



Semestre Económico  
ISSN: 0120-6346  
ISSN: 2248-4345  
Universidad de Medellín

Lema-López, Camilo; Goda, Thomas  
LA MINERÍA DE ORO Y LAS TASAS DE HOMICIDIOS EN COLOMBIA, 2004-2015\*  
Semestre Económico, vol. 20, núm. 43, 2017, Abril-Junio, pp. 61-79  
Universidad de Medellín

DOI: <https://doi.org/10.22395/seec.v20n43a3>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=165057024004>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UDEM  redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc  
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso  
abierto

# LA MINERÍA DE ORO Y LAS TASAS DE HOMICIDIOS EN COLOMBIA, 2004-2015\*

Recibido: 15 de diciembre de 2016 • Aprobado: 10 de mayo de 2017

DOI: 10.22395/seec.v20n43a3

Camilo Lema López\*\*

Thomas Goda\*\*\*

## RESUMEN

Este artículo estudia la relación causal entre la minería de oro y las tasas de homicidios en los municipios productores de oro en Colombia para el período 2004-2015. Para lograr este objetivo se usa un modelo econométrico de datos de panel con efectos fijos, estimado por mínimos cuadrados ordinarios. Los resultados obtenidos sugieren que en el período de auge del precio del oro (2004-2010), el incremento de la producción de oro generó un aumento en las tasas de homicidios en los municipios auríferos de Colombia, mientras que la caída del precio del oro (2011-2015) ocasionó una disminución de las muertes violentas.

## PALABRAS CLAVE

Minería; minería ilegal; minería y violencia regional; homicidios; violencia; Colombia.

## CLASIFICACIÓN JEL

L72; K42; Q33; R11

## CONTENIDO

Introducción; 1. El vínculo entre la minería de oro y los homicidios en Colombia; 2. Metodología; 3. Resultados; 4. Conclusiones; Bibliografía.

---

\* Este artículo de investigación está basado en el trabajo de grado de Camilo Lema para optar al título de Economista de la Escuela de Economía y Finanzas de la Universidad EAFIT, asesorado por Thomas Goda; y hace parte del grupo de investigación Estudios en Economía y Empresa de la Universidad EAFIT (clasificado en A1 por Colciencias, 2015). El trabajo se desarrolló en el periodo de agosto-diciembre del 2016.

\*\* Economista, Universidad EAFIT, Medellín, Colombia. Practicante, HBI Banca de Inversión, Bogotá, Colombia. Dirección: Carrera 11 # 82-01, Centro Empresarial Andino, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: [camilo.lema@hbi.com.co](mailto:camilo.lema@hbi.com.co)

\*\*\* Negociador Internacional, HTWK Leipzig, Leipzig, Alemania. Magíster en Economía Internacional y del Desarrollo, HTW Berlin, Berlín, Alemania. PhD en Economía, London Metropolitan University, Londres, Reino Unido. Profesor asistente, Escuela de Economía y Finanzas, Universidad EAFIT, Medellín, Colombia. Dirección: Carrera 49 # 7 Sur - 50, oficina 26-214. Correo electrónico: [tgoda@eafit.edu.co](mailto:tgoda@eafit.edu.co)

## **GOLD MINING AND HOMICIDE RATE IN COLOMBIA 2004-2015**

### **ABSTRACT**

This paper studies the casual relation between gold mining and the homicide rates in gold producing municipalities in Colombia for the 2004-2015 period. To achieve this goal, a panel data econometric model with fixed effects is used, estimated by ordinary least squares. Obtained results suggest that during the booming period of gold price (2004-2010), the increase in gold production generated an increase in homicide rates in auriferous municipalities of Colombia. While the gold price crash (2011-2015) led to a reduction in violent deaths.

### **KEY WORDS**

Mining; illegal mining; mining and regional violence; homicides; violence; Colombia.

### **CLASIFICACIÓN JEL**

L72; K42; Q33; R11

### **CONTENT**

Introduction; 1. Link between gold mining and homicides in Colombia; 2. Methodology; 3. Results; 4. Conclusions; Bibliography.

## **A MINERAÇÃO DO OURO E AS TAXAS DE HOMICÍDIOS NA COLÔMBIA 2004-2015**

### **RESUMO**

Este artigo estuda a relação causal entre a mineração do ouro e as taxas de homicídios nos municípios produtores de ouro na Colômbia para o período 2004-2015. Para conseguir este objetivo se usa um modelo econométrico de dados de painel com efeitos fixos, estimado por mínimos quadrados ordinários. Os resultados obtidos sugerem que no período do auge do preço do ouro (2004-2010), o incremento da produção do ouro gerou um aumento nas taxas de homicídios nos municípios auríferos da Colômbia. Enquanto que a queda do preço do ouro (2011-2015) ocasionou a uma diminuição das mortes violentas.

### **PALAVRAS CHAVE**

Mineração; mineração ilegal; mineração e violência regional; homicídios; violência; Colômbia.

### **CLASSIFICAÇÃO JEL**

L72; K42; Q33; R11

### **CONTEÚDO**

Introdução; 1. O vínculo entre a mineração do ouro e os homicídios na Colômbia; 2. Metodologia; 3. Resultados; 4. Conclusões; Bibliografia.

## INTRODUCCIÓN

La violencia, entendida como homicidios, masacres, conflictos armados o guerras civiles, es uno de los fenómenos sociales que afecta actualmente la sociedad colombiana, no solo porque atenta directamente contra la calidad de vida de algunos ciudadanos sino también porque según Rubio (1995), Londoño y Guerrero (1999), Sjogren y Skogh (2004) y Powell, Manish y Malavika (2010) puede acarrear consecuencias negativas para el desarrollo económico y social, especialmente en países que tienen instituciones débiles.

Ferry (1989), Bates, Greif y Singh (2002), y Dube y Vargas (2013) argumentan que la abundancia de recursos naturales es una causa potencial del incremento de niveles de violencia sobre todo en áreas deprimidas. Esto, debido a que el incentivo económico de su extracción conlleva la competencia por el control de dichos territorios. Cuando un Estado cuenta con instituciones débiles y poco control sobre sus territorios, esta disputa puede traer como consecuencia conductas violentas, en particular, si, además, se presenta un auge en los precios de los recursos por los que se compete.

Idrobo, Mejía y Tribin (2014) realizaron un estudio en el cual indagaron sobre la existencia de un vínculo causal entre la minería de oro y la violencia (medida por la tasa de homicidios, masacres y desplazamiento forzoso) en Colombia durante el período 2004-2010. En efecto, los autores encontraron que el incremento en la explotación ilegal de oro<sup>1</sup> ocasionó un aumento significativo de las tasas de homicidios y masacres en los municipios con presencia de este mineral.

Sin embargo, dicho estudio tiene ciertas limitaciones: (i) su proxy para la minería ilegal es una variable dummy que solo captura la presencia de minería ilegal de oro en un único año; (ii) omite variables de control importantes como hectáreas de cultivos de coca y confrontaciones entre la fuerza pública y grupos al margen de la ley<sup>2</sup>; y (iii) su período de estudio coincide únicamente con un aumento sostenido del precio internacional del oro. Por ende, el objetivo principal de este trabajo es verificar si al corregir las limitaciones (i) y (ii) los resultados de Idrobo, Mejía y Tribin (2014) son robustos, y si la caída del precio del oro entre 2011-2015 tiene algún efecto positivo sobre las tasas de homicidios (es decir, una disminución de las tasas de homicidios).

<sup>1</sup> Es importante mencionar que cuando se habla en este documento de minería ilegal se refiere especialmente a la minería en que participan grupos al margen de la ley. En Colombia también se realiza la explotación minera sin título de manera artesanal (por razones de subsistencia), y esta forma de minería en sí no debería afectar las tasas de homicidios. Sin embargo, según la DPC (2010, p. 28) "*en muchos casos, estos mineros locales, bien sea que exploten minas con registro minero o sin él, son extorsionados por los grupos al margen de la ley que operan en la zona*".

<sup>2</sup> Los tres grupos más importantes al margen de la ley en Colombia son la guerrilla, los paramilitares y las bandas emergentes.

En otras palabras, el presente artículo busca responder la pregunta: ¿existe una relación causal entre la minería de oro y las tasas de homicidio municipal durante el período 2004-2015? Para lograr este objetivo se estima un modelo econométrico de efectos fijos por el método de mínimos cuadrados en dos etapas.

Los resultados obtenidos sugieren que el aumento de la producción legal e ilegal de oro en Colombia ha generado un aumento en las tasas de homicidios en los municipios auríferos entre 2004-2010. A su vez, en el período más reciente de 2011-2015 la caída del precio internacional del oro ha provocado una disminución en las tasas de homicidios. Además, como es de esperar, las confrontaciones entre la fuerza pública y grupos al margen de la ley son importantes y deben tenerse en cuenta para explicar las tasas de homicidios municipales en Colombia. El número de hectáreas de cultivos de coca, al contrario, tiene una incidencia mucho más baja que las otras variables mencionadas.

Este trabajo se divide en cinco secciones incluyendo esta introducción, en la primera se discute el vínculo entre la minería de oro y la tasa de homicidios y se presenta una breve revisión de algunos estudios empíricos; en la segunda se expone la metodología utilizada; en la tercera se analizan los principales resultados y en la cuarta se presentan las conclusiones.

## **1. EL VÍNCULO ENTRE LA MINERÍA DE ORO Y LOS HOMICIDIOS EN COLOMBIA**

La relación entre minería de oro y homicidios se da principalmente por el incentivo económico que generan los altos precios del mineral junto a la escasez de áreas que lo contienen, lo cual claramente desencadena disputas violentas por el control de estos territorios, según Idrobo, Mejía y Tribin (2014). Por otra parte, Collier y Hoeffler (2005) afirman que los países que cuentan con recursos minerales tienden a tener instituciones débiles, ya que se rigen bajo sistemas de patronato y no suelen desarrollar democracias bien establecidas. Duncan (2004), y Giraldo y Muñoz (2012) argumentan que dicha debilidad institucional incentiva la violencia sobre todo cuando por un frágil control estatal pueden surgir actores privados que usan la violencia para regir los derechos de propiedad y extraer rentas.

La gráfica 1 muestra que el mercado mundial de oro se ha caracterizado por un auge en los precios entre 2005 y julio 2011 (hasta alcanzar un precio de US\$ 1 834 por onza), y por un subsiguiente desplome de precios en el período posterior (hasta caer a un precio de US\$ 1 062 en diciembre 2015). Como consecuencia del auge en el primer período, la producción de oro en Colombia se cuadruplicó entre 2007 y 2012, pues pasó de 15,4 a 63,9 toneladas según el Sistema de Información Minero Colombiano (SIMCO). Al mismo tiempo, la suma de homicidios en los

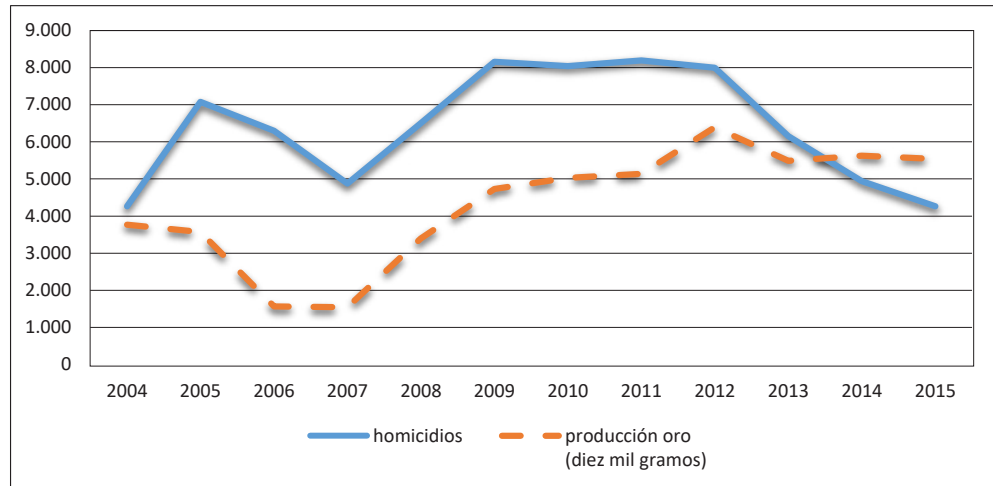
municipios colombianos que producen oro aumentó de 4 872 a 8 000 (véase gráfica 2). Estos hallazgos sugieren la existencia de un vínculo entre el precio y la producción de oro, y el número de homicidios en los municipios productores de oro en Colombia.

Gráfica 1. Cambios en el precio de oro 2004-2015 (USD / Onza)



Fuente: tomado de BullionVault [Gold Price Chart](#)

Gráfica 2. La producción de oro y el número de homicidios en municipios auríferos



Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta la estructura productiva en Colombia, Giraldo y Muñoz (2012, pp. 171-172) afirman que:

Aunque existe una creciente inversión de mediana y gran escala de minería legal, la estructura productiva se caracteriza por la alta presencia de explotaciones tradicionales en que la informalidad es un factor común [y] cómo consecuencia de las condiciones del mercado de dicho metal y de la nueva etapa del conflicto se ha generado una dinámica que modificó la tradicional cadena de valor, con la aparición de un nuevo actor: los mineros emergentes. Estos han aumentado la explotación salvaje del oro en yacimientos aluviales usando medios mecanizados, con lo que han incrementado los efectos ambientales e intensificados la participación de la criminalidad.

Según estos autores, el aumento de la participación de grupos criminales en la minería de oro, en parte, se explica por pocos controles en la etapa primaria de la producción, y aún menos controles en las restantes etapas de la cadena de valor. Esta afirmación es respaldada por el estudio de la DPC (2010) que muestra que tan solo el 13% de las unidades de producción de oro censadas posee título minero, lo cual indica que el 87% restante está en la ilegalidad. Este último estudio, además, indica que gran parte de los ingresos generados por la minería ilegal van dirigidos al lavado de dinero proveniente del narcotráfico y a la financiación de acciones realizadas por los grupos al margen de la ley.

Según Skaperdas y Syropoulos (1995), Chimeli y Soares (2011), Owens (2011), y Kronick (2016) la condición de ilegalidad de la minería de oro sería la principal responsable de la generación de violencia. Los participantes de mercados ilícitos no pueden garantizar derechos de propiedad, no pueden hacer cumplir contratos ni tampoco pueden denunciar comportamientos monopolísticos de la competencia frente a la justicia, por lo que recurren a la violencia como alternativa para así ganar participación en el mercado. En el caso específico de Colombia, la DPC (2010) destaca la importancia de tener en cuenta que los grupos al margen de la ley extorsionan a los mineros tradicionales a través del uso de la violencia.

Entre los primeros autores en estudiar la relación empírica entre la explotación de recursos naturales y la violencia se encuentran Collier y Hoeffler (1998). En un artículo que tuvo como propósito encontrar las causas económicas de las guerras civiles, los autores tomaron una muestra de 98 países dentro de los cuales 27 contaban con guerras civiles y, mediante modelos *probit* y *tobit*, encontraron que la cantidad de recursos naturales es importante a la hora de determinar la probabilidad y la duración de las guerras civiles.

Por otro lado, Lujala (2010) trata de responder la pregunta de por qué las guerras civiles son más comunes en países dependientes de recursos

naturales que en otros. Según sus resultados, si un conflicto está ubicado en una zona de reserva de oro y gas natural, la duración de este conflicto será el doble del promedio. Además, Bannon y Collier (2003) encuentran que explotar minerales como el oro está estrechamente relacionado con la probabilidad de presentar guerras civiles.

De manera similar Berman *et al.* (2015) estudian el efecto que tiene la minería (incluyen 27 minerales) sobre la violencia en África para el período 1997-2010, y concluyen que existe un impacto significativo de la actividad minera en la probabilidad e intensidad de un evento violento en el ámbito local. Además, encuentran que la subida en los precios de los minerales para el período de estudio explica aproximadamente el 21% de la violencia –por país– en África.

También existen dos estudios empíricos importantes acerca de este tema para Colombia de Dube y Vargas (2013) e Idrobo, Mejía y Tribin (2014). Los primeros analizan los efectos de variaciones exógenas en los precios del café y el petróleo sobre el conflicto armado en Colombia y encuentran que cuando el recurso es intensivo en trabajo (café) una caída en su precio aumenta la violencia. Dicho aumento se debe principalmente a la caída del ingreso de los trabajadores, hecho que, a su vez, genera incertidumbre y, por consiguiente, incentivos de volverse miembro de grupos armados. Por otro lado, cuando el recurso es intensivo en capital (petróleo), un aumento de precio incrementa la violencia debido a que actores al margen de la ley quieren apropiarse del recurso.

El estudio de Idrobo, Mejía y Tribin (2014) encuentra una relación causal y positiva entre los aumentos en los precios internacionales del oro y su producción ilegal, y los homicidios y masacres en los municipios de Colombia durante el período 2004-2010. Como se mencionó anteriormente, los mineros emergentes usan más y más medios mecanizados, por lo que se puede decir que el resultado de Idrobo, Mejía y Tribin (2014) está en línea con la conclusión de Dube y Vargas (2013) en cuanto a que un aumento en el precio de un recurso natural relativamente intensivo en capital genera violencia.

Sin embargo, el estudio de Idrobo, Mejía y Tribin (2014) tiene tres limitaciones importantes. Primero, usan una variable dummy como proxy para minería ilegal de oro que captura la presencia de esta actividad en un municipio en la mitad de la primera década del siglo XXI (según el censo minero de esta época). En otras palabras, en su estudio se usa una variable



que solo contiene información de la actividad ilegal para un único momento en el tiempo. Segundo, el estudio de estos autores no tiene en cuenta dos importantes variables de control que tal vez explican en gran medida, los cambios en las tasas de homicidios; para ser más específicos: las hectáreas de cultivos de coca y las acciones bélicas por parte de las fuerzas armadas o grupos al margen de la ley. Claramente, estas dos variables no necesariamente están relacionadas con la minería de oro, pero se esperaría que un aumento de estas aumente también las tasas de homicidios. Tercero, el período del estudio en cuestión solo tiene en cuenta el auge de precios (véase gráfica 1). Por ende, su artículo tiene tendencia al sesgo y no deja claro si la situación cambió cuando el auge en los precios de oro terminó.

## 2. METODOLOGÍA

Para lograr verificar la robustez de los resultados de Idrobo, Mejía y Tribin (2014), utilizaremos otro proxy de producción de la minería de oro, e introduciremos dos variables de control que ellos no tienen en cuenta: hectáreas de cultivos de coca, y acciones y contactos de las fuerzas armadas y grupos al margen de ley. La inclusión de estas dos variables es importante debido a que los cultivos de coca y la minería ilegal del oro son vistos como sustitutos entre sí o como bienes complementarios<sup>3</sup>, y debido a que las acciones de los grupos al margen de la ley que no están relacionadas con la minería también afectan las tasas de homicidios.

Sin embargo, la mayor novedad de este estudio es que trata de verificar si la caída del precio del oro a partir del año 2011 (véase gráfica 1) ha tenido un impacto positivo en la tasa de homicidios por municipio en Colombia, es decir, si la tasa de homicidios ha bajado gracias a la disminución del precio. Por ende, se hicieron tres estimaciones: una para el período 2004-2013; una para el sub-período 2004-2010 (aumento de precio), y una para el sub-período 2011-2015 (caída de precio). Para las estimaciones se usa un modelo de panel de datos que combina una dimensión temporal con otra transversal para la totalidad de los municipios de la muestra. Esto implica que el efecto de la producción de oro en el número de homicidios representa un promedio para los municipios productores.

La especificación general del modelo es la siguiente:

$$hom_{mt} = c + \beta_1 prod_{mt} + \beta_2 precio_t + \beta_3 coca_{mt} + \beta_4 acc_{mt} + \beta_5 fis_{mt} + \eta_m + \varepsilon_{mt} \quad [1]$$

<sup>3</sup> En las palabras del presidente de la Asociación de Mineros del Bajo Cauca, citado por Bargent (2015, p. 1): "Mucha gente dejó el negocio de la coca y la cocaína y se involucró en la minería. Y ahora es al revés, el oro ha disminuido y mucha gente dice que preferiría volver a donde estaba, que la coca es lo único rentable".

Donde  $m$  se refiere al municipio y  $t$  al año,  $hom$  representa la tasa de homicidios,  $prod$  es la producción colombiana de oro (en toneladas),  $precio$  es el precio internacional del oro,  $coca$  son hectáreas de cultivos de coca,  $acc$  es un *dummy* que captura la presencia de una acción o contacto por parte de las fuerzas públicas y grupos al margen de ley,  $fis$  hace referencia al índice de desempeño fiscal,  $\eta$  representa efectos fijos en el ámbito municipal, y  $\varepsilon$  los errores. La variable  $fis$  es una proxy de la calidad institucional y, en línea con la literatura mencionada anteriormente, es de esperar que el signo de esta variable sea negativo (mejor calidad institucional menos homicidios).

Para la ecuación especificada en [1] se usa un modelo de datos de panel, estimado por medio de mínimos cuadrados ordinarios con efectos fijos, lo que implica que los coeficientes de las estimaciones representan un promedio, corregido por los factores idiosincráticos de cada municipio. Teniendo en cuenta que el número de municipios es "grande" y las observaciones temporales "pequeñas", estimaciones al nivel municipal no son viables estadísticamente hablando. La metodología usada permite diferenciar entre municipios, ya que en un municipio no minero la producción reportada es cero, lo que implica que el impacto de la producción de oro sobre los homicidios en ese municipio es igual a cero ( $\beta_1 * 0 = 0$ ). Es decir, aunque se usa la totalidad de los municipios (con información disponible), la metodología diferencia, por defecto, entre municipios mineros y no mineros.

Se utiliza la producción total de oro que incluye el oro extraído con y sin título legal, para poder tener en cuenta cambios en la producción en el tiempo<sup>4</sup>. Los datos se encuentran disponibles en la base de datos de SIMCO. Como se discutió anteriormente, se estima que por lo menos 80% de la producción total que publica el SIMCO corresponde a actividades sin título minero<sup>5</sup>. Por ende, esta variable se puede ver como una proxy de los cambios en la producción ilegal. Las tasas de homicidios municipales se obtienen de la revista Forensis que publica anualmente el Instituto Nacional de Medicina

<sup>4</sup> Como se ha mencionado anteriormente, Idrobo, Mejía y Tribin (2014) usan datos del Censo de Minería ilegal realizado en la segunda mitad del 2000 y, por ende, solo tienen información de un solo momento en el tiempo.

<sup>5</sup> La producción que reportan está directamente asociada con el pago de regalías y este pago de regalías no garantiza que el oro provenga de mineros con título. En muchos casos los grupos armados encargados de la minería ilegal extorsionan a los mineros artesanales que cuentan con la autorización municipal para extraer oro, de forma que estos legalicen su producción para así poder venderla en compra-ventas oficiales de oro.

Legal<sup>6</sup>, para 1 100 de los 1 122 municipios colombianos a partir del año 2004<sup>7</sup>. El precio internacional del oro es tomado de Bloomberg.

En términos de las variables de control, las hectáreas de cultivos de coca se encuentran en los censos anuales de cultivos de coca realizados por la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC); los datos sobre acciones y contactos entre las fuerzas armadas y grupos al margen de ley provienen de la Policía Nacional junto con el Observatorio del Programa Presidencial de Derechos Humanos y Derecho Internacional Humanitario de la Vicepresidencia de la República. El índice de desempeño fiscal municipal fue tomado del DNP (2015, p. 34), y define “5 rangos [para] clasificación de las entidades territoriales que van de cero a cien puntos, donde cero es el menor y cien el mayor, estos rangos agrupan a los municipios y departamentos de acuerdo con el índice sintético de desempeño logrado en el período evaluado”.

Todas las estimaciones fueron corregidas por autocorrelación de primer orden mediante regresiones autorregresivas AR (1); además se aplicó el test de Hausman en todas las regresiones para determinar si era apropiado utilizar efectos fijos o aleatorios y, por último, se aplicó el test de Wald con el fin de determinar si se debía o no incluir variables dummy para cada año (para controlar cualquier efecto generalizado en cada municipio a través del tiempo). Los resultados de las pruebas de Hausman y Wald están en el anexo.

Finalmente, es importante tener en cuenta que existe un posible problema de endogeneidad (causalidad inversa) en la regresión (1). Es decir, es posible que los homicidios influyeran la actividad minera legal e ilegal porque algunos productores pueden dejar de producir por mayor riesgo, costos de protección, e incertidumbre. Para evitar problemas de endogeneidad se realiza una estimación en dos etapas por medio de variables instrumentales. Similar a la de Idrobo, Mejía y Tribin (2014), la variable endógena en este caso es la producción de oro, y como instrumento se utilizan las características geográficas asociadas a la presencia de oro y a los precios internacionales de este mineral.

---

<sup>6</sup> Otra posible fuente sobre la tasa de homicidios es la base de datos de la policía nacional; sin embargo, esta base de datos tiene la desventaja que solo cuenta con datos hasta el año 2013. Es importante mencionar, que si se usan estos datos en vez de los de Forensis los resultados obtenidos son robustos.

<sup>7</sup> Los 22 municipios sin datos disponibles son: Mirti-Paraná (Amazonas), Puerto Alegría (Amazonas), Providencia (Archipiélago de San Andrés), San Andrés (Archipiélago de San Andrés), Norosí (Bolívar), Tuchín (Córdoba), Cacahual (Guainía), La Guadalupe (Guainía), Mapiripana (Guainía), Morichal (Guainía), Pana Pana (Guainía), Puerto Colombia (Guainía), San Felipe (Guainía), Salamina (Magdalena), San Zenón (Magdalena), Aguada (Santander), California (Santander), Guaranda (Sucre), Pacao (Vaupés), Papunaua (Vaupés), Taraira (Vaupés), Yavaraté (Vaupés).

Debido a la disponibilidad de datos, la variable de las características geográficas es un dummy que tiene el valor de uno en el caso que el suelo de un municipio tenga características geoquímicas que indiquen depósitos de oro, y cero en caso contrario (esta información proviene del Instituto Colombiano de Geología y Minería, Ingeominas). Por definición, estas características geográficas no pueden ser alteradas por la existencia de violencia, y es de esperar que el precio internacional del oro también sea una variable exógena ya que la producción de oro en Colombia representa menos del 2% de la producción mundial.

En la primera etapa se estima la variable endógena por medio del siguiente modelo:

$$prod_{mt} = c + \alpha_1 (geo_m \times precio_t) + \eta_m + \varepsilon_{mt}, \quad [2]$$

Donde *prod* se refiere a la variable endógena del modelo, producción total de oro. La variable *geo* hace referencia a la presencia de anomalías geoquímicas asociadas con depósitos de oro, y *precio* se refiere al precio internacional del oro.

La segunda etapa de la estimación por variables instrumentales es entonces la siguiente:

$$hom_{mt} = c + \beta_1 \widehat{prod_{mt}} + \beta_2 precio_t + \beta_3 hacoca + \beta_4 acc + \beta_5 desfis + \eta_m + \varepsilon_{mt} \quad [3]$$

Es importante señalar que la metodología usada solo permite inferir una relación causal entre la minería de oro y las tasas de homicidios con un supuesto de *ceteris paribus*. Esta metodología tiene la ventaja de simplificar el análisis con el fin de poder encontrar el efecto aislado de cada variable, por lo cual es apropiada para el objetivo del presente estudio (véase, por ejemplo, Wooldridge, 2016).

Sin embargo, no permite identificar procesos dinámicos, ni la interdependencia entre el conjunto de las variables. Por ejemplo, aun cuando controlamos el efecto de la calidad institucional en los homicidios (con la variable índice de desempeño fiscal), no tomamos en cuenta el efecto que la minería podría tener en la calidad de instituciones, o la potencial interacción entre el control territorial, la calidad institucional, el modo productivo de la región, y las tasas de homicidios<sup>8</sup>.

En otras palabras, el modelo presentado en este estudio, como cualquier otro, cuenta con variables de entrada y de salida, pero no tiene en cuenta toda la

<sup>8</sup> Para ver discusiones sobre la posible interdependencia de estas variables véase, por ejemplo, Wilkinson (2003), Duncan (2004), Giraldo y Muñoz (2012), Garay, Rudas y Espitia (2013).

complejidad del sistema socio-económico. Por ende, esta investigación se puede ver como de tipo exploratorio, y los resultados presentados en la próxima sección deben entenderse como aproximaciones a la realidad.

### 3. RESULTADOS

La tabla 1 muestra los resultados principales, específicamente hay dos estimaciones por mínimos cuadrados ordinarios y una de la segunda etapa de la estimación por variables instrumentales. La regresión (i) es el modelo más sencillo donde las únicas variables explicativas son la producción y el precio internacional del oro<sup>9</sup>. En línea con lo esperado de acuerdo con la literatura existente, los resultados muestran que la producción de oro es positiva y estadísticamente significativa (al nivel de 1%). En otras palabras, este resultado confirma que el aumento de producción (ilegal) aumenta las tasas de homicidios municipales en Colombia.

Según esta regresión, un incremento en la producción de una tonelada de oro aumenta aproximadamente en 4 los homicidios por cada 100.000 habitantes, lo que parecería un efecto razonable. Por ejemplo, en el año 2015 el municipio con mayor producción de oro en Colombia fue El Bagre-Antioquia con 7,2 toneladas; bajo estos resultados, si el próximo año El Bagre incrementa su producción de oro por una tonelada, el número de homicidios por cada 100.000 habitantes pasará de 60,5 a 64,5.

**Tabla 1. Resultados de las estimaciones**

	(i) <i>Tasa de homicidios</i> (OLS)	(ii) <i>Tasa de homicidios</i> (OLS)	(iii) <i>Tasa de homicidios</i> (IV 2 <sup>da</sup> etapa)
Producción (toneladas)	3,985*** (1,527)	4,862*** (1,735)	184,600*** (54,144)
Precio	-0,032 (0,123)	-0,019 (0,461)	-0,001 (0,003)
Hectáreas de coca		0,005** (0,003)	0,008** (0,003)
Acciones y contactos		11,55*** (1,110)	16,38*** (1,724)

<sup>9</sup> El lector que desee acceder a la base de datos que se usó en las regresiones puede solicitarlo al siguiente correo: [tgoda@eafit.edu.co](mailto:tgoda@eafit.edu.co)

	(i) <i>Tasa de homicidios</i> (OLS)	(ii) <i>Tasa de homicidios</i> (OLS)	(iii) <i>Tasa de homicidios</i> (IV 2 <sup>da</sup> etapa)
Desempeño fiscal		-0,034 (0,548)	-0,042 (0,083)
Observaciones	12.098	9.783	10.875
R <sup>2</sup>	0,026	0,031	0,028
N.º de municipios	1 100	1 092	1 092
Dummy años	Sí	Sí	Sí
Efectos fijos	Sí	Sí	Sí

\*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$

Fuente: elaboración propia

La regresión (ii), a su vez, incluye las variables de control: hectáreas de cultivos de coca, acciones y contactos entre la fuerza pública y grupos al margen de ley y el índice de desempeño fiscal. Lo más importante a observar en esta regresión es que los resultados de la variable producción de oro, que es la variable de interés, son robustos, con un coeficiente un poco más alto. Además, se puede observar que tanto los cultivos de coca, como las acciones y contactos son positivos y estadísticamente significativos (al 5% y 1%, respectivamente) con el signo esperado. Al contrario, el índice de desempeño fiscal no es significativo, aunque su signo es negativo como habría de esperarse.

La regresión (iii) muestra el resultado de la segunda etapa de la estimación por variable instrumental, que busca resolver el posible problema de endogeneidad presente en la variable producción. La tabla 2 muestra los resultados de la primera etapa de la estimación por variables instrumentales. Como se puede observar, el instrumento (las anomalías geoquímicas asociadas a la presencia de oro) es significativo al explicar la producción de oro, y el estadístico F es suficientemente alto como para pensar que no existe problema alguno de instrumentos débiles<sup>10</sup>.

<sup>10</sup> Vale la pena resaltar que la variable hectáreas de coca, influye negativamente en la producción de oro (aunque solo al 10% de significancia), esta evidencia indica que los cultivos de coca y la minería ilegal de oro son actividades sustitutas, estos resultados están en línea con la evidencia presentada por el centro de investigación de crimen organizado (2016).

**Tabla 2. Anomalías geoquímicas y la producción de oro (primera etapa)**

Geo*Precio	0,00008*** (0,00002)
Observaciones	10,875
R <sup>2</sup>	0,007
N.º de municipios	1.092
Estadístico F	11
F p-value	0
Variables de control	Sí
<i>Dummy</i> años	Sí
Efectos fijos	Sí

\*\*\*  $p < 0,01$ , \*\*  $p < 0,05$ , \*  $p < 0,1$

Fuente: elaboración propia

Según los resultados de la regresión (iii) la producción estimada sigue siendo estadísticamente significativa al 1%, lo cual indica que los resultados obtenidos en las regresiones (i) y (ii) no están sesgados por problemas de endogeneidad. Además, las hectáreas de coca y las acciones y contactos siguen siendo positivos y estadísticamente significativos, mientras el índice de desempeño fiscal continúa siendo negativo y no significativo.

Finalmente, con el objetivo de verificar si la reciente caída en el precio internacional del oro (2011-2015) tuvo un impacto en la tasa de homicidios, se realizaron regresiones por sub-períodos. Una para el período 2004-2010, una para el período 2011-2013 (para poder tener en cuenta todas las variables de control, que solo están disponibles hasta 2013), y una para el período 2011-2015 (sin las variables de control).

Para el sub-período 2004-2010 se observa que la producción es positiva y estadísticamente significativa; además, el coeficiente obtenido es mayor que el del período total (2004-2013), lo cual tiene sentido ya que estos fueron los años donde se presentó el mayor incentivo económico para apropiarse violentamente de los territorios auríferos.

Tabla 3. Resultados de las estimaciones por sub-períodos

	(i) <i>Tasa de homicidios</i> 2004–2010	(ii) <i>Tasa de homicidios</i> 2011–2013	(iii) <i>Tasa de homicidios</i> 2011–2015
Producción (toneladas)	6,142*** (2,119)	1,941 (2,446)	–2,799 (1,697)
Precio	–0,002 (0,047)	0,008** (0,004)	0,016*** (0,002)
Hectáreas de coca	0,006* (0,003)	–0,008 (0,005)	
Acciones y contactos	12,107*** (1,331)	8,385*** (1,691)	
Desempeño fiscal	–0,0265 (0,618)	–0,128 (0,088)	
Observaciones	7 599	3 276	5 500
R <sup>2</sup>	0,100	0,032	0,002
N.º de municipios	1 092	1 092	1 100
Dummy años	Sí	No	No
Efectos fijos	Sí	Sí	Sí

\*\*\* p&lt;0,01, \*\* p&lt;0,05, \* p&lt;0,1

Fuente: elaboración propia

Para el sub-período de precios en caída (2011-2015) se encontró que la producción de oro ya no es estadísticamente significativa a la hora de explicar la tasa de homicidios, mientras el precio sí se vuelve, por primera vez, estadísticamente significativo. La interpretación de este resultado es que en el período de auge las variables precio y producción estuvieron estrechamente relacionadas (ambos aumentaron), mientras en el período de la caída del precio la producción no presentó cambios sustanciales (es decir, se mantuvo relativamente estancada): en el 2011 la producción total de oro fue de 51,4 toneladas, y en el 2015 seguía en 55,4 toneladas.

Según estos datos, la caída en el precio internacional del oro no motivó una caída en su producción al mismo nivel, pues aun cuando el precio cayó, este siguió siendo lo suficientemente alto como para garantizar la rentabilidad de la operación de la mayoría de los productores. En una perspectiva histórica, el precio promedio



de 1 150 dólares por onza en el año 2015 es alto (en el 2001, por ejemplo, el precio promedio fue de tan solo 271 dólares la onza). Esta situación es muy diferente a lo ocurrido durante el período 2004-2010, en el cual el aumento del precio internacional del oro incentivó drásticamente la producción, haciéndola pasar de tan solo 15 toneladas en 2006 a 53 toneladas en el 2010; es este gran aumento el que hace que la producción sea significativa para este período. Estos hechos parecen indicar que la disminución en el precio tuvo un efecto reductor de las tasas de homicidios, debido a que los actores criminales ya no trataron de controlar nuevos territorios sino más bien consolidar su producción actual.

#### 4. CONCLUSIONES

Mucho se ha hablado de la relación entre la abundancia de recursos naturales, la ilegalidad y la violencia. Sin embargo, en Colombia son pocos los estudios empíricos sobre el tema. Los resultados aquí presentados confirman los hallazgos principales de los estudios destacados de Dube y Vargas (2013) e Idrobo, Mejía y Tribin (2014), en el sentido de que, en un país con instituciones débiles, efectivamente un auge en un recurso natural que requiere cierta cantidad de capital en su producción aumenta las tasas de homicidios.

El principal aporte del presente trabajo es que proporciona evidencia de que la caída del precio del oro ha llevado a una disminución de las tasas de homicidios. En otras palabras, mientras que en el período de auge de los precios del oro (2004-2010) los aumentos de la producción de dicho mineral aumentaron las tasas de homicidios en los municipios auríferos de Colombia, la caída de precios durante el período 2011-2015 llevó a una disminución de las muertes violentas.

Debido a la complejidad del tema de investigación, los resultados obtenidos representan aproximaciones a la realidad. No obstante, indican que el aumento de los homicidios se explica sobre todo por la emergencia de productores criminales como consecuencia del aumento de la rentabilidad en la producción de oro, teniendo en cuenta que más del 80% de la producción proviene de la minería ilegal. Este alto nivel de ilegalidad impide que los actores de esta actividad económica se apoyen en la ley para hacer cumplir contratos, garantizar la propiedad privada y denunciar conductas anti competitivas. Por ende, como alternativa a la ley, recurren a la violencia para hacer cumplir estos derechos. Es muy probable que la caída de los homicidios en el segundo sub-período se pueda explicar sobre todo por una disminución de los incentivos para apropiarse de minas nuevas en forma violenta con el propósito de extraer oro.

Una limitación de la metodología usada es que solo infiere una relación causal de manera agregada (es decir, no permite discriminar efectos individuales), y no permite identificar la dinámica e interdependencia de los procesos socio-económicos que están en juego en esta relación. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, una línea de trabajo a futuro puede ser estudiar las implicaciones del proceso de paz en los incentivos para no apropiarse por mecanismos violentos de las minas de oro o su producción.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bannon, I. y Collier, P. (2003). *Natural Resources and Violent Conflict: Options and Actions*. Washington, DC: World Bank, 409p.
- Bargent, J. (2015). *Colombia: entre el cultivo de coca y la minería de oro*. Nota de Política, 5p.
- Bates, R., Greif, A. y Singh, S. (2002). Organizing violence. *En: Journal of Conflict Resolution*, Vol. 46, No. 5, p. 599-628.
- Berman, N.; Couttenier, M.; Rohner, D. y Thoenig, M. (2015). *This Mine is Mine! How Minerals Fuel Conflicts in Africa*. CESifo documento de trabajo, No. 5409, 69p.
- Chimeli, A. y Soares, R. (2011). *The Use of Violence in Illegal Markets: Evidence from Mahogany Trade in the Brazilian Amazon*. IZA document de trabajo, No. 5923, 46p.
- Collier, P. y Hoeffler, A. (1998). On Economic Causes of Civil War. *En: Oxford Economic Papers*, Vol. 50, No. 4, p. 563-573.
- Collier, P. y Hoeffler, A. (2005). Resource Rents, Governance, and Conflict. *En: Journal of Conflict Resolution*, Vol. 49, No. 4, p. 625-633.
- DPC -Defensoría del Pueblo Colombiana- (2010). *La minería de hecho en Colombia*. Bogotá: Defensoría del Pueblo Colombiana, 283p.
- DNP –Departamento Nacional de Planeación- (2015). *Desempeño fiscal de los departamentos y municipios 2015*. Bogotá: Dirección de Desarrollo Territorial Sostenible, DNP, 66p.
- Dube, O. y Vargas, J. (2013). *Commodity Price Shocks and Civil Conflict: Evidence from Colombia*. *En: Review of Economic Studies*, Vol. 80, No. 4, p. 1384-1421.
- Duncan, G. (2004). *Violencia y conflicto en Colombia como una disputa por el control del Estado en lo local*. Documentos CEDE, No. 2004-11, 24p.
- Ferry, R.J. (1989). *The colonial elite of early Caracas: Formation and Crisis, 1567-1767*. Berkeley: University of California Press, 245p.
- Garay, L.J., Rudas Lleras, G. y Espitia Zamora, J.E. (2013). *Minería en Colombia: institucionalidad y territorio, paradojas y conflictos*. Bogotá, Contraloría General de la República. 338p.
- Giraldo, J. y Muñoz, J. (2012). *Informalidad e ilegalidad en la explotación del oro y la madera en Antioquia*. Medellín: EAFIT – Proantioquia, 196p.

- Idrobo, N., Mejia, D. y Tribin, A. (2014). Illegal Gold Mining and Violence in Colombia. En: Peace Economics, Peace Science, and Public Policy, Vol. 20, No. 1, p. 83-111.
- Kronick, D. (2016). Prosperity and Violence in Illegal Markets. Presentación en el encuentro anual de LACEA-LAMES 2016, noviembre 9-11, Medellín, Colombia, 55p.
- Londoño, J.L. y Guerrero, R. (1999). Violencia en América Latina: epidemiología y costos, BID documento de trabajo, No. R-375, 54p.
- Lujala, P. (2010). The Spoils of Nature: Armed Civil Conflict and Rebel Access to Natural Resources. En: Journal of Peace Research, Vol. 47, No. 1, p. 15-28.
- Owens, E.G. (2011). Are Underground Markets Really More Violent? Evidence from Early 20th Century America. En: American Law and Economics Review, Vol. 13, No. 1, p. 1-44.
- Powell, B.; Manish, G.P. y Malavika N. (2010). Corruption, Crime, and Economic Growth, p. 328-341. En: Benson, B. y Zimmerman, P.: Handbook on the Economics of Crime. Cheltenham: Edward Elgar, 552p.
- Rubio, M. (1995). Crimen y Crecimiento en Colombia. En: Coyuntura Económica, Vol. 25, No. 1, p. 101-125.
- Sjogren, H. y Skogh, G. (2004). New Perspectives on Economic Crime: New Horizons in Law and Economics series. Cheltenham: Edward Elgar, 176p.
- Skaperdas, S. y Syropoulos, C. (1995). Gangs as primitive states, p. 61-86. En: Fiorentini, -G. y Peltzman, S. (eds.): The Economics of Organised Crime. Cambridