

TESIS DE GRADO PARA LA MAESTRÍA EN ECONOMÍA
Injusticia ambiental en Colombia: minería y salud al nacer

Viviana García
Universidad del Rosario
garcia.viviana@urosario.edu.co

Asesores:
Juan Fernando Vargas* - Dolores de la Mata**

Agosto 2015

Resumen

La vulnerabilidad de la población a condiciones ambientales adversas ha tenido especial relevancia para la literatura de inequidad en los últimos tiempos. De hecho, el concepto de justicia ambiental nace a partir de las disparidades que los individuos enfrentan en la calidad del ambiente. Este trabajo es una aproximación a este concepto ya que considera las actividades mineras como posibles generadoras de pasivos ambientales, que a su vez, pueden afectar las condiciones bajo las cuales los individuos se desarrollan. Desde la crisis financiera del 2008, los precios del oro experimentaron alzas significativas en relación a periodos anteriores y generaron un aumento de las actividades mineras de oro. En este sentido, el objetivo del trabajo es investigar el impacto de las actividades mineras del oro sobre la salud de los recién nacidos en Colombia durante el periodo de boom en el precio de los minerales en la pasada década. Con este fin, se usa información sobre el potencial minero, los precios internacionales del oro y las estadísticas vitales de Colombia. Las estimaciones indican que mayores niveles actividad minera implican un incremento en la tasa de bebés nacidos antes de las 27 semanas de gestación y en la tasa de bebés de bajo peso (nacidos con menos de 2.500 gramos). Adicionalmente se encuentra que las actividades mineras no tienen un efecto sobre la tasa de defunciones fetales. Los resultados son robustos a diferentes medidas de minería, que incluyen presencia de minería ilegal, titulación minera y volumen de producción de oro.

Código JEL: I19, Q33, Q51, Q56

Palabras clave: Minería, condiciones ambientales, salud, Colombia

*Universidad del Rosario. Correo electrónico: juan.vargas@urosario.edu.co

**CAF-Banco de Desarrollo de America Latina. Correo electrónico: mdelamata@caf.com

1. Motivación

La reciente generalización a nivel mundial del método de fraccionamiento hidráulico-*fracking* para la extracción de petróleo y gas natural, profundizó el debate sobre los beneficios económicos de las actividades de explotación de hidrocarburos y minerales frente a las externalidades negativas sobre el medio ambiente y sobre la salud de las personas que residen en límites de áreas estratégicas para la minería. En relación con este debate y en consideración del contexto productivo de las actividades mineras de oro en Colombia, el presente trabajo estudia una parte de la discusión al evaluar el impacto de la minería del oro sobre la salud de los recién nacidos en los municipios de Colombia.

Estudiar el nivel de vulnerabilidad de la población a las actividades de minería de oro en Colombia es relevante por varias razones. Primero, las actividades mineras representan una amenaza para el ambiente principalmente por el uso de mercurio y cianuro como insumos para la recuperación del oro, su depósito en las arenas de los ríos, y la degradación de paisajes naturales por la minería a gran escala. De acuerdo al Atlas Global de Justicia Ambiental y *Mercury Watch*, Colombia ocupa el segundo lugar a nivel mundial en conflictos medio ambientales, después de India, y el primero en América y tercero en el mundo por contaminación por mercurio.¹

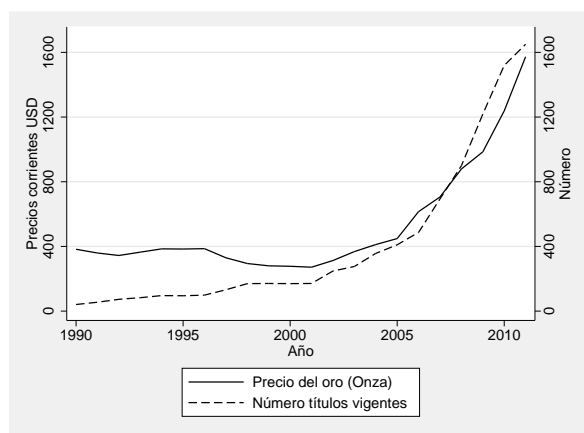
Segundo, la debilidad institucional en el cumplimiento de las obligaciones de compensación ambiental y la presencia de minería no legal, hicieron que la afectación al medio ambiente fuera desconocido para las autoridades medio-ambientales y por tanto no fuera considerado en las políticas mineras. De acuerdo a esto, el Censo minero Departamental (2011-2012) reveló que alrededor del 65 % de la minería en Colombia no cuenta con título minero, y el 75,7 % no cuenta con autorización ambiental, lo que implica que gran parte de su desarrollo se da con el manejo inapropiado de sustancias tóxicas y con tecnologías contaminantes.

Tercero, el aumento de la producción legal e ilegal a razón de los aumentos interna-

¹El Atlas de Justicia Ambiental es parte del proyecto europeo *Environmental Justice Organizations, Liabilities and Trade* de las Naciones Unidas presentado por primera vez en el año 2014. De acuerdo al Atlas de Justicia Ambiental, entre los países de América Latina, Colombia tuvo el primer puesto con 72 conflictos medio-ambientales seguido por Brasil con 58, Ecuador con 48, Argentina con 32 y Perú con 31. En su mayoría los conflictos están asociados con la extracción minera y de combustibles fósiles. Por otro lado, *Mercury Watch* es un sistema de monitoreo del uso global del mercurio basado en estimaciones de los años 2010 y 2011

cionales del oro por la crisis financiera de 2008, implicó una creciente importancia del sector minero en la economía del país. Muestra de ello es el aumento en los títulos mineros concedidos en este periodo. La Figura 1 ilustra la relación entre los precios del oro y el número de títulos vigentes expedidos por la autoridad minera para la explotación del mineral. En el año 2000 existían 171 títulos para la explotación de oro vigentes mientras para el año 2011 el número de títulos ascendió a 1650, lo que significó un aumento de más de 800 %.

Figura 1: Precios y títulos mineros



Fuente: Cálculos propios con base en datos del Ministerio de minas y Bloomberg

Por último, no hay consenso sobre los efectos de las actividades mineras sobre el bienestar de las poblaciones cercanas debido a la existencia de dos efectos contrarios: por un lado, la minería genera trabajo y recursos que están asociados a mejoras en la calidad de vida, y por otro lado, genera pasivos ambientales asociados al empeoramiento de la calidad de los recursos vitales de las personas. La respuesta a esta disyuntiva depende de la importancia relativa de los dos efectos. Si los beneficios económicos superan los pasivos ambientales, el impacto es positivo. Por el contrario, si el daño ambiental y sus consecuencias sobre la calidad de vida de la población superan los beneficios económicos, el efecto es negativo.

El objetivo de este trabajo es cuantificar el efecto causal de la minería sobre la salud de los recién nacidos en Colombia. A partir de la base de datos de Estadísticas Vitales de Colombia en el periodo 2000-2011, los registros de titulación minera en Colombia y la

información obtenida del Censo Minero del 2005, se crean indicadores a nivel municipal para relacionar la información del universo de nacidos vivos y la minería legal e ilegal de los municipios de Colombia.

El principal desafío asociado a la estimación de la relación minería y salud son los potenciales problemas de variable omitida. Por ejemplo, la debilidad institucional puede estar relacionada con menor calidad de vida y simultáneamente estar asociada a menores controles por parte de la autoridad ambiental, mayores probabilidades de conseguir un título minero y en general, menor control de la actividad minera. Por esta razón y con el fin de recuperar el efecto causal se implementa la estrategia de variables instrumentales. El instrumento empleado es la interacción entre el potencial minero asociado a la existencia de depósitos de oro en los municipios y los precios internacionales del oro. Los resultados ofrecen evidencia de la vulnerabilidad de la población a las actividades mineras. En concreto las actividades mineras, especialmente las actividades ilegales, aumentan la tasa de prematuridad y de bajo peso en los municipios. Adicionalmente, dada la relación positiva entre minería y conflicto armado estudiado previamente en la literatura (Idrobo, et al, 2014), se ofrece evidencia que sugiere que la minería afecta la salud por un mecanismo diferente al conflicto armado.

Este trabajo se divide en seis secciones. La sección 2 hace una revisión de la literatura económica sobre la relación de las condiciones ambientales y la salud. La sección 2.1 presenta literatura médica que asocia el uso del mercurio en la minería sobre la salud al nacer. La sección 3 presenta la metodología, la sección 4 los datos considerados en el trabajo y finalmente la sección 5 presenta los resultados y consideraciones adicionales. La sección final presenta las conclusiones.

2. Desigualdad medio ambiental y salud

Desde el trabajo del sociólogo Bullard (1999), las desigualdades medioambientales han sido objeto de estudio por parte de la literatura económica debido al debate existente sobre el origen de las inequidades y su persistencia en el tiempo. Parte de esta literatura ha estudiado la relación entre condiciones ambientales adversas y desarrollo óptimo de los fetos en el útero de las madres (Wang et al. 1997; Almond 2006; Chay y Greenstone 2003; Almond, Edlund, y Palme 2008; Currie y Schmieder 2009; Currie, Davis y Walker 2011;

Kelly 2009; Nelson 2010; Noonan, Reichman, Corman y Dave 2007; Camacho 2008). En efecto, la salud al nacer es sensible a factores ambientales como brotes de enfermedades, choques de violencia, concentración de partículas contaminantes en el aire, exposición a químicos tóxicos y a emisiones radioactivas, entre otros. (Currie, 2011)

En la literatura que establece una relación entre la contaminación ambiental y las condiciones de salud de los bebés al nacer, se identifican problemas de variable omitida. En particular, fetos que están expuestos a niveles bajos de contaminación pueden también tener mejores condiciones en el acceso a cuidados médicos. Chay y Greenstone (2003) tienen en cuenta este problema y por medio un experimento natural investigan el impacto de reducciones en material particulado en el aire sobre el peso al nacer y tasa de mortalidad infantil. El experimento natural estuvo dado por la implementación del programa *Clean Air Act* en 1970 y la recesión en 1980, que generaron una variación exógena en la calidad del aire (Total de Partículas Suspedidas, TSPs en inglés) entre países y a lo largo del tiempo. A partir de esto, encuentran que los dos eventos implicaron el descenso entre cinco y ocho muertes por 100.000 bebés nacidos vivos, y una reducción de la incidencia de bajo peso.

Igualmente, Currie y Schneider (2009) usan Estadísticas vitales de natalidad en Estados Unidos para mirar los efectos de las emisiones tóxicas al aire de metales pesados como el Cadmio y Plomo, entre otros componentes químicos. Encuentran que un aumento de dos desviaciones estándar en la liberación de Cadmio reduce el tiempo de gestación en 0.012 semanas y reduce el peso al nacer en 2.4 gramos. Adicionalmente, un cambio de dos desviaciones estándar en las emisiones de plomo reduce el tiempo de gestación en 0.008 semanas y reduce el peso al nacer en 1.8 gramos (con una media de 3.300 gramos).

