle acerca de controles adicionales en las regresiones. La temperatura mensual es asignada a partir del nodo de temperatura más cercano al centroide del distrito. El indicador de variabilidad de la temperatura es calculado tomando como referencia la temperatura promedio del distrito para el periodo 1980-2010. Detalles adicionales de cada especificación son descritos en la tabla. La muestra utilizada para las estimaciones incluye a niños menores de 5 años de edad al momento de realización de la encuesta, que nacieron antes del año 2010 (inclusive), nacidos de partos singulares (no gemelos/mellizos), cuyo peso al nacer estuvo entre los 500 y 6,000 gramos, cuya madre reporta vivir en el distrito al menos 2 años antes del nacimiento del niño y cuya madre tuvo entre 15 y 45 años de edad al momento del nacimiento del niño. Los datos utilizados para las regresiones provienen de la ENDES 1992-2013 y del *Terrestrial Air Temperature and Precipitation: 1900-2010 Gridded Monthly Time Series, Version 3.01* (Matsuurra y Willmott 2009).

\*\*\* p < 0.01, \*\* p < 0.05, \* p < 0.10

**Tabla 5**

**Efectos de la variabilidad de la temperatura en la salud neo-natal (periodo de referencia: promedio móvil de 10 años previos al nacimiento; datos del centroide del distrito)**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Variable dependiente				
	Peso al nacer (gramos)	Peso al nacer (logs.)	Bajo peso al nacer (< 2,500 gr.)	Pequeño al nacimiento	Parto por cesárea
<b>Panel A: 9 meses previos al nacimiento</b>					
Variabilidad de la temperatura (9 meses antes del nacimiento)	-14.638 (10.421) [10.677]	-0.006 (0.004) [0.004]	0.011 (0.005)** [0.004]***	0.008 (0.004)** [0.003]**	0.002 (0.006) [0.006]
<b>Panel B: Efectos diferenciados por trimestre de gestación</b>					
Variabilidad de la temperatura:					
1er. Trimestre	-18.701 (10.443)* [9.450]**	-0.007 (0.004)* [0.004]*	0.006 (0.006) [0.005]	0.004 (0.004) [0.004]	0.005 (0.006) [0.006]
2do. Trimestre	-1.523 (12.064) [11.174]	-0.001 (0.004) [0.004]	0.007 (0.006) [0.006]	0.007 (0.005) [0.005]	0.015 (0.007)** [0.007]**
3er. Trimestre	3.737 (9.542) [8.825]	0.001 (0.003) [0.003]	-0.003 (0.005) [0.004]	-0.003 (0.004) [0.004]	-0.018 (0.006)*** [0.006]***
Número de observaciones	56,418	56,418	56,418	73,779	73,624
Grupos (errores estándar; distrito)	1,288	1,288	1,288	1,300	1,300
Grupos (errores estándar; nodo)	295	295	295	295	295
Ponderadores muestrales	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Restricciones de muestra	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna

**Notas:** Cada entrada del Panel A proviene de una regresión distinta basada en la ecuación (1). Cada columna del Panel B proviene de una regresión distinta basada en la ecuación (1'). Los errores estándar agrupados a nivel del distrito son reportados en paréntesis. Los errores estándar agrupados a nivel del nodo de temperatura son reportados en corchetes. Ver las notas en la Tabla 2 para mayor detalle acerca de controles adicionales en las regresiones. La temperatura mensual es asignada a partir del nodo de temperatura más cercano al centroide del distrito. El indicador de variabilidad de la temperatura es calculado tomando como referencia el promedio móvil de los 10 años previos al año de nacimiento del niño. Detalles adicionales de cada especificación son descritos en la tabla. La muestra utilizada para las estimaciones incluye a niños menores de 5 años de edad al momento de realización de la encuesta, que nacieron antes del año 2010 (inclusive), nacidos de partos singulares (no gemelos/mellizos), cuyo peso al nacer estuvo entre los 500 y 6,000 gramos, cuya madre reporta vivir en el distrito al menos 2 años antes del nacimiento del niño y cuya madre tuvo entre 15 y 45 años de edad al momento del nacimiento del niño. Los datos utilizados para las regresiones provienen de la ENDES 1992-2013 y del *Terrestrial Air Temperature and Precipitation: 1900-2010 Gridded Monthly Time Series, Version 3.01* (Matsuura y Willmott 2009).

\*\*\* p < 0.01, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.10

Tabla 6

**Sensibilidad de los resultados: Duración del embarazo**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Variable dependiente				
	Peso al nacer (gramos)	Peso al nacer (logs.)	Bajo peso al nacer (< 2,500 gr.)	Pequeño al nacimiento	Parto por cesárea
<b>Panel A: 8 meses previos al nacimiento</b>					
Variabilidad de la temperatura (8 meses antes del nacimiento)	-19.512 (10.410)* [10.141]*	-0.007 (0.004)* [0.004]*	0.011 (0.005)** [0.004]**	0.008 (0.004)** [0.004]**	-0.005 (0.006) [0.007]
<b>Panel B: 7 meses previos al nacimiento</b>					
Variabilidad de la temperatura (7 meses antes del nacimiento)	-16.674 (10.253) [10.105]	-0.006 (0.004)* [0.003]*	0.009 (0.005)** [0.004]**	0.007 (0.004)** [0.003]**	-0.006 (0.005) [0.007]
Número de observaciones	56,418	56,418	56,418	73,779	73,624
Grupos (errores estándar; distrito)	1,288	1,288	1,288	1,300	1,300
Grupos (errores estándar; nodo)	295	295	295	295	295
Ponderadores muestrales	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Restricciones de muestra	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna

**Notas:** Cada entrada del Panel A y del Panel B proviene de una regresión distinta basada en la ecuación (1). Los errores estándar agrupados a nivel del distrito son reportados en paréntesis. Los errores estándar agrupados a nivel del nodo de temperatura son reportados en corchetes. Ver las notas en la Tabla 2 para mayor detalle acerca de controles adicionales en las regresiones. La temperatura mensual es asignada a partir del nodo de temperatura más cercano al centroide del distrito. Detalles adicionales de cada especificación son descritos en la tabla. La muestra utilizada para las estimaciones incluye a niños menores de 5 años de edad al momento de realización de la encuesta, que nacieron antes del año 2010 (inclusive), nacidos de partos singulares (no gemelos/mellizos), cuyo peso al nacer estuvo entre los 500 y 6,000 gramos, cuya madre reporta vivir en el distrito al menos 2 años antes del nacimiento del niño y cuya madre tuvo entre 15 y 45 años de edad al momento del nacimiento del niño. Los datos utilizados para las regresiones provienen de la ENDES 1992-2013 y del *Terrestrial Air Temperature and Precipitation: 1900-2010 Gridded Monthly Time Series, Version 3.01* (Matsuura y Willmott 2009).

\*\*\* p < 0.01, \*\* p < 0.05, \* p < 0.10

**Tabla 7**

**Sensibilidad de los resultados: Datos imputados de peso al nacer**

	(1)	(2)	(3)
	Variable dependiente		
	Peso al nacer (gramos)	Peso al nacer (logs.)	Bajo peso al nacer (< 2,500 gr.)
<b>Panel A: En base al dato máximo de cada celda</b>			
Variabilidad de la temperatura (9 meses antes del nacimiento)	-12.653 (17.876) [17.147]	-0.019 (0.006) <sup>***</sup> [0.005] <sup>***</sup>	0.003 (0.007) [0.006]
<b>Panel B: En base al dato aleatorio de cada celda</b>			
Variabilidad de la temperatura (9 meses antes del nacimiento)	-15.102 (17.788) [17.125]	-0.018 (0.006) <sup>***</sup> [0.005] <sup>***</sup>	0.003 (0.007) [0.006]
Número de observaciones	73,779	73,779	73,779
Grupos (errores estándar; distrito)	1,300	1,300	1,300
Grupos (errores estándar; nodo)	295	295	295
Ponderadores muestrales	Sí	Sí	Sí
Restricciones de muestra	Ninguna	Ninguna	Ninguna

**Notas:** Cada entrada del Panel A y del Panel B proviene de una regresión distinta basada en la ecuación (1). Los errores estándar agrupados a nivel del distrito son reportados en paréntesis. Los errores estándar agrupados a nivel del nodo de temperatura son reportados en corchetes. Ver las notas en la Tabla 2 para mayor detalle acerca de controles adicionales en las regresiones. Los datos imputados de peso al nacer para las regresiones mostradas en el Panel A de la tabla corresponden al máximo peso al nacer en el grupo (celda) de año de nacimiento, sexo del niño e información de tamaño de nacimiento reportado por la madre. Los datos imputados de peso al nacer para las regresiones mostradas en el Panel B de la tabla corresponden al valor aleatorio de peso al nacer en el grupo (celda) de año de nacimiento, sexo del niño e información de tamaño de nacimiento reportado por la madre. La temperatura mensual es asignada a partir del nodo de temperatura más cercano al centroide del distrito. Detalles adicionales de cada especificación son descritos en la tabla. La muestra utilizada para las estimaciones incluye a niños menores de 5 años de edad al momento de realización de la encuesta, que nacieron antes del año 2010 (inclusive), nacidos de partos singulares (no gemelos/mellizos), cuyo peso al nacer estuvo entre los 500 y 6,000 gramos, cuya madre reporta vivir en el distrito al menos 2 años antes del nacimiento del niño y cuya madre tuvo entre 15 y 45 años de edad al momento del nacimiento del niño. Los datos utilizados para las regresiones provienen de la ENDES 1992-2013 y del *Terrestrial Air Temperature and Precipitation: 1900-2010 Gridded Monthly Time Series, Version 3.01* (Matsuura y Willmott 2009).

\*\*\* p < 0.01, \*\* p < 0.05, \* p < 0.10

**Tabla 8**  
**Sensibilidad de los resultados: Regresiones ponderadas en base a la probabilidad de observar datos del peso al nacer**

	(1)	(2)	(3)
	Variable dependiente		
	Peso al nacer (gramos)	Peso al nacer (logs.)	Bajo peso al nacer (< 2,500 gr.)
Variabilidad de la temperatura (9 meses antes del nacimiento)	-22.103 (10.881)** [10.787]**	-0.008 (0.004)** [0.004]**	0.012 (0.005)** [0.004]**
Número de observaciones	56,418	56,418	56,418
Grupos (errores estándar; distrito)	1,288	1,288	1,288
Grupos (errores estándar; nodo)	295	295	295
Restricciones de muestra	Ninguna	Ninguna	Ninguna

*Notas:* Cada entrada en la tabla proviene de una regresión distinta basada en la ecuación (1). Los errores estándar agrupados a nivel del distrito son reportados en paréntesis. Los errores estándar agrupados a nivel del nodo de temperatura son reportados en corchetes. Ver las notas en la Tabla 2 para mayor detalle acerca de controles adicionales en las regresiones. Todas las regresiones incluyen ponderadores construidos en base a la probabilidad predicha de observar datos del peso al nacer a partir de un modelo Logit. Ver el apéndice del documento para mayor detalle en cuanto a la construcción de los ponderadores. La temperatura mensual es asignada a partir del nodo de temperatura más cercano al centroide del distrito. Detalles adicionales de cada especificación son descritos en la tabla. La muestra utilizada para las estimaciones incluye a niños menores de 5 años de edad al momento de realización de la encuesta, que nacieron antes del año 2010 (inclusive), nacidos de partos singulares (no gemelos/mellizos), cuyo peso al nacer estuvo entre los 500 y 6,000 gramos, cuya madre reporta vivir en el distrito al menos 2 años antes del nacimiento del niño y cuya madre tuvo entre 15 y 45 años de edad al momento del nacimiento del niño. Los datos utilizados para las regresiones provienen de la ENDES 1992-2013 y del *Terrestrial Air Temperature and Precipitation: 1900-2010 Gridded Monthly Time Series, Version 3.01* (Matsuura y Willmott 2009).

\*\*\* p < 0.01, \*\* p < 0.05, \* p < 0.10

**Tabla 9**

**Robustez de los resultados: Pruebas de falsificación**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Variable dependiente					
	Peso al nacer (logs.)			Bajo peso al nacer (< 2,500 gr.)		
Variabilidad de la temperatura (9 meses antes del nacimiento)			-0.008 (0.004)* [0.005]*			0.011 (0.006)** [0.005]**
Variabilidad de la temperatura (12-23 meses antes del nacimiento)	-0.003 (0.004) [0.003]		-0.003 (0.004) [0.003]	-0.003 (0.005) [0.005]		-0.002 (0.005) [0.005]
Variabilidad de la temperatura (1-12 meses después del nacimiento)		-0.003 (0.003) [0.002]	-0.000 (0.003) [0.003]		0.004 (0.003) [0.003]	-0.000 (0.004) [0.004]
Número de observaciones	56,418	56,418	56,418	56,418	56,418	56,418
Grupos (errores estándar; distrito)	1,288	1,288	1,288	1,288	1,288	1,288
Grupos (errores estándar; nodo)	295	295	295	295	295	295
Ponderadores muestrales	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Restricciones de muestra	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna

**Notas:** Cada columna de la tabla proviene de una regresión distinta basada en la ecuación (1). Los errores estándar agrupados a nivel del distrito son reportados en paréntesis. Los errores estándar agrupados a nivel del nodo de temperatura son reportados en corchetes. Ver las notas en la Tabla 2 para mayor detalle acerca de controles adicionales en las regresiones. La temperatura mensual es asignada a partir del nodo de temperatura más cercano al centroide del distrito. Detalles adicionales de cada especificación son descritos en la tabla. La muestra utilizada para las estimaciones incluye a niños menores de 5 años de edad al momento de realización de la encuesta, que nacieron antes del año 2010 (inclusive), nacidos de partos singulares (no gemelos/mellizos), cuyo peso al nacer estuvo entre los 500 y 6,000 gramos, cuya madre reporta vivir en el distrito al menos 2 años antes del nacimiento del niño y cuya madre tuvo entre 15 y 45 años de edad al momento del nacimiento del niño. Los datos utilizados para las regresiones provienen de la ENDES 1992-2013 y del *Terrestrial Air Temperature and Precipitation: 1900-2010 Gridded Monthly Time Series, Version 3.01 (Matsuura y Willmott 2009)*.

\*\*\* p < 0.01, \*\* p < 0.05, \* p < 0.10

**Tabla 10**

**Robustez de los resultados: Agregando precipitación promedio durante el embarazo**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Variable dependiente				
	Peso al nacer (gramos)	Peso al nacer (logs.)	Bajo peso al nacer (< 2,500 gr.)	Pequeño al nacimiento	Parto por cesárea
Variabilidad de la temperatura (9 meses antes del nacimiento)	-21.625 (10.949)** [10.719]**	-0.008 (0.004)** [0.004]**	0.011 (0.005)** [0.004]**	0.008 (0.004)** [0.004]**	-0.006 (0.006) [0.007]
Precipitación promedio (x 100 mm.; 9 meses antes del nacimiento)	2.933 (19.476) [19.691]	0.001 (0.007) [0.007]	-0.010 (0.008) [0.009]	-0.006 (0.007) [0.008]	-0.045 (0.010)*** [0.010]***
Número de observaciones	56,418	56,418	56,418	73,779	73,624
Grupos (errores estándar; distrito)	1,288	1,288	1,288	1,300	1,300
Grupos (errores estándar; nodo)	295	295	295	295	295
Ponderadores muestrales	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Restricciones de muestra	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna

*Notas:* Cada columna de la tabla proviene de una regresión distinta basada en la ecuación (1). Los errores estándar agrupados a nivel del distrito son reportados en paréntesis. Los errores estándar agrupados a nivel del nodo de temperatura son reportados en corchetes. Ver las notas en la Tabla 2 para mayor detalle acerca de controles adicionales en las regresiones. La temperatura y precipitación mensuales son asignadas a partir del nodo de temperatura o precipitación más cercano al centroide del distrito. Detalles adicionales de cada especificación son descritos en la tabla. La muestra utilizada para las estimaciones incluye a niños menores de 5 años de edad al momento de realización de la encuesta, que nacieron antes del año 2010 (inclusive), nacidos de partos singulares (no gemelos/mellizos), cuyo peso al nacer estuvo entre los 500 y 6,000 gramos, cuya madre reporta vivir en el distrito al menos 2 años antes del nacimiento del niño y cuya madre tuvo entre 15 y 45 años de edad al momento del nacimiento del niño. Los datos utilizados para las regresiones provienen de la ENDES 1992-2013 y del *Terrestrial Air Temperature and Precipitation: 1900-2010 Gridded Monthly Time Series, Version 3.01* (Matsuura y Willmott 2009).

\*\*\* p < 0.01, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.10



Tabla 11

**Efectos heterogéneos: Sexo del niño**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Variable dependiente				
	Peso al nacer (gramos)	Peso al nacer (logs.)	Bajo peso al nacer (< 2,500 gr.)	Pequeño al nacimiento	Parto por cesárea
<b>Panel A: Mujeres</b>					
Variabilidad de la temperatura (9 meses antes del nacimiento)	-18.047 (17.726) [19.821]	-0.008 (0.006) [0.006]	0.023 (0.008)*** [0.007]***	0.014 (0.006)** [0.006]**	-0.001 (0.010) [0.010]
Número de observaciones	27,619	27,619	27,619	36,296	36,218
Grupos (errores estándar; distrito)	1,240	1,240	1,240	1,272	1,272
Grupos (errores estándar; nodo)	293	293	293	294	294
<b>Panel B: Hombres</b>					
Variabilidad de la temperatura (9 meses antes del nacimiento)	-16.854 (16.990) [15.704]	-0.004 (0.006) [0.005]	0.002 (0.007) [0.006]	0.005 (0.005) [0.005]	-0.005 (0.009) [0.010]
Número de observaciones	28,799	28,799	28,799	37,483	37,406
Grupos (errores estándar; distrito)	1,243	1,243	1,243	1,267	1,267
Grupos (errores estándar; nodo)	293	293	293	295	295

**Notas:** Cada entrada del Panel A y del Panel B proviene de una regresión distinta basada en la ecuación (1). Los errores estándar agrupados a nivel del distrito son reportados en paréntesis. Los errores estándar agrupados a nivel del nodo de temperatura son reportados en corchetes. Todas las regresiones incluyen indicadores de nivel educativo de la madre (primaria incompleta, primaria completa, secundaria incompleta, secundaria completa, superior; base: sin nivel), indicadores de cohorte de nacimiento de la madre (1950-1955, 1956-1960, 1961-1965, 1966-1970, 1971-1975, 1976-1980, 1981-1985, 1986-1990, 1991-1995; base: antes de 1950), indicadores de etnicidad de la madre (lengua materna es Español o lengua extranjera; lengua materna es Quechua, Aymara u otra lengua originaria; base: sin información de lengua materna), indicadores de estatura de la madre (1.30cm.-1.39cm., 1.40-1.49cm., 1.50-1.59cm., 1.60-1.69cm., 1.70-1.79cm., 1.80cm.+; base: sin información de estatura), indicadores de edad de la madre en el primer nacimiento (15-19, 20-29, 30-39, 40+; base: antes de los 15 años), indicadores de edad de la madre al momento del nacimiento del niño (20-29, 30-39, 40+; base: antes de los 20 años), indicadores de año de nacimiento del niño (1991-1995, 1996-1999, 2000-2005, 2006+; base: nació antes de 1991), indicadores de orden de nacimiento (2, 3, 4, 5+; base: 1), un indicador de si los datos de peso al nacer provienen de la cartilla de nacimiento y un indicador de ámbito geográfico. La temperatura mensual es asignada a partir del nodo de temperatura más cercano al centroide del distrito. Detalles adicionales de cada especificación son descritos en la tabla. La muestra utilizada para las estimaciones incluye a niños menores de 5 años de edad al momento de realización de la encuesta, que nacieron antes del año 2010 (inclusive), nacidos de partos singulares (no gemelos/mellizos), cuyo peso al nacer estuvo entre los 500 y 6,000 gramos, cuya madre reporta vivir en el distrito al menos 2 años antes del nacimiento del niño y cuya madre tuvo entre 15 y 45 años de edad al momento del nacimiento del niño. Los datos utilizados para las regresiones provienen de la ENDES 1992-2013 y del *Terrestrial Air Temperature and Precipitation: 1900-2010 Gridded Monthly Time Series, Version 3.01* (Matsuura y Willmott 2009).

\*\*\* p < 0.01, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.10

Tabla 12

**Efectos heterogéneos: Ámbito geográfico**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Variable dependiente				
	Peso al nacer (gramos)	Peso al nacer (logs.)	Bajo peso al nacer (< 2,500 gr.)	Pequeño al nacimiento	Parto por cesárea
<b>Panel A: Rural</b>					
Variabilidad de la temperatura (9 meses antes del nacimiento)	-12.658 (19.473) [19.532]	-0.006 (0.007) [0.007]	0.009 (0.011) [0.010]	0.005 (0.006) [0.005]	-0.007 (0.004) [0.004]
Número de observaciones	21,041	21,041	21,041	34,885	34,787
Grupos (errores estándar; distrito)	1,091	1,091	1,091	1,105	1,105
Grupos (errores estándar; nodo)	284	284	284	284	284
<b>Panel B: Urbano</b>					
Variabilidad de la temperatura (9 meses antes del nacimiento)	-22.064 (13.268)* [13.490]	-0.007 (0.004) [0.005]	0.012 (0.006)** [0.006]**	0.011 (0.006)* [0.006]*	-0.004 (0.009) [0.011]
Número de observaciones	35,377	35,377	35,377	38,894	38,837
Grupos (errores estándar; distrito)	514	514	514	515	515
Grupos (errores estándar; nodo)	207	207	207	207	207

**Notas:** Cada entrada del Panel A y del Panel B proviene de una regresión distinta basada en la ecuación (1). Los errores estándar agrupados a nivel del distrito son reportados en paréntesis. Los errores estándar agrupados a nivel del nodo de temperatura son reportados en corchetes. La temperatura mensual es asignada a partir del nodo de temperatura más cercano al centroide del distrito. Todas las regresiones incluyen indicadores de nivel educativo de la madre (primaria incompleta, primaria completa, secundaria incompleta, secundaria completa, superior; base: sin nivel), indicadores de cohorte de nacimiento de la madre (1950-1955, 1956-1960, 1961-1965, 1966-1970, 1971-1975, 1976-1980, 1981-1985, 1986-1990, 1991-1995; base: antes de 1950), indicadores de etnicidad de la madre (lengua materna es Español o lengua extranjera; lengua materna es Quechua, Aymara u otra lengua originaria; base: sin información de lengua materna), indicadores de estatura de la madre (1.30cm.-1.39cm., 1.40-1.49cm., 1.50-1.59cm., 1.60-1.69cm., 1.70-1.79cm., 1.80cm.+; base: sin información de estatura), indicadores de edad de la madre en el primer nacimiento (15-19, 20-29, 30-39, 40+; base: antes de los 15 años), indicadores de edad de la madre al momento del nacimiento del niño (20-29, 30-39, 40+; base: antes de los 20 años), indicadores de año de nacimiento del niño (1991-1995, 1996-1999, 2000-2005, 2006+; base: nació antes de 1991), indicadores de orden de nacimiento (2, 3, 4, 5+; base: 1), un indicador de sexo y un indicador de si los datos de peso al nacer provienen de la cartilla de nacimiento. La temperatura mensual es asignada a partir del nodo de temperatura más cercano al centroide del distrito. Detalles adicionales de cada especificación son descritos en la tabla. La muestra utilizada para las estimaciones incluye a niños menores de 5 años de edad al momento de realización de la encuesta, que nacieron antes del año 2010 (inclusive), nacidos de partos singulares (no gemelos/mellizos), cuyo peso al nacer estuvo entre los 500 y 6,000 gramos, cuya madre reporta vivir en el distrito al menos 2 años antes del nacimiento del niño y cuya madre tuvo entre 15 y 45 años de edad al momento del nacimiento del niño. Los datos utilizados para las regresiones provienen de la ENDES 1992-2013 y del *Terrestrial Air Temperature and Precipitation: 1900-2010 Gridded Monthly Time Series, Version 3.01* (Matsuura y Willmott 2009).

\*\*\* p < 0.01, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.10

**Tabla 13**

**Resultados adicionales: Complicaciones durante el embarazo y el parto**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Variable dependiente					
	Dificultad con la visión en el día	Ceguera nocturna	Labor de parto prolongada	Sangrado excesivo	Fiebre con sangrado vaginal	Convulsiones
Variabilidad de la temperatura (9 meses antes del nacimiento)	0.001 (0.007) [0.007]	0.010 (0.005)* [0.006]*	0.002 (0.007) [0.007]	-0.002 (0.007) [0.007]	0.004 (0.005) [0.005]	0.003 (0.003) [0.004]
Número de observaciones	42,321	42,299	56,395	56,379	56,371	56,359
Grupos (errores estándar; distrito)	1,230	1,230	1,282	1,282	1,282	1,282
Grupos (errores estándar; nodo)	293	293	295	295	295	295
Ponderadores muestrales	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Restricciones de muestra	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna

**Notas:** Cada entrada de la tabla proviene de una regresión distinta basada en la ecuación (1). Los errores estándar agrupados a nivel del distrito son reportados en paréntesis. Los errores estándar agrupados a nivel del nodo de temperatura son reportados en corchetes. Ver las notas en la Tabla 2 para mayor detalle acerca de controles adicionales en las regresiones. La temperatura mensual es asignada a partir del nodo de temperatura más cercano al centroide del distrito. Detalles adicionales de cada especificación son descritos en la tabla. La muestra utilizada para las estimaciones incluye a niños menores de 5 años de edad al momento de realización de la encuesta, que nacieron antes del año 2010 (inclusive), nacidos de partos singulares (no gemelos/mellizos), cuyo peso al nacer estuvo entre los 500 y 6,000 gramos, cuya madre reporta vivir en el distrito al menos 2 años antes del nacimiento del niño y cuya madre tuvo entre 15 y 45 años de edad al momento del nacimiento del niño. La información utilizada para construir los indicadores de complicaciones durante el embarazo y el parto se encuentran únicamente disponibles para el último hijo nacido vivo de la mujer entrevistada. Los datos utilizados para las regresiones de dificultad con la visión durante el embarazo provienen de la ENDES 2000-2013. Los datos utilizados para las regresiones de complicaciones durante el parto provienen de la ENDES 1996-2013. Todas las regresiones usan datos provenientes del *Terrestrial Air Temperature and Precipitation: 1900-2010 Gridded Monthly Time Series, Version 3.01* (Matsuura y Willmott 2009).

\*\*\* p < 0.01, \*\* p < 0.05, \* p < 0.10

**Tabla 14**  
**Efectos de la variabilidad de la temperatura en la demanda por servicios de salud durante el embarazo**

	(1)	(2)
	Variable dependiente	
	Número de visitas médicas pre-natales	Parto institucional
Variabilidad de la temperatura (9 meses antes del nacimiento)	0.114 (0.068)* [0.068]*	-0.004 (0.007) [0.008]
Número de observaciones	57,328	57,174
Grupos (errores estándar; distrito)	1,297	1,296
Grupos (errores estándar; nodo)	295	295
Ponderadores muestrales	Sí	Sí
Restricciones de muestra	Ninguna	Ninguna

Notas: Cada entrada en la tabla proviene de una regresión distinta basada en la ecuación (1). Los errores estándar agrupados a nivel del distrito son reportados en paréntesis. Los errores estándar agrupados a nivel del nodo de temperatura son reportados en corchetes. Ver las notas en la Tabla 2 para mayor detalle acerca de controles adicionales en las regresiones. La temperatura mensual es asignada a partir del nodo de temperatura más cercano al centroide del distrito. Detalles adicionales de cada especificación son descritos en la tabla. La muestra utilizada para las estimaciones incluye a niños menores de 5 años de edad al momento de realización de la encuesta, que nacieron antes del año 2010 (inclusive), nacidos de partos singulares (no gemelos/mellizos), cuyo peso al nacer estuvo entre los 500 y 6,000 gramos, cuya madre reporta vivir en el distrito al menos 2 años antes del nacimiento del niño y cuya madre tuvo entre 15 y 45 años de edad al momento del nacimiento del niño. La información utilizada para construir los indicadores de demanda por servicios de salud se encuentran únicamente disponibles para el último hijo nacido vivo de la mujer entrevistada. Los datos utilizados para las regresiones provienen de la ENDES 1992-2013. Todas las regresiones usan datos provenientes del *Terrestrial Air Temperature and Precipitation: 1900-2010 Gridded Monthly Time Series, Version 3.01* (Matsuura y Willmott 2009).

\*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.10$

**Tabla 15**

**Impactos esperados para poblaciones nacidas en las décadas 2020-2030 y 2030-2040**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Variable dependiente				
	Peso al nacer (gramos)	Peso al nacer (logs.)	Bajo peso al nacer (< 2,500 gr.)	Pequeño al nacimiento	Parto por cesárea
<b>Panel A: Década 2020-2030</b>					
Variabilidad de la temperatura proyectada (9 meses antes del nacimiento)	-22.600 (11.000)	-0.008 (0.004)	0.012 (0.005)	0.010 (0.004)	-0.005 (0.008)
<b>Panel B: Década 2030-2040</b>					
Variabilidad de la temperatura proyectada (9 meses antes del nacimiento)	-27.100 (13.300)	-0.009 (0.005)	0.014 (0.005)	0.012 (0.005)	-0.006 (0.010)
Número de observaciones	56,418	56,418	56,418	73,779	73,624
Grupos (errores estándar; nodo)	295	295	295	295	295

*Notas:* La tabla muestra los efectos esperados en cada indicador de salud neo-natal para la década 2020-2030 (Panel A) y para la década 2030-2040 (Panel B). Los errores estándar agrupados a nivel del nodo de temperatura son reportados en paréntesis. Los datos utilizados para las regresiones provienen de la ENDES 1992-2013, del *Terrestrial Air Temperature and Precipitation: 1900-2010 Gridded Monthly Time Series, Version 3.01* (Matsuura y Willmott 2009) y del CCSM3 A2 - *National Center for Atmospheric Research – National Science Foundation*.

## **Apéndice: Cálculo de ponderadores a partir del modelo Logit que estima la probabilidad de observar datos de peso al nacer en los niños**

Dada la falta de información del peso al nacer para alrededor de 20% de todos los niños incluidos en la muestra, se implementa una metodología complementaria que permite determinar si es que los resultados encontrados pueden deberse a una potencial selección con respecto a las observaciones que presentan datos de peso al nacer. En este apéndice se explica de manera concisa la intuición detrás de la metodología a seguir, mas no se ahonda en detalles teóricos. Esta metodología es descrita con mayor detalle en el Apéndice D del documento elaborado por Díaz y Saldarriaga (2014).

La metodología seguida se basa en realizar estimaciones utilizando la ponderación por el inverso de la probabilidad de observar información del peso al nacer. Este método se ha estudiado y aplicado también en la identificación de efectos causales cuando la variable causal, o de tratamiento, no es asignada de manera aleatoria (ver Hirano e Imbens 2002 e Hirano, Imbens y Ridder 2003). De manera particular, debido a que se sabe que existe una fracción de la muestra para la cual no se observan datos de peso al nacer pero sí se observan características pre-determinadas, la idea es construir ponderadores que reflejen de mejor manera la distribución de peso al nacer de toda la muestra a partir de la submuestra para la que se observan estos datos.

El procedimiento consiste en estimar primero un modelo de probabilidad (modelo Logit) para la respuesta (o la no respuesta) en términos de variables observables en los datos utilizando todas las observaciones disponibles. Luego se calcula la probabilidad ajustada de respuesta en base al modelo para cada una de las observaciones en los datos. El inverso de esta probabilidad constituye el ponderador que se utiliza para ajustar la estimación tomando en cuenta la no respuesta. En el caso de las observaciones con información de peso al nacer, el ponderador corresponde a  $1/p_i$ , donde  $p_i$  corresponde a la probabilidad predicha (a partir del modelo Logit) de observar datos de peso al nacer condicional en el vector de covariables. Finalmente se estiman regresiones de tipo MCO (similares a aquellas descritas en las ecuaciones (1) y (2) en la sección 4 utilizando la probabilidad calculada a partir del modelo Logit como ponderadores, las cuales son reportadas en la Tabla 8.

Las covariables utilizadas en la estimación del modelo de probabilidades son la edad al momento del nacimiento del niño, educación, y etnicidad de la madre (aproximada por su lengua materna), el sexo y el año de nacimiento del bebé, el departamento, el ámbito geográfico (urbano/rural) y el año de la ENDES de la que se obtienen los datos. Los efectos marginales de las covariables son reportadas en la Tabla A.1. Importante para la validez de las estimaciones con ponderadores calculados a partir del modelo Logit, el efecto marginal de la variabilidad de la temperatura en la probabilidad de reportar dato de peso al nacer no es estadísticamente significativo.

Tabla A.1

**Modelo Logit: Determinantes de observar datos de peso al nacer**

Variable	Efectos Marginales
Variabilidad de la temperatura (9 meses previos al nacimiento)	-0.003 (0.002)
Edad de la madre al nacimiento: 20-29	-0.009*** (0.003)
Edad de la madre al nacimiento: 30-39	0.002 (0.003)
Edad de la madre al nacimiento: 40+	-0.001 (0.005)
Nivel educativo de la madre: Primaria incompleta	0.044*** (0.003)
Nivel educativo de la madre: Primaria completa	0.060*** (0.003)
Nivel educativo de la madre: Secundaria incompleta	0.082*** (0.003)
Nivel educativo de la madre: Secundaria completa	0.117*** (0.004)
Nivel educativo de la madre: Superior	0.133*** (0.003)
Etnicidad de la madre: Español o lengua extranjera	0.077* (0.046)
Etnicidad de la madre: Lengua originaria	0.034 (0.025)
Sexo del niño es masculino	0.006*** (0.002)
Reside en zonas urbanas	0.116*** (0.004)
Número de observaciones	73,779

Notas: Errores estándar agrupados al nivel de la municipalidad son reportados en paréntesis. La tabla muestra los efectos marginales de los determinantes de la probabilidad de reportar dato del peso al nacer a partir de un modelo Logit. La regresión incluye efectos fijos por región, efectos fijos por año de nacimiento y efectos fijos por año de encuesta. Los datos utilizados para la regresión provienen de la ENDES 1992-2013 y del *Terrestrial Air Temperature and Precipitation: 1900-2010 Gridded Monthly Time Series, Version 3.01* (Matsuura y Willmott 2009).

\*\*\* p < 0.01, \*\* p < 0.05, \* p < 0.10