Para el caso de la contaminación resultado de las actividades mineras, la literatura es reciente y existen pocos estudios de caso. Por ejemplo, Von der Goltz y Barnwal (2014) estiman el efecto de las actividades mineras sobre el bienestar y sobre la salud de niños de menos de cinco años, a partir de las Encuestas de Demografía y salud de 44 países en desarrollo. Como resultado, encuentran que las comunidades mineras tienen un incremento de riqueza en activos de 0.3 desviaciones estándar, pero experimentan un aumento del 5 % en la prevalencia de retraso de crecimiento de niños pequeños.

Al momento de presentar este trabajo, existe un único trabajo hecho para Colombia desarrollado por Romero y Saavedra (2014), quienes investigan el efecto de las actividades

mineras de oro en Colombia sobre la salud de los recién nacidos. Emplean los datos de los registros de Catastro Minero, NGO Tierra Minada y las Estadísticas Vitales del DANE. Con una estrategia de diferencias en diferencias aprovechan la localización de minas y ríos en Colombia, para separar efecto renta de las actividades mineras y efecto de la contaminación. De este modo, encuentran evidencia de un efecto positivo de la minería sobre la salud de los recién nacidos para comunidades que residen en áreas cercanas a las minas y un efecto negativo para poblaciones que viven en el cauce inferior de los ríos. En concreto, las actividades mineras disminuyen la probabilidad de bajo APGAR en 0.8 puntos porcentuales para la población que vive cerca a minas de oro en el cauce superior de los ríos, pero incrementan la probabilidad de bajo APGAR en 0.7 puntos porcentuales en comunidades del cauce inferior de los ríos cercanos a las minas. Los trabajos de Von der Goltz y Barnwal (2014) y de Romero y Saavedra (2014), son los más relacionados con el presente trabajo, y presentan empíricamente la discusión del efecto renta de las actividades mineras y el efecto indirecto del deterioro ambiental sobre la salud de poblaciones que residen en áreas cercanas a las actividades mineras. A diferencia de estos trabajos, este trabajo busca resolver el problema de endogeneidad de minería y salud con la estrategia de variables instrumentales y tiene en cuenta como posible mecanismo la incidencia del conflicto armado colombiano.

2.1. El uso del mercurio en la minería y efectos sobre la salud

En las actividades mineras del oro, el deterioro ambiental está fuertemente asociado con el uso de sustancias tóxicas como el mercurio en los procesos de recuperación del mineral. En el caso de la minería artesanal, el mercurio es usado en el proceso de amalgamación del oro, que consiste principalmente en sumergir la piedra que contiene el oro en una solución de mercurio. Posteriormente, la solución se expone a altas temperaturas para evaporar mercurio y liberar el oro. Este mercurio inorgánico llega a la atmósfera, es depositado en las fuentes de agua cercanas y se convierte en metilmercurio por medio de los procesos de metilación de microorganismos (Wood, et al, 1968). Los microorganismos son consumidos por otros organismos acuáticos que progresivamente son consumidos por otras especies, dando lugar a una biomagnificación del metilmercurio que implica el incremento en la concentración del químico a medida que la especie aparece en niveles ascendentes de la cadena alimenticia (Castilhos y Bidone, 2000)

La vulnerabilidad de la población a esta contaminación por mercurio en los recursos vitales ha sido estudiada desde diversas perspectivas. Por ejemplo, Olivero y Solano(1998) estudian las concentraciones de mercurio en un río cercano a una mina de oro que usa el metal como insumo en el proceso de amalgamación. Encuentran una correlación positiva en la concentración de mercurio en algunas especies de peces y el contenido de los sedimentos de los cuales obtienen su alimento. Del mismo modo, Olivero, et.al. (2002) investigan la relación entre el consumo de peces y el contenido de mercurio en el cabello de personas pertenecientes a una comunidad pequera del río San Jorge en Sucre, área cercana a una zona minera de oro, y encuentran una relación positiva que sugiere la existencia de un efecto de las actividades mineras sobre los ecosistemas de uso de las poblaciones.

En relación a lo anterior, Marrugo-Negrete, et. al (2008) encuentran evidencia de impactos negativos de las actividades mineras de oro llevadas a cabo en áreas del cauce superior de un río en Colombia, sobre la presencia de mercurio en los sedimentos, en el agua, y en las cadenas alimenticias de la zona. De este modo, muestran que alrededor del 30 % del los peces de la muestra presentaron niveles de mercurio superiores al límite considerado para el consumo humano en base a los criterios de WHO (1990). Por otro lado, en base a muestras tomadas a personas que residen en la zona del río, encuentran una alta correlación entre los indicadores de mercurio en el cabello y el consumo de peces.

De acuerdo a la literatura médica, la exposición al mercurio puede generar una amplia gama de efectos adversos para la salud de las personas. Algunos síntomas visibles de intoxicación con mercurio son el déficit en el desarrollo neurológico (Tirado et al., 2000), la inhabilidad para coordinar voluntariamente los músculos (Bose-O'Reilly, et all., 2008), la pérdida reversible de capacidad para distinguir colores (Cavalleri y Gobba,1998), la parálisis progresiva de las extremidades (Chu et al., 1998), inflamaciones severas de la piel (Boyd et al., 2000), entre otros efectos. Especialmente se considera que el mercurio es un peligro para el desarrollo saludable de niños que habitan en áreas de contaminación elevada (Davidson, et al, 2004) y de hecho, existe evidencia de que los niños antes de nacer tienen exposición al mercurio a través de la placenta de la madre, y después de nacer, con la leche materna (Xue, et al., 2007). Esta exposición temprana es consecuencia de la capacidad del mercurio de traspasar las barreras protectoras de la placenta y depositarse en los tejidos del feto, causando efectos adversos sobre el crecimiento intrauterino y

desarrollo neuronal (Yoshida, 2002; Bridges y Zalups, 2010). En esta población, los altos niveles de contaminación con el metal están asociados con problemas en el desarrollo del cerebro, que puede evidenciarse en la pérdida de neuronas, reflejos hiperactivos, sordera, ceguera, parálisis cerebral, retraso mental, parálisis general o muerte (Amin-Zaki, et al, 1974; Counter y Buchanan, 2004; Solis, et al, 2000). Adicionalmente, existen estudios que relacionan la exposición al mercurio con medidas de desarrollo del bebé al momento del nacimiento como el peso, las semanas de gestación, el diámetro del cráneo, puntaje Apgar, entre otros (Brantsæter, et al, 2012; Drouillet-Pinard, et al, 2010).

En cuanto al desarrollo del cerebro, Garel, et. al. (2002), estudian el efecto de la contaminación con mercurio en la Guayana francesa causada por las actividades mineras del oro sobre la salud de la población de niños entre los 9 meses a 6 años de edad. Encuentran que a raíz de una dieta compuesta principalmente por el consumo de pescado, el 79 % de los niños mostraron niveles superiores a 10 mg/g de mercurio en el cabello, revelaron rezagos en la coordinación de músculos y déficit en un test de razonamiento, organización visual y espacial. Estas observaciones son consistentes con diagnósticos de intoxicación por mercurio, presentadas por Sullivan (1999) en un trabajo previo.

Por otro lado, de acuerdo con Xue, et al (2007), existe una relación positiva entre niños nacidos antes de las 35 semanas de gestación y niveles de mercurio superiores a 0.55 mg/g en el cabello de las madres (situados por encima del percentil 10). La contaminación con metilmercurio está asociado con eventos que contribuyen a la reducción de los tiempos de gestación como la producción de estrés oxidativo a nivel celular y la potenciación de enfermedades cardiovasculares de la madre en el momento de la gestación (Sanfeliu, et al, 2003; Hornberger y Patscheke, 1989; Caprino, et al, 1983). Adicionalmente, el metilmercurio produce una inhibición de las funciones antioxidantes y estimula la producción de radicales libres, que pueden afectar negativamente el crecimiento del feto (Dovydaitis, 2008; Roberts, et al, 2003).

El presente trabajo estudia el impacto de las actividades mineras sobre la salud de los recién nacidos en Colombia. El artículo identifica la relación para el periodo de boom minero de la década pasada, relevante por el aumento en los precios del oro y el interés creciente en la producción del metal.

3. Metodología

Una de las hipótesis de la literatura de justicia ambiental, es que hogares vulnerables están más expuestos a la contaminación debido a que las actividades contaminantes tienen mayor probabilidad de localizarse en sus zonas de residencia. Sin embargo, la literatura reciente sugiere que si existe una relación entre los niveles de exposición a la contaminación y las características demográficas, es debido a que los hogares tienen menos posibilidades de moverse hacia ambientes más sanos (Currie, 2011). Para países en desarrollo esta hipótesis tiene sentido al considerar hogares pobres que se mueven hacia zonas altamente contaminadas, en busca de oportunidades económicas. Por ejemplo en Colombia, las actividades de minería ilegal atraen poblaciones vulnerables económicamente.

A raíz de estas dinámicas, estimar un modelo que asocie directamente niveles de actividad minera con salud al nacer, puede presentar sesgos. A continuación se identifican dos posibles sesgos. En primer lugar, el sesgo proveniente de la no observabilidad de las condiciones económicas de la población, de manera que hogares pobres pueden estar más expuestos al riesgo ambiental de la minería por falta de información, mayores incentivos a trabajar en actividades riesgosas, menores posibilidades de moverse a áreas con menores peligros, entre otros. En segundo lugar, el sesgo dado por la debilidad en las instituciones. Por ejemplo, la debilidad institucional puede estar relacionada con menores niveles de calidad de vida de la población y simultáneamente con menores controles por parte de la autoridad ambiental, mayores probabilidades de conseguir un título minero y en general, menor control de la actividad minera. Por lo anterior, una estimación que no considere estas fuentes de endogeneidad puede arrojar coeficientes sobreestimados, al asignarle a la minería el efecto de la pobreza de los hogares y de la institucionalidad sobre la salud.

En este sentido, la estrategia empírica que sigue en este trabajo para corregir los posibles problemas de endogeneidad y de error de medida clásico, es la de variables instrumentales que se desarrolla en dos etapas (2SLS). El instrumento propuesto para el nivel de actividad minera en los municipios es la interacción del potencial minero presente en el suelo con los precios del oro. El potencial minero hace referencia a la probabilidad de encontrar depósitos de oro en el suelo de los municipios, y es exógeno a la salud de los recién nacidos dado que la afectación de la población se da por la explotación del suelo, la modificación del ecosistema y el uso de sustancias químicas, más que por

la existencia de depósitos mineros en el suelo. Además, debido a la condición precio-aceptante de Colombia en el mercado del oro a nivel mundial ², los precios son exógenos a la producción minera local.

El instrumento fue implementado previamente por Idrobo, et al (2014) quienes instrumentan la minería legal e ilegal de oro con la presencia de anomalías geoquímicas del suelo interactuada con los precios del oro, para encontrar el impacto de la extracción de oro sobre la violencia relacionada al conflicto armado en Colombia. El instrumento captura la variación de los precios del oro durante la crisis del 2008 y la heterogeneidad de la explotación minera en los municipios de acuerdo al potencial minero del suelo.

De la misma manera Von der Goltz y Barnwal (2014), en un trabajo que busca el impacto de las actividades mineras sobre la salud para un conjunto de países en desarrollo, instrumentan la localización de las minas con la localización de depósitos minerales. Este instrumento es similar al instrumento considerado en el presente trabajo debido a que la presencia anomalías geoquímicas en el suelo está correlacionada con depósitos minerales que determinan la existencia de actividades mineras en el territorio. La ventaja de las anomalías geoquímicas sobre los depósitos de oro es la posibilidad de identificar la minería ilegal. La minería ilegal se desarrolla en zonas donde históricamente ha habido explotación de oro y en lugares en los que accidentalmente se encuentran depósitos no conocidos por las autoridades mineras. Por esta razón, las anomalías recogen la probabilidad de tener minería ilegal con el potencial del suelo sin limitar la identificación de las actividades al conocimiento de depósitos

La estrategia empírica está representada en las ecuaciones 1 y 2, que muestran la especificación para la primera y segunda etapa respectivamente. El propósito de la estrategia es encontrar si los cambios en el sector minero del oro durante la época de boom en los precios, afectaron proporcionalmente más la salud de los recién nacidos en municipios expuestos a la minería en relación a los menos expuestos. La variable a instrumentar es $min_m \times precio_t$, donde min_m hace referencia a tres medidas de minería consideradas (producción minera promedio, títulos mineros promedio y presencia de minería ilegal de oro). Estas medidas son invariantes en el tiempo debido a problemas de medida y disponibilidad de datos. $precio_t$ son los precios del oro, y $potencial_m$ es el potencial minero

²La Figura 2 muestra que Colombia en el periodo 2000-2011 tiene aproximadamente el 1.5% de la producción de oro a nivel mundial, mientras países como China, Estados Unidos y Australia cuentan con aproximadamente 11% del mercado mundial cada uno.

promedio a nivel de municipio.

Primera etapa

$$\min_m \times \text{precio}_t = \varphi(\text{potencial}_m \times \text{precio}_t) + \gamma X_{mt} + \delta_t + \kappa_m + \vartheta_{mt} \quad (1)$$

Segunda etapa

$$y_{mt} = \beta(\widehat{\min_m \times \text{precio}_t}) + \gamma X_{mt} + \delta_t + \kappa_m + \epsilon_{mt} \quad (2)$$

Donde y_{mt} es la medida de salud de los recién nacidos en el municipio m en el año t dada por las variables de defunción fetal, peso al nacer y semanas de gestación. La variable $(\widehat{\min_m \times \text{precio}_t})$ es la medida de minería estimada de la primera etapa. El vector X_{mt} corresponde a características agregadas de las madres en el municipio m en el período t como seguridad social, educación, edad, entre otros. Las estimaciones incluyen efectos fijos de tiempo δ_t , que recogen choques comunes a todos los municipios de Colombia en momentos dados de tiempo, efectos fijos de municipio κ_m que controlan por características persistentes en los municipios, y finalmente ϑ_{mt} y ϵ_{mt} son el término de error con media cero para cada una de las estimaciones. Adicionalmente, debido al problema de autocorrelación serial en los términos de error, los errores estándar están anidados a nivel de municipio.

El coeficiente de interés es β , que refleja el impacto de las actividades mineras sobre la salud al nacer. La estrategia propuesta permite corregir problemas de variable omitida y posibles errores de medida en las variables que aproximan las actividades mineras en los municipios.

4. Datos

Para estudiar el efecto de las actividades mineras sobre la salud al nacer, lo ideal sería contar con información individual que tuviera características específicas del hogar como la condición de salud, movilidad en el territorio, oficio de los padres, e información sobre la cercanía a actividades mineras. Desafortunadamente, la información que relaciona hogares con actividades mineras es reducida y la información de minería en Colombia es limitada especialmente por la antigüedad del último censo minero y por la dificultad de

ubicar geográficamente las actividades de minería ilegal. Por esta razón, se propone un análisis que relaciona la minería legal e ilegal del municipio con medidas de salud de los recién nacidos a nivel de municipio.

4.1. Salud y características socioeconómicas

Debido a que el mecanismo que se desea estudiar al buscar una relación entre las actividades mineras y salud al nacer es principalmente la contaminación con mercurio, sería deseable contar con información sobre el estado neuronal de los recién nacidos. No obstante, esta información no está ampliamente documentada, aunque existen estudios de caso para pequeñas zonas geográficas. Por esta razón, se propone usar las estadísticas vitales del DANE. Esta información cuenta con el universo de nacidos vivos en 1117 municipios de Colombia para el periodo 2000 a 2011. La información es diligenciada por personal médico en el momento del parto y documenta características de peso, talla y semanas de gestación. Adicional a esto, información sobre la educación de los padres, régimen de seguridad social, sitio del parto, entre otros son reportados por la madre en el parto. Debido a que las dinámicas de salud son diferentes para zonas urbanas y rurales dentro de cada municipio y que la exposición a las prácticas de explotación minera se dan principalmente en áreas no urbanizadas, se tienen en cuenta únicamente partos ocurridos en zonas rurales de cada municipio.

Adicionalmente, se usa la base de defunciones fetales proveniente de las estadísticas vitales del DANE. Esta base cuenta con información a nivel individual sobre los partos de nacidos no vivos para el universo de municipios. Esta información se complementa con las estadísticas de nacidos vivos para crear una tasa de defunciones para el total de partos, entre nacidos vivos y no vivos. A continuación se presentan las variables de salud consideradas.

Entre las condiciones de salud de los recién nacidos se tienen en cuenta las siguientes variables presentadas en las estadísticas descriptivas del Cuadro 1 (panel A). La variable de defunciones fetales por cada 100.000 partos corresponde al número de defunciones en relación al número de partos totales en cada municipio al año. En promedio, por cada 100.000 partos en áreas rurales, se presentan 171 defunciones. La segunda variable corresponde al número de nacidos vivos con menos de 2500 gramos al nacer por cada 100.000 partos en cada municipio y periodo de tiempo. De cada 100.000 partos, 7.599

son de bajo peso, es decir, cerca del 7,6 %.

La variable semanas de gestación está definida en cinco categorías ordenadas: menos de 20 semanas de gestación, de 20 a 27 semanas, de 28 a 37 semanas, de 38 a 41 semanas y de 42 o más semanas de gestación. Un bebé es clasificado como prematuro cuando su tiempo de gestación es de 37 semanas o menos, se considera a término cuando está entre 37 a 42 semanas, y finalmente se clasifica como post término cuando nace después de las 42 semanas. A partir de esta información se construye el número de bebés que al momento del parto se situaron por debajo de las 27 semanas de gestación por cada 100,000 partos por municipio en cada periodo ³. En promedio, de cada 100.000 partos, 284 tienen menos de 27 semanas de gestación.

Por otro lado, la base permite conocer el género del bebe, y algunas características de la madre como la edad, régimen de seguridad social y el nivel educativo (Cuadro 2). Se controla por el sexo del bebé debido a que existe una diferenciación de estándares para la comparación de niños y niñas, en especial para las medidas de peso y talla al nacer (WHO,2006). En segundo lugar, se controla por cuatro categorías de edad de la madre: madres con menos de 19 años, entre 20 y 24, entre 25 y 29, entre 30 y 39, y más de 40 años. Tener en cuenta estas categorías es relevante por la existencia de forma U en la relación salud del bebé y edad de la madre. Por ejemplo, en lo que concierne a la prematuridad, madres muy jóvenes presentan inmadurez en el útero, lo que puede obstruir el desarrollo a término del embarazo. Adicionalmente, madres en edad avanzada tienen altos riesgos de disfunción intrauterina causada por los procesos de la edad (Blomberg, et.al., 2014).

Se consideran madres casadas o en unión libre en relación a madres solteras, viudas o divorciadas, como una variable que aproxima el nivel de apoyo del cónyugue con la madre. Por otro lado, la educación de la madre y el régimen de seguridad social son variables *proxy* del nivel de ingreso del hogar. En particular se evidencia que la mayoría de las madres están asociadas al régimen subsidiado (con 68 % del total de madres) y cuentan con primaria como máximo nivel educativo alcanzado (con 59 %).

Adicionalmente se tienen en cuenta variables relacionadas al parto como el lugar,

³En la distribución de semanas de gestación, el 18,8 % se encuentra en la categoría 3 (bebés nacidos entre las 28 y 37 semanas de gestación), y 79,2 % en la categoría clasificada como parto normal. Debido a esto, se busca reducir la ambigüedad de los bebés nacidos entre las semanas 35 y 37, conocidos como prematuros tardíos, y se considera una medida más exigente dada por la tasa de bebés que nacen antes de las 27 semanas.

personal que atendió el parto y las consultas prenatales. La Organización Mundial de la Salud (WHO por sus siglas en inglés), señala que los problemas de salud en las mujeres embarazadas pueden ser prevenidos, detectados y tratados durante los controles prenatales, ofrecidos por trabajadores calificados de la salud, y recomienda un mínimo de cuatro consultas prenatales para ayudar a las mujeres en la preparación del parto y el aporte de conocimiento sobre señales de advertencia temprana durante el periodo de gestación. En este sentido, se tienen en cuenta la proporción de mujeres que fueron atendidas por personal médico en el parto, en una institución médica, y que tuvieron por lo menos cuatro consultas prenatales.

Por último, los embarazos múltiples tienen alto riesgo de sufrir problemas relacionados con el peso al nacer, el periodo de gestación, el crecimiento intrauterino, morbilidad neonatal y mortalidad (Kurdi, et. al., 2004). Por esta razón se controla por la proporción de partos simples en los municipios. El Cuadro 2 muestra que en promedio el 98 % de los partos son simples, lo que implica que los partos múltiples cuentan con aproximadamente un 2 % del total de nacidos vivos.

4.2. Minería y precios del oro

Con respecto a la información relacionada a la actividad minera en los municipios, se consideran tres fuentes de datos. Para aproximar las actividades mineras legales en los municipios se emplea el registro de títulos mineros vigentes concedidos por la autoridad minera en el período 1990-2011, y los registros de producción de oro para el periodo 2001-2011. La primera medida se basa en la información de títulos mineros del Ministerio de Minas y Energía, y cuenta con datos acerca de la fecha de iniciación y terminación del contrato para la explotación minera, los municipios abarcados en el título, el mineral a extraer y el área de explotación. De esta información se crea la variable definida como el número de títulos vigentes en cada año y municipio. No obstante esta medida tiene dos sesgos potenciales. En primer lugar, el momento de inicio de actividades de explotación no son conocidos y por tanto existe la posibilidad de no aprovechamiento de los títulos solicitados. En segundo lugar, existe evidencia de arbitraje después del cambio en la Ley minera de 2001, por parte de particulares que solicitaban títulos mineros para posteriormente negociarlos. Por lo anterior y con el fin de reducir el error de medida, se crea un indicador de presencia de minería legal a nivel de municipio definido como

el promedio de títulos mineros para el periodo anterior al choque de precios del oro, es decir 1990-2004 y se interactúa con el precio del oro.

Por otro lado, la información sobre la producción minera es procesada por Simco (Sistema de información minero colombiano), y presenta el volumen de producción de oro en onzas a nivel municipal. Debido al sesgo en esta variable dado principalmente por el incentivo de las empresas mineras de presentar reportes de producción menores que los reales con el fin de reducir el monto de impuestos, se toma el promedio de producción minera para los municipios en el periodo 2001-2004 interactuado con los precios del oro.

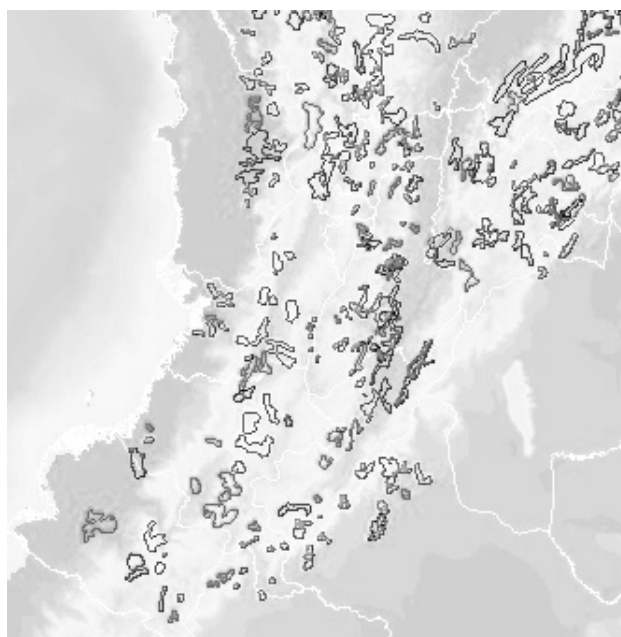
La medición de las actividades mineras de hecho o que operan sin título minero es del Censo Minero del 2005. Esta base cuenta con el número de minas de hecho censadas que operan en cada municipio. Para medir la incidencia de estas actividades que por definición son ilegales, se crea una medida de presencia definida como una dummy que toma el valor de 1 si en el municipio se reportan minas de hecho y de 0 en caso contrario. El panel B del Cuadro 1 muestra estadísticas sobre las variables de minería consideradas.

Siguiendo a Idrobo, et al (2014) como fuente de variación exógena de las actividades de minería legal e ilegal, se emplean las anomalías geoquímicas interactuadas con los precios internacionales del oro. Las anomalías son generadas a partir del mapa de zonas con potencial geoquímico para recursos minerales creado por el Servicio Geológico Colombiano (SGC), quienes identifican diferentes zonas con potencial minero alto, bajo y medio de acuerdo con análisis de la corteza terrestre. Esta información permite conocer los municipios que tienen posibilidad de tener depósitos de oro.

De acuerdo a lo anterior, las áreas delimitadas como anomalías geoquímicas cuentan con un valor potencial dado por un número entre 0 y 5- cero en caso de no existir anomalías y positivo en caso contrario- que representa un escalonamiento creciente en las posibilidades de extracción de minerales: áreas con potencial bajo tienen valores potenciales alrededor de 1.42, áreas de potencial medio alrededor de 2.56 y áreas de potencial alto alrededor de 3.4. De esta manera se construye para cada municipio el promedio del potencial de las áreas delimitadas con probabilidad positiva de existencia de depósitos de oro. (Panel C del cuadro 1).⁴

⁴Ver Figura 2.

Figura 2: Áreas delimitadas con el potencial geoquímico del suelo



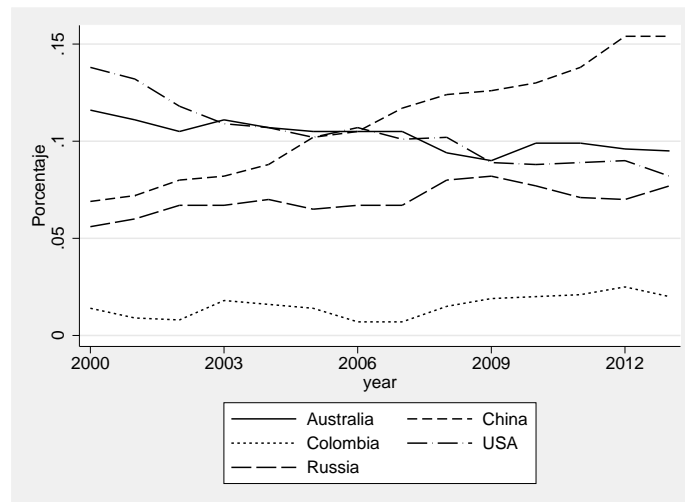
Fuente: Servicio Geológico Colombiano

Adicionalmente, los precios del oro provienen de Bloomberg, tienen una variación anual para el periodo 2000-2011 y están deflactados por la inflación de Estados Unidos a precios del año 1990. El aumento en los precios del oro a partir del año 2005 y su profundización en el año 2008 como resultado de la crisis en los mercados internacionales, determinaron un cambio favorable en el retorno a la actividad minera. Esta variación de precios para países sin poder de mercado implican la existencia de una medida exógena en los incentivos a la producción. En particular, este es el caso de Colombia como productor minoritario en el mercado de oro mundial como lo muestra la Figura 3, en la cual se presenta la participación sobre la producción mundial de los principales cuatro productores de oro y Colombia.⁵ Estados Unidos ocupa el primer lugar con una participación promedio del 11.4%, le siguen Australia con 11.3%, China con 11% y Rusia con el 7%. Por su parte, Colombia tiene aproximadamente 1.5% de la producción a nivel mundial en el periodo 2000-2011, lo que lo sitúa en países con condición precio-aceptante

⁵Se toman los cuatro principales productores de oro para el año 2012. Para el periodo 2000-2006 Sur África ocupa el primer lugar, Estados Unidos el Segundo, China el tercero y Australia el cuarto. Además para ese periodo Colombia ocupa el puesto 22.

frente a los precios internacionales.

Figura 3: Producción de oro como porcentaje de la producción mundial



Fuente: Cálculos propios con base en datos del *British Geological Survey's Centre for Sustainable Mineral Development*

Cuadro 1: Estadísticas descriptivas

Variable	Obs.	Media	Desv. Est.	Min	Max
<i>Panel A: Indicador de salud</i>					
Defunción fetal x 100 mil partos	12670	170.55	628.28	0	14285.71
Menos de 27 semanas x 100 mil partos	12670	283.89	793.83	0	14285.71
Menos de 2500 Gr. x 100 mil partos	12670	7598.57	4368.98	0	46666.67
<i>Panel B: Minería</i>					
Dum. Oro ilegal	12670	0.08	0.26	0	1
Prom. Producción	12670	29.71	222.61	0	3466.93
Prom. Títulos	12670	0.16	0.85	0	19
Dum. Oro ilegal x precio	12670	32.54	128.72	0	913.8
Prom. Producción x precio	12670	12675.64	106990.70	0	3168072
Prom. Títulos x precio	12670	66.61	414.26	0	17362.18
<i>Panel C: Potencial minero municipal</i>					
Prom. Potencial	12670	0.48	0.97	0	3.4
Prom. Potencialx precio	12670	206.40	479.35	0	3106.92

4.3. Información a nivel municipal

En la información a nivel municipal, se cuenta con la presencia de actividades mineras diferentes a la del oro. La variable está especificada como *dummy* que toma el valor de 1 si en el municipio existen títulos para explotación de minerales distintos al oro. Esta información tiene variabilidad anual y muestra que alrededor del 66 % de los municipios cuenta con minería distinta a la del oro.

En segundo lugar, se incluye como control geográfico las lluvias en el municipio, que tiene variabilidad a nivel de municipio y a lo largo del periodo. Otros controles geográficos asociados a condiciones de salud, no se incluyen porque no varían en el tiempo como la altitud, la pendiente del territorio o la montañsidad del territorio.

En tercer lugar, la pobreza afecta la salud de los niños por varios mecanismos. Mayores niveles de ingreso permiten a los padres proveer una mejor nutrición para los niños, comprar seguros de salud de calidad, responder mejor a choques de salud o estar sujeto a menos choques, entre otros (Cameron y Williams, 2009; Currie y Stabile, 2003). Dado lo anterior, se tiene en cuenta como control las tendencias diferenciales por pobreza en los municipios, medida como la interacción entre una medida de pobreza y los precios del oro. La medida de pobreza es el Índice de Pobreza Multidimensional (IPM) calculado por el DNP (Departamento Nacional de Planeación) en base al Censo General del 2005.⁶ Adicionalmente, se controla por el tamaño población, tomando población total rural en logaritmo.

⁶El Índice de Pobreza Multidimensional (IPM) descompone de cinco dimensiones: las condiciones educativas del hogar, condiciones de la niñez y juventud, salud, trabajo, acceso a los servicios públicos domiciliarios y las condiciones de la vivienda. Las dimensiones están representadas en 15 variables, con las cuales se determina la condición de pobreza de los hogares. De este modo, un hogar se considera pobre si tiene una restricción en 5 o más variables. Para crear una medida de pobreza a nivel municipal, se crea la proporción de hogares pobres que, interactuado con los precios del oro, permite la identificación del parámetro.

Cuadro 2: Estadísticas descriptivas- Controles

Variable	Obs.	Media	Desv. Est.	Min	Max
<i>Nacimiento</i>					
Sexo (hombre)	12670	0.49	0.07	0.00	1.00
Edad madre: menos de 19 años	12670	0.27	0.08	0.02	0.71
Edad madre: entre 20 y 24 años	12670	0.30	0.06	0.04	0.77
Edad madre: entre 25 y 29 años	12670	0.20	0.06	0.02	0.63
Edad madre: entre 30 y 39	12670	0.20	0.06	0.02	0.55
Estado civil: casada o unión libre	12670	0.84	0.09	0.17	1
Educación primaria	12670	0.59	0.16	0	1
Seguridad social subsidiado	12670	0.68	0.23	0	1
Seguridad social particular	12670	0.22	0.21	0	1
Parto simple	12670	0.98	0.03	0.67	1
Atendió médico	12670	0.95	0.11	0.06	1
Parto en institución médica	12670	0.94	0.10	0.09	1
Consulta prenatal (por lo menos 4)	12670	0.71	0.17	0	1
<i>Municipales</i>					
Otro tipo de minería	12670	0.63	0.48	0	1
Lluvias	12670	178.47	113.42	0.40	1240.71
Pobreza	12670	0.80	0.13	0.23	1
Pobreza x precio	12670	339.82	186.98	46.07	913.80
Población (Logaritmo)	12670	8.90	0.82	5.86	11.85

El cuadro presenta los controles para las tasas de bajo peso y prematuridad.

Los controles para la tasa de defunciones fetales se presentan en el Cuadro B2 del Apéndice.

5. Resultados

El cuadro 3 presenta la primera etapa para la estimación de variables instrumentales, en la cual el instrumento es el potencial geoquímico promedio en el municipio. El cuadro muestra una relación positiva y significativa al 1% entre el potencial minero y los niveles de titulación minera (1990-2004), producción (2001-2004) y minería ilegal. Además evidencia que el F- estadístico rechaza la hipótesis de instrumentos débiles, de acuerdo con el umbral convencional usado en estimaciones de variables instrumentales (Bound, Jaeger y Baker, 1995)

Cuadro 3: Primera etapa

Variable Dependiente:	Prom. Títulos x precio (1)	Prom. Producción x precio (2)	Dum. Minería ilegal x precio (3)
Prom. Potencial x precio	0.297*** (0.051)	36.272*** (11.093)	0.108*** (0.013)
Controles	✓	✓	✓
Errores Anidados	✓	✓	✓
EF tiempo	✓	✓	✓
EF municipio	✓	✓	✓
Observaciones	12,670	12,670	12,670
Número de municipios	1,087	1,087	1,087
F- Estadístico Kleibergen-Paap	34.144	10.691	69.499

Errores estándar robustos en paréntesis *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Para la segunda etapa, el Cuadro 4 presenta los principales resultados de estimar la ecuación 2. Los resultados cuentan con errores anidados, efectos fijos de tiempo y de municipio y los controles del Cuadro 2. En los paréntesis cuadrados se encuentra el coeficiente expresado en desviaciones estándar y la columna (4) muestra la forma reducida resultado de una estimación de OLS que tiene como variable dependiente la medida de salud y como variable independiente el instrumento. El primer panel del Cuadro muestra la ausencia de efecto de la minería sobre la tasa de defunciones fetales. De acuerdo con la literatura médica, la muerte por intoxicación con mercurio ocurre, en general, por la agudización de los síntomas iniciales provocados por la presencia de mercurio en el organismo y corresponden a niveles superiores a 5mcg/dL de mercurio en la sangre (Solis, et al, 2000). De acuerdo con esto, es posible que en *promedio*, los fetos no estén expuestos a niveles tan altos de mercurio y por lo tanto, no exista un efecto palpable en la relación.

El segundo panel, muestra las estimaciones para la tasa de niños nacidos con bajo peso. Para todas las especificaciones de minería el coeficiente es positivo y significativo, lo que implica que mayores niveles de minería incrementan la tasa de bajo peso. En cuanto a la magnitud del efecto, un aumento de 1 desviación estándar en la medida de producción de oro, titulación de oro y presencia de minería ilegal, implican un aumento de 1.62, 0.74 y 0.63 desviaciones estándar en la tasa de bajo peso.⁷ Por otro lado, para la

⁷El cálculo de las desviaciones estándar se realiza de la siguiente manera para las variables de títulos mineros, producción de oro y presencia de minería ilegal. Un aumento de una desviación

variable de prematuridad dada por los bebés nacidos antes de las 27 semanas, se evidencia un efecto positivo y significativo al 10% en las medidas de minería de títulos mineros, producción de oro y al 5% en la medida de presencia de minería ilegal. En particular, un aumento de una desviación estándar de las variables de minería implican un aumento de 0.05, 0.02 y 0.02 desviaciones estándar en la tasa de prematuridad, respectivamente.

Los resultados sugieren que la minería afecta la salud al nacer y el efecto tiene mayor significancia para la medida de minería ilegal. Lo anterior puede ser un indicador de la existencia pasivos ambientales asociados a la utilización de mercurio y de la exposición real de la población a las condiciones ambientales derivadas de la actividad minera. Adicionalmente, la ausencia de efecto sobre la mortalidad al nacer puede dar evidencia de los niveles de contaminación ambiental a los que está expuesta la población en Colombia. En particular, este resultado es consistente con estudios realizados para Colombia sobre las concentraciones de mercurio en los ecosistemas de uso vital para las poblaciones. Por ejemplo, Olivero, et al. (2002), encuentran que los niveles de mercurio en las muestras de poblaciones pesqueras de Caimito en la región Caribe de Colombia, son significativamente menores que los reportados para poblaciones en Brasil, donde la minería es extensiva. En consecuencia, los resultados pueden demostrar el efecto monótono de los niveles de contaminación con mercurio sobre la salud.

estándar en la variable de minería implica un incremento de $1.62 = [0.012 * (106,990.70 / 793.83)]$, $0.74 = [1.411 * (414.26 / 793.83)]$ y $0.63 = [3.890 * (128.72 / 793.83)]$ desviaciones estándar en la tasa de bajo peso, para cada una de las medidas respectivamente.

Cuadro 4: Segunda etapa. Instrumento: Potencial minero promedio x precio

Variables de minería	(1)	(2)	(3)	(4)
Var. Dep. :	Defunción fetal x 100 mil partos			
Prom. Producción x precio	-0.001 (0.001) [0.17]			
Prom. Título x precio		-0.142 (0.093) [0.09]		
Dummy ilegal x precio			-0.394 (0.249) [0.08]	
Potencial x precio				-0.042 (0.027) [0.03]
Var. Dep. :	Menos de 2500 gramos x 100 mil partos			
Prom. Producción x precio	0.012** (0.006) [1.62]			
Prom. Título x precio		1.411** (0.595) [0.74]		
Dummy ilegal x precio			3.890*** (1.475) [0.63]	
Potencial x precio				0.419*** (0.154) [0.25]
Var. Dep. :	Menos de 27 semanas x 100 mil partos			
Prom. Producción x precio	0.002* (0.001) [0.05]			
Prom. Título x precio		0.209* (0.112) [0.02]		
Dummy ilegal x precio			0.577** (0.289) [0.02]	
Potencial x precio				0.062** (0.031) [0.01]
Controles	✓	✓	✓	✓
Errores Anidados	✓	✓	✓	✓
EF tiempo	✓	✓	✓	✓
EF municipio	✓	✓	✓	✓
Observaciones	12,670	12,670	12,670	12,670
Número de municipios	1,087	1,087	1,087	1,087

Errores estándar robustos en paréntesis *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. En paréntesis cuadrados se presenta el coeficiente en desviaciones estándar. Se incluyen todos los controles del Cuadro 2. Se excluyen datos atípicos de la variable Menos de 2500 gramos x 100 mil partos, dados por el comando **extremes** en Stata. De acuerdo a este criterio los datos atípicos corresponden a siete municipios con tasas de bajo peso superiores a los 80.000 nacidos de bajo peso por 100.000 partos

5.1. Robustez

El primer ejercicio de robustez busca encontrar la validez del instrumento. Para ello, se propone una prueba placebo en la cual la variable de interés represente alguna condición socioeconómica del hogar, que para este caso será la educación de la madre. Si la educación de la madre está asociada con las dinámicas mineras en los municipios, el coeficiente que mide el efecto de la minería sobre la salud al nacer, puede recoger la relación existente entre educación y salud al nacer. De este modo, el supuesto de exogenidad del instrumento debe mostrar que no existe efecto de las actividades mineras sobre la composición socioeconómica de las madres en los municipios.

Para probar esto, el Cuadro 5 muestra la segunda etapa de una estimación por variables instrumentales, en la cual la variable dependiente es la proporción de madres que alcanzaron primaria como máximo nivel educativo. Para todas las medidas de minería, incluyendo la medida para la estimación de la forma reducida, se evidencia que las actividades mineras no tienen un efecto sobre la composición de madres en los municipios mineros. Lo anterior sugiere que el coeficiente de minería no recoge diferencias sistemáticas del estado socioeconómico de las madres en zonas mineras.

Cuadro 5: Minería y educación de la madre

Variables de minería	(1)	(2)	(3)	(4)
Var. Dep. :	Educación de la madre <i>(Primaria como máximo nivel alcanzado)</i>			
Prom. Título x precio	0.002 (0.001)			
Prom. Producción x precio		0.000 (0.000)		
Dummy ilegal x precio			0.005 (0.004)	
Potencial x precio				0.001 (0.000)
Controles	✓	✓	✓	✓
Errores Anidados	✓	✓	✓	✓
EF tiempo	✓	✓	✓	✓
EF municipio	✓	✓	✓	✓
Observaciones	12,670	12,670	12,670	12,670
Número de municipios	1,087	1,087	1,087	1,087
F- Estadístico Kleibergen-Paap	34.11	10.69	69.55	

Errores estándar robustos en paréntesis *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. Se incluyen todos los controles del Cuadro 2, excluyendo la variable de educación de la madre.

El segundo ejercicio de robustez hace referencia a las zonas de afectación de las actividades mineras. En particular, la población con mayores niveles de vulnerabilidad de exposición a las actividades mineras, es la que reside en zonas rurales. Por ello, se presenta una prueba en la cual se busca mirar el efecto de la minería sobre la salud de los recién nacidos en las zonas urbanas. El Cuadro 6 presenta los resultados para las tres medidas de salud consideradas, y no evidencia un efecto de la minería sobre la salud al nacer para la tasa de bajo peso y de prematuridad, a diferencia de los resultados para las zonas rurales.⁸

⁸Las estadísticas descriptivas de los controles para las zonas urbanas se presentan en el cuadro B4 del Apéndice

Cuadro 6: Minería y salud en áreas urbanas

Variables de minería	(1)	(2)	(3)	(4)
Var. Dep. :	Defunción fetal x 100 mil partos			
Prom. Título x precio	0.029 (0.084)			
Prom. Producción x precio		0.000 (0.001)		
Dummy ilegal x precio			0.075 (0.217)	
Potencial x precio				0.008 (0.024)
Var. Dep. :	Menos de 2500 gramos x 100 mil partos			
Prom. Título x precio	-0.855 (0.637)			
Prom. Producción x precio		-0.006 (0.005)		
Dummy ilegal x precio			-2.211 (1.583)	
Potencial x precio				-0.245 (0.176)
Var. Dep. :	Menos de 27 semanas x 100 mil partos			
Prom. Título x precio	0.127 (0.126)			
Prom. Producción x precio		0.001 (0.001)		
Dummy ilegal x precio			0.330 (0.326)	
Potencial x precio				0.037 (0.036)
Controles	✓	✓	✓	✓
Errores Anidados	✓	✓	✓	✓
EF tiempo	✓	✓	✓	✓
EF municipio	✓	✓	✓	✓
Observaciones	12,237	12,237	12,237	12,237
Número de municipios	1,091	1,091	1,091	1,091
F- Estadístico Kleibergen-Paap	34.96	11.11	72.55	

Errores estándar robustos en paréntesis *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1
En paréntesis cuadrados se presenta el coeficiente en desviaciones estándar

5.2. Mecanismo del conflicto armado

En Colombia la producción de oro ha estado asociada a la presencia de grupos armados al margen de la ley como lo son las guerrillas y los paramilitares. Los altos retornos de la actividad generan incentivos para la captación ilegal de rentas de la producción

de oro por medio de algunos mecanismos como la extorsión, robo, compra irregular de producción, participación directa en la actividad minera, entre otros.(Giraldo y Muñoz, 2012)

En relación a esto, el trabajo de Idrobo, et.al (2014) da evidencia de la relación causal de la minería sobre la violencia en Colombia. Encuentran que el aumento de las actividades mineras de oro ilegales producto del aumento en los precios del oro por la crisis internacional de los mercados financieros en 2007, implicaron un aumento de la violencia en municipios con presencia de depósitos de oro. En cuanto al efecto de la violencia sobre la salud, Camacho (2008) muestra que la violencia en Colombia, medida con la intensidad de explosiones de minas antipersonas durante el primer trimestre de embarazo tiene un impacto negativo y significativo sobre el peso al nacer. A partir de esto, es posible que el efecto de la minería sobre la salud, tenga como mecanismo la incidencia de conflicto armado en lugar del deterioro ambiental.

Por lo tanto, para determinar si el conflicto es el mecanismo que opera en la relación, se propone comparar el efecto de la minería sobre grupos con niveles de conflicto similares. Para ello, se estima el sistema de ecuaciones 1 y 2 para dos grupos de municipios, los municipios cuyo nivel de conflicto es inferior a la mediana y los municipios que tienen un nivel superior de conflicto armado al de la mediana. Para descartar el mecanismo de la violencia, el efecto de la minería debería estar presente especialmente para el grupo con menores niveles. Puesto que el mecanismo que encuentra Camacho (2008) para la relación de conflicto y salud son las explosiones de minas antipersonas en zonas cercanas a la residencia de las madres, la medida de conflicto considerada es el promedio de explosiones de minas antipersonas en un periodo antes del choque de los precios del oro. Los datos de minas antipersonas provienen del Observatorio del Programa Presidencial de DH y DIH, quienes recopilan información estadística de fuentes del Estado y de organizaciones sociales de derechos humanos y está disponible desde el año 1990. En este sentido la medida de conflicto armado será el promedio de explosiones de minas en los municipios en el periodo 1990-2005.

El Cuadro 7 muestra la segunda etapa de la estimación de variables instrumentales por grupos de conflicto armado. Las columnas impares (pares) muestran el coeficiente de la estimación para el grupo con menor(mayor) nivel de minas antipersona. Se puede evidenciar que las estimaciones para la tasa de defunciones no presentan diferencias en relación a los resultados presentados en el Cuadro 4. No obstante, para la tasa de bajo

peso, se puede evidenciar la existencia de un efecto de la minería sobre el grupo de municipios con menores niveles de conflicto armado como se muestra en las Columnas 1, 5 y 7. Adicionalmente este efecto no se evidencia para el grupo con mayores niveles de minas antipersona.

Para la tasa de prematuridad, el Cuadro muestra diferencias de los coeficientes entre las muestras por conflicto únicamente para la medida de minería ilegal. De este modo, la columna 5, muestra un coeficiente positivo y significativo al 10 %, mientras en la columna 6 no se evidencia un efecto significativo. Este patrón es consistente con lo encontrado para la estimación de la forma reducida presentado en las columnas 7 y 8, en las cuales se evidencia un coeficiente positivo y significativo al 10 % para el grupo con menor nivel de conflicto. En resumen, el efecto de la minería sobre la salud está presente en el grupo con menores niveles de conflicto armado, lo que implica que el grupo para el cual el mecanismo de conflicto es menos latente dirige los resultados sobre el efecto de minería sobre salud.

No obstante lo anterior, la evidencia del Cuadro 7 puede sufrir de un problema metodológico. En particular, si se quiere mirar el efecto causal de la variable X sobre Y , con la existencia de una variable Z , correlacionada simultáneamente con X y Y , y se toma el enfoque de estimar el parámetro de interés para grupos similares en Z , se puede incurrir en el error de comparar entre grupos sustancialmente diferentes en características (Agrist y Pischke, 2009). Para este caso en particular, el potencial minero puede estar relacionado con las dinámicas del conflicto armado y con la salud de la población en los municipios, de modo que la comparación entre grupos similares en conflicto armado no tiene en cuenta que la minería previamente afectó esa distribución.

En consecuencia, como solución alterna para identificar si el efecto de la minería sobre la salud está mediado por el conflicto armado, se propone incluir como control la medida de conflicto y comparar el resultado de la variable de interés y del control entre las dos especificaciones con el fin de obtener conocimiento sobre el mecanismo que opera en la relación. Este enfoque fue implementado por Maccini y Yang(2009), quienes incluyen en una regresión variables con estas características con el fin de identificar los posibles mecanismos de las relaciones causales.⁹ En este sentido, se comparan los resultados

⁹Maccini y Yang estudian el efecto de los cambios en el clima, como las lluvias, en áreas rurales sobre el *status* socioeconómico de las mujeres adultas en Indonesia, para evaluar el impacto de choques en edades tempranas sobre el largo plazo. Para encontrar los mecanismos de este efecto, hacen una

entre especificaciones y se observa si la inclusión del control lleva a una reducción del coeficiente de interés y a un incremento sustancial en el R^2 . En caso de ser así, esto sugeriría que ese control representa un mecanismo importante en la relación. El Cuadro 8 presenta los resultados de este enfoque. Las columnas impares presentan la segunda etapa de variables instrumentales sin la inclusión del control de minas antipersona, y en las columnas pares se presenta la especificación con la inclusión de esta variable, para cada variable de minería. De este modo, las columnas 1 y 2 corresponden a la medida de títulos mineros, 2 y 4 a producción minera, 5 y 6 presencia de minería ilegal y finalmente, 7 y 8 la forma reducida de variables instrumentales. La variable Minas antipersona corresponde al número de minas en cada municipio de Colombia, para cada periodo de tiempo en los años 2000-2011. Las estadísticas descriptivas de esta medida se encuentran en el Apéndice.

Los resultados para la tasa de bajo peso y de prematuridad sugieren que si bien existe una relación entre la explosión de minas antipersona y minería, dado por el incremento de magnitud en el coeficiente después de la inclusión del control, el mecanismo de la relación entre minería del oro y salud al nacer no parece ser éste. En otras palabras, para las dos variables, bajo peso y prematuridad, el coeficiente de minas antipersona no es significativo en ninguna de las medidas de minería, y el R^2 no muestra incrementos luego de la inclusión del control. No obstante lo anterior, los resultados deben interpretarse como sugestivos de la relación entre minería del oro y salud debido a los problemas derivados de la inclusión de una variable correlacionada con la variable independiente.

regresión en la cual incluyen progresivamente controles que representan la salud en etapa adulta, y la acumulación de capital. Por ejemplo, las lluvias pueden afectar la salud en edad temprana, lo cual afecta el logro escolar y la salud en la adultez. Estas últimas, a su vez, pueden tener efectos directos sobre el status socioeconómico medido con la posesión de activos. La relación de la salud temprana con las lluvias y simultáneamente con la posesión de activos en la etapa adulta, es similar a la relación del conflicto armado con la minería y con la salud al nacer, para el caso del presente trabajo. Los resultados pueden arrojar evidencia de los mecanismos para las relaciones causales.

Cuadro 7: Por cuartiles de conflicto armado- minas antipersonas

Variabes de minería	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Cuartiles de conflicto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto
Var. Dep. :	Defunción fetal x 100 mil partos							
Prom. Título x precio	-0.190 (0.304)	-0.092 (0.085)						
Prom. Producción x precio			-0.007 (0.010)	-0.001 (0.001)				
Dummy ilegal x precio					-0.528 (0.529)	-0.299 (0.267)		
Potencial x precio							-0.053 (0.052)	-0.033 (0.030)
Var. Dep. :	Menos de 2500 gramos x 100 mil partos							
Prom. Título x precio	4.800* (2.752)	-0.001 (0.474)						
Prom. Producción x precio			0.119 (0.125)	-0.000 (0.003)				
Dummy ilegal x precio					8.916*** (3.287)	-0.003 (1.537)		
Potencial x precio l							0.897*** (0.301)	-0.000 (0.172)
Var. Dep. :	Menos de 27 semanas x 100 mil partos							
Prom. Título x precio	0.520 (0.360)	0.088 (0.105)						
Prom. Producción x precio			0.013 (0.013)	0.001 (0.001)				
Dummy ilegal x precio					0.966* (0.564)	0.285 (0.332)		
Potencial x precio							0.097* (0.057)	0.032 (0.037)
Controles	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Errores Anidados	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EF tiempo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EF municipio	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Observaciones	6,929	5,741	6,929	5,741	6,929	5,741	6,929	5,741
Número de municipios	598	489	598	489	598	489	598	489
F- Estadístico Kleibergen-Paap	6.204	29.45	1.078	10.43	25.44	43.34		

Errores estándar robustos en paréntesis *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. Cada columna presenta los resultados de regresiones por separado. El grupo Bajo (Alto) hace referencia a los municipios con el 50% de menor (mayor) conflicto armado de la distribución.

Cuadro 8: Mecanismo de conflicto armado

Variables de minería	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Var. Dep. :	Defunción fetal x 100 mil partos							
Prom. Título x precio	-0.115 (0.095)	-0.115 (0.095)						
Prom. Producción x precio			-0.001 (0.001)	-0.001 (0.001)				
Dummy ilegal x precio					-0.394 (0.249)	-0.394 (0.248)		
Potencial x precio							-0.042 (0.027)	-0.042 (0.027)
Minas antipersona		-0.024 (0.688)		0.633 (0.961)		0.014 (0.694)		-0.044 (0.690)
R^2	0.022	0.022	0.011	0.011	0.020	0.020	0.021	0.021
Var. Dep. :	Menos de 2500 gramos x 100 mil partos							
Prom. Título x precio	1.411** (0.595)	1.416** (0.595)						
Prom. Producción x precio			0.012** (0.006)	0.012** (0.006)				
Dummy ilegal x precio					3.890*** (1.475)	3.903*** (1.475)		
Potencial x precio							0.419*** (0.154)	0.421*** (0.154)
Minas antipersona		6.211 (5.428)		-0.353 (7.434)		5.775 (5.250)		6.354 (5.416)
R^2	0.126	0.126	0.110	0.110	0.129	0.129	0.132	0.132
Var. Dep. :	Menos de 27 semanas x 100 mil partos							
Prom. Título x precio	0.209* (0.112)	0.210* (0.112)						
Prom. Producción x preci			0.002* (0.001)	0.002* (0.001)				
Dummy ilegal x precio					0.577** (0.289)	0.578** (0.289)		
Potencial x precio							0.062** (0.031)	0.062** (0.031)
Minas antipersona		0.589 (0.718)		-0.383 (1.343)		0.525 (0.739)		0.610 (0.695)
R^2	0.018	0.018	0.011	0.011	0.020	0.020	0.021	0.021
Errores Anidados	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EF tiempo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EF municipio	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Controles municipales	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Control de conflicto armado		✓		✓		✓		✓
Observaciones	12,670	12,670	12,670	12,670	12,670	12,670	12,670	12,670
Número de municipios	1,087	1,087	1,087	1,087	1,087	1,087	1,087	1,087
F- Estadístico Kleibergen-Paap	34.14	34.21	10.69	10.74	69.50	69.56		

Errores estándar robustos *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. Las columnas impares presentan los resultados presentados en el Cuadro 4. Las columnas pares presentan los resultados de las regresiones que incluyen como control la medida de conflicto armado.

6. Conclusiones

Este trabajo ofrece evidencia de la existencia de desigualdades que enfrentan los individuos antes de nacer. Para el caso de Colombia se estudia el efecto de las actividades mineras sobre la salud de los bebés recién nacidos en los municipios por medio de una estrategia de variables instrumentales que permite recuperar un efecto causal. Los resultados indican que las actividades mineras tienen un efecto negativo y significativo sobre el peso al nacer y el tiempo de gestación de los recién nacidos en los municipios de Colombia, y no tienen efecto sobre la mortalidad al nacer. Adicionalmente, existe evidencia que indica que el efecto es significativo en mayor medida para las actividades de minería ilegal. Este resultado es consistente con la caracterización de la minería ilegal como promotora del uso de sustancias químicas tóxicas para el ser humano y del manejo inapropiado de residuos químicos. En este sentido, este trabajo ofrece evidencia de la existencia de los impactos ambientales de la minería del oro en Colombia y de la exposición de la población a los peligros derivados de la actividad. Estos resultados invitan a que la política ambiental debe, en primer lugar, tener conocimiento de las actividades mineras que se llevan a cabo en el territorio sin autorización ambiental, y en segundo lugar, adelantar los procesos de legalización o de cierre de minas de acuerdo a estándares de calidad de los procesos de extracción del mineral.

Apéndice A. Minería ilegal vs Minería legal

La ubicación de las actividades de minería legal e ilegal pueden estar correlacionadas. Por esta razón se puede pensar que el efecto encontrado en el Cuadro 4, en el cual los dos tipos de minería tienen un efecto sobre la salud al nacer para la tasa de prematuridad, puede estar dirigido por la minería ilegal, dado que en sus actividades predomina el uso de sustancias tóxicas y carecen del manejo apropiado de residuos. Para evaluar esta posibilidad, se estima el siguiente modelo en el cual se incluyen las medidas de minería legal e ilegal en la misma especificación. El modelo no se puede estimar con el mismo instrumento considerado en las anteriores estimaciones debido a que se tienen dos variables a instrumentar en lugar de una. Por esta razón, se descompone el instrumento del potencial minero en el promedio del potencial alto, bajo y medio para cada municipio y se estiman dos regresiones para la primera etapa, como se muestra a continuación.

Primera etapa

$$Min. Legal_m \times precio_t = \sum_{\substack{i=alto \\ bajo \\ medio}} \varphi_i(potencial(i)_m \times precio_t) + \gamma X_{mt} + \delta_t + \kappa_m + \vartheta_{mt} \quad (3)$$

$$Min. Ilegal_m \times precio_t = \sum_{\substack{i=alto \\ bajo \\ medio}} \varphi_i(potencial(i)_m \times precio_t) + \gamma X_{mt} + \delta_t + \kappa_m + \vartheta_{mt} \quad (4)$$

Segunda etapa

$$y_{mt} = \beta_1(\widehat{Min. Legal_m \times precio_t}) + \beta_2(\widehat{Min. Ilegal_m \times precio_t}) + \gamma X_{mt} + \delta_t + \kappa_m + \epsilon_{mt} \quad (5)$$

Donde y_{mt} es la medida de salud de los recién nacidos en el municipio m en el año t dada por las variables de defunción fetal, peso al nacer y semanas de gestación. Las variables $(\widehat{Min. Legal_m \times precio_t})$ y $(\widehat{Min. Ilegal_m \times precio_t})$ son las medidas de minería legal e ilegal estimadas de la primera etapa. El vector X corresponde a características de las madres a nivel de municipio como seguridad social, educación, edad, entre otros. Las estimaciones incluyen efectos fijos de tiempo δ_t , efectos fijos de municipio κ_m , y finalmente ϑ_{mt} y ϵ_{mt} son el término de error con media cero para cada una de las estimaciones. Adicionalmente, los errores estándar están anidados a nivel de municipio.

El cuadro A1 muestra la segunda etapa de la estimación de variables instrumentales. La columna 1 muestra la estimación con el promedio de títulos mineros como medida de minería legal, y la columna 2 con el promedio de producción de oro. Para la variable de defunción fetal, los resultados son consistentes con los encontrados en el Cuadro 4. Sin embargo, para las variables de bajo peso y prematuridad existen cambios significativos. Por ejemplo, para la medida de prematuridad, no se evidencia un efecto de la minería sobre la salud, y para la medida de bajo peso, existe un efecto positivo y significativo de la minería ilegal sobre la tasa de bajo peso, únicamente para la especificación con producción minera. Estos resultados sugieren que la minería ilegal tiene mayor importancia en relación a la minería legal, al explicar el efecto de la minería sobre la salud al nacer en los municipios de Colombia. Sin embargo, este resultado no es concluyente

debido a que el instrumento pierde poder para explicar dos medidas de minería en la misma especificación, tal como lo demuestra el F-estadístico para el cual no se rechaza la hipótesis de instrumentos débiles.

Cuadro A1: Minería legal e ilegal

Variables de minería	(1)	(2)
Var. Dep. :	Defunción fetal x 100 mil partos	
Prom. Título x precio	0.499 (0.932)	
Prom. Producción x precio		-0.000 (0.001)
Dummy ilegal x precio	-1.755 (2.551)	-0.355 (0.524)
Var. Dep. :	Menos de 2500 gramos x 100 mil partos	
Prom. Título x precio	4.187 (6.240)	
Prom. Producción x precio		-0.007 (0.006)
Dummy ilegal x precio	-8.093 (16.85)	6.381** (2.959)
Var. Dep. :	Menos de 27 semanas x 100 mil partos	
Prom. Título x precio	-0.478 (0.955)	
Prom. Producción x precio		-0.000 (0.001)
Dummy ilegal x precio	1.910 (2.653)	0.711 (0.575)
Controles	✓	✓
Errores Anidados	✓	✓
EF tiempo	✓	✓
EF municipio	✓	✓
Observaciones	12,670	12,670
Número de municipios	1,087	1,087
F- Estadístico Kleibergen-Paap	0.252	3.108

Errores estándar robustos en paréntesis *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Apéndice B. Tablas adicionales

Cuadro B2: Estadísticas descriptivas- Controles para Defunciones Fetales

Variable	Obs.	Media	Desv. Est.	Min	Max
<i>Nacimiento</i>					
Sexo (hombre)	12670	0.49	0.07	0.00	1.00
Edad madre: menos de 19 años	12670	0.27	0.08	0.02	0.71
Edad madre: entre 20 y 24 años	12670	0.30	0.06	0.04	0.77
Edad madre: entre 25 y 29 años	12670	0.20	0.06	0.02	0.63
Edad madre: entre 30 y 39	12670	0.20	0.06	0.02	0.55
Estado civil: casada o unión libre	12670	0.84	0.09	0.17	1
Educación primaria	12670	0.59	0.16	0.00	1
Seguridad social subsidiado	12670	0.68	0.23	0	1.
Seguridad social particular	12670	0.22	0.21	0	1
Parto simple	12670	0.98	0.03	0.57	1
Atendió médico	12670	0.95	0.11	0.06	1
Parto en institución médica	12670	0.94	0.10	0.09	1
Consulta prenatal (por lo menos 4)	12670	0.71	0.17	0	1

Cuadro B3: Test de diferencia de medias por grupos de actividad minera

Nivel de actividad minera	Bajo	Alto	Diferencia
Var. Dep. :	Defunción fetal x 100 mil partos		
Prom. Producción	161.16 (8.03)	228.13 (13.31)	-66.97*** (16.49)
Prom. Título	175.33 (7.62)	181.94 (13.11)	-6.61 (21.40)
Dummy ilegal	170.86 (7.21)	239.45 (23.34)	-68.59*** (25.94)
Potencial	159.54 (7.64)	237.19 (15.82)	-77.65*** (16.83)
Var. Dep. :	Menos de 27 semanas x 100 mil partos		
Prom. Producción	7582.66 (54.16)	7912.58 (97.38)	-329.92 *** (113.05)
Prom. Título	7679.76 (51.94)	7463.12 (101.85)	216.65 (146.94)
Dummy ilegal	7621.10 (48.23)	8054.00 (210.58)	-432.90** (178.13)
Potencial	7570.77 (53.54)	7961.96 (101.49)	-391.19*** (115.59)
Var. Dep. :	Menos de 27 semanas x 100 mil partos		
Prom. Producción	285.25 (10.49)	318.59 (16.83)	-33.34 (21.41)
Prom. Título	294.39 (9.78)	278.29 (20.51)	16.10 (27.77)
Dummy ilegal	291.57 (9.36)	303.57 (30.43)	-12.00 (33.68)
Potencial	291.85 (10.39)	294.84 (17.18)	-2.99 (21.86)

Errores estándar en paréntesis *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. Nota 1. La clasificación de municipio con nivel alto y bajo de actividad minera se realiza de acuerdo con la distribución de cada una de las variables: Producción, títulos, Minería ilegal y potencial minero. Nivel alto corresponde al cuartil 4 de la distribución y nivel bajo, al cuartil 1.

Cuadro B4: Estadísticas descriptivas- Partos Urbanos

Variable	Obs.	Media	Desv. Est.	Min	Max
<i>Variables dependientes</i>					
Defunción fetal x 100 mil partos	12237	137.69	610.45	0	16666.67
Menos de 27 semanas x 100 mil partos	12237	335.29	980.98	0	33333.33
Menos de 2500 Gr. x 100 mil partos	12237	7271.05	4669.02	0	62500
<i>Controles de nacimiento</i>					
Sexo (hombre)	12237	0.49	0.08	0	1
Edad madre: menos de 19 años	12237	0.25	0.08	0.02	0.64
Edad madre: entre 20 y 24 años	12237	0.30	0.07	0.04	0.67
Edad madre: entre 25 y 29 años	12237	0.22	0.06	0.03	0.67
Edad madre: entre 30 y 39	12237	0.22	0.07	0.03	0.67
Estado civil: casada o unión libre	12237	0.82	0.10	0.13	1
Educación primaria	12237	0.33	0.14	0	1
Seguridad social subsidiado	12237	0.57	0.21	0	1
Seguridad social particular	12237	0.19	0.17	0	0.94
Parto simple	12237	0.98	0.03	0.50	1
Atendió médico	12237	0.98	0.06	0	1
Parto en institución médica	12237	0.98	0.04	0	1
Consulta prenatal (por lo menos 4)	12237	0.81	0.12	0	1
<i>Municipales</i>					
Otro tipo de minería	12237	0.62	0.49	0.00	1.00
Lluvias	12237	180.77	116.81	0.40	1240.71
Pobreza x precio	12237	339.13	187.50	46.07	913.80
Población (Logaritmo)	12237	8.66	1.42	4.60	15.82

Cuadro B5: Estadísticas descriptivas- Minas antipersona

Variable	Obs.	Media	Desv. Est.	Min	Max
Eventos minas	13471	1.52446	7.032039	0	233

Referencias

- Almond, D. 2006. "Is the 1918 Influenza Pandemic Over? Long-Term Effects of In Utero Influenza Exposure in the Post-1940 U.S. Population". *Journal of Political Economy*, **114**(4), 672–712.
- Almond, D., Edlund L. & Palme M. 2008. "Chernobyl's subclinical legacy: Prenatal exposure to radioactive fallout and school outcomes in Sweden". *NBER Working Paper 13347*.
- Amin-Zaki, L. & Elhassani, S. & Majeed M.A. & Clarkson T.W. & Doherty R.A. & Greenwood M. 1974. Intra-uterine methylmercury poisoning in Iraq. *Pediatrics*, **54**, 587–595.
- Bose-O Reilly, S & Lettmeier, B & Gothe R. & Beinhoff C. & Siebert U. & Drasch G. 2008. Mercury as a serious health hazard for children in gold mining areas. *Environmental Research*, **107**(1), 89–97.
- Boyd, AS1 & Seger, D. & Vannucci S. & Langley M. & Abraham J. & King L. Jr. 2000. Mercury exposure and cutaneous disease. *Journal of the American Academy of Dermatology*, **43**, 81–90.
- Brantsaeter, A. & Birgisdottir, B. & Meltzer H. & Kvalem H. & Alexander J. & Magnus P. & Haugen M. 2012. Maternal seafood consumption and infant birth weight, length and head circumference in the Norwegian Mother and Child Cohort Study. *British Journal of Nutrition*, **107**, 436–444.
- Bridges, C. & Zalups, R. 2010. Transport of inorganic mercury and methylmercury in target tissues and organs. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, **13**, 385–410.
- Bullard, R.D. 1998. "Dismantling Environmental Racism in the USA". *Local Environment*, **4**(1), 5–15.
- Camacho, A. 2008. "Stress and Birth Weight: Evidence from Terrorist Attacks". *American Economic Review*, **98**(2), 511–15.
- Caprino, L & Togna, A. & Cebo B. & Dolci N. & Togna G. 1983. In vitro effects of mercury on platelet aggregation, thromboxane and vascular prostacyclin production. *Archives of Toxicology*, **6**, 48–51.
- Castilhos, Z. & Bidone, E. 2000. Hg Biomagnification in the Ichthyofauna of the Tapajós River Region, Amazonia, Brazil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **64**, 693–700.
- Cavalleri, A. & Gobba, F. 1998. Reversible color vision loss in occupational exposure to metallic mercury. *Environmental Research*, **77**(2), 173–177.

- Chay, K. & Greenstone, M. 2003a. “Air Quality, Infant Mortality, and the Clean Air Act of 1970”. *National Bureau of Economic Research Working Paper 10053*.
- Chay, K. & Greenstone, M. 2003b. “The Impact of Air Pollution on Infant Mortality: Evidence from Geographic Variation in Pollution Shocks Induced by a Recession”. *Quarterly Journal of Economics*, **118**(3), 1121–67.
- Chu, C. & Huang, C. & Ryu S.J. & Wu T.N. 1998. Chronic inorganic mercury induced peripheral neuropathy. *Acta Neurologica Scandinavica*, **98**(6), 461–465.
- Cordy, P. & Veiga, M. & Salih I & Al-Saadi S. & Console S. & Garcia O. & Mesa L.A & Velásquez-López P. & Roeser M. 2011. Mercury contamination from artisanal gold mining in Antioquia, Colombia: The world’s highest per capita mercury pollution. *Science of the Total Environment*, 154–160.
- Counter, S. & Buchanan, L. 2004. Mercury exposure in children: a review. *Toxicology and Applied Pharmacology*, **198**(2), 209–230.
- Currie, J., & Schmieder, J.F. 2009. “Fetal Exposures to Toxic Releases and Infant Health”. *American Economic Review*, **99**(2), 177–83.
- Currie, Janet. 2011a. “Inequality at Birth: Some Causes and Consequences”. *American Economic Review*, **101**(3), 1–22.
- Currie, J & Davis, L. & Greenstone M. & Walker R. 2011b. “Toxic Releases and Health at Birth: Evidence from Plant Closures”. *No publicado*.
- Davidson, P. & Myers, G. & Weiss B. 2004. Mercury exposure and child development outcomes. *Pediatrics*, **113**(4), 1023–9.
- Dovydaitis, T. 2008. Fish consumption during pregnancy: an overview of the risks and benefits. *Journal of Midwifery & Women’s Health*, **53**, 325–30.
- Drouillet-Pinard, P. & Huel, G & Slama R & Forhan-A & Sahuquillo J & Goua V & Thiébauges O & Foliguet B & Magnin G & Kaminski M & Cordier S & Charles M. 2010. Prenatal mercury contamination: relationship with maternal seafood consumption during pregnancy and fetal growth in the ‘EDEN mother-child’ cohort. *British Journal of Nutrition*, **104**, 1096–100.
- Garel, M. & Cordier, S & Mandereau L & Gosme-Seguret-S & Morcel H & Doineau P. 2002. Neurodevelopmental investigations among methylmercury-exposed children in French Guiana. *Environmental Research*, **89**, 1–11.
- Giraldo, J. & Muñoz, J.C. 2012. *Informalidad e ilegalidad de la explotación del oro y la madera en Antioquia*. Fundación Proantioquia.
- Hornberger, W & Patscheke, H. 1989. Hydrogen peroxide and methyl mercury are primary stimuli of eicosanoid release in human platelets. *Journal of clinical chemistry and clinical biochemistry*, **27**, 567–575.

- Idrobo, N. & Mejía, D. & Tribin A.M. 2014. “Illegal Gold Mining and Violence in Colombia”. *Peace Economics, Peace Science, and Public Policy*, **20**(1), 83–111.
- Kelly, E. 2011. “The Scourge of Asian Flu: In utero Exposure to Pandemic Influenza and the Development of a Cohort of British Children”. *Journal of Human Resources*, **46**(4), 669–694.
- Marrugo-Negrete, J & Benitez, L.N & Olivero-Verbel J. 2008. Distribution of mercury in several environmental compartments in an aquatic ecosystem impacted by gold mining in Northern Colombia. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **55**(2), 305–16.
- Noonan, K. & Reichman, N.E. & Corman H. & Dave-D. 2007. “Prenatal drug use and the production of infant health”. *Health Economics*, **16**(4), 361–384.
- Olivero, J. & Johnson, B. & Arguello E. 2002a. Human exposure to mercury in San Jorge river basin, Colombia South America. *The Science of the Total Environment*, **289**, 41–47.
- Olivero, J. & Johnson, B. 2002b. El lado gris de la minería del oro: La contaminación con mercurio en el norte de Colombia. *Universidad de Cartagena*.
- Olivero, J. & Solano, B. 1998. Mercury in environmental samples from a waterbody contaminated by gold mining in Colombia, South America. *The Science of the Total Environment*, **217**, 83–89.
- Roberts, J. & Balk, J. & Bodnar L. & Belizan-J. & Bergel E. & Martinez A. 2003. Nutrient involvement in preeclampsia 92S. *Journal of Nutrition*, **133**(5), 1684S–1692S.
- Romero, M. & Saavedra, S. 2014. “The effect of gold mining activities on the health of newborns”. *No publicado*.
- Sanfeliu, C & Sebastia J & Cristofol R & Rodriguez-Farre E. 2003. Neurotoxicity of organomercurial compounds. *Neurotoxicology*, **5**, 283–305.
- Solis, M. & Yuen, E. & Cortez P.S & Goebel-P.J. 2000. Family poisoned by mercury vapor inhalation. *American Journal of Emergency Medicine*, **18**(5), 599–602.
- Sullivan, K. 1999. Neurodevelopmental Aspects of Methylmercury Exposure: Neuropsychological Consequences and Cultural Issues. *PhD thesis in Behavioral Neuroscience, Boston University School of Medicine*.
- Tirado, V. & García, M. & Moreno J. & Galeano-L. & Lopera F. & Franco A. 2000. Pneuropsychological disorders after occupational exposure to mercury vapors in El Bagre (Antioquia, Colombia). *Revista de Neurología*, **31**(8), 712–716.
- Von der Goltz, Jan & Barnwal, Prabhat. 2014. “Mines: The Local Welfare Effects of Mineral Mining in Developing Countries”. *Department of Economics Discussion Papers*.

- Wang, X. & Ding, H. & Ryan L. & Xu-X. 1997. "Association Between Air Pollution and Low Birth Weight: A Community-based Study". *Environmental Health Perspectives*, **105**(5), 514–520.
- Wood, J. & Kennedy, F. & Rosen C. 1968. Synthesis of methyl-mercury compounds by extracts of a methanogenic bacterium. *Nature*, **220**, 173–174.
- Xue, F & Holzman, C & Rahbar MH & Trosko-K & Fischer L. 2007. Maternal fish consumption, mercury levels, and risk of preterm delivery. *Environmental Health Perspectives*, **115**(1), 42–47.
- Yoshida, M. 2002. Placental to fetal transfer of mercury and fetotoxicity. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, **196**, 79–88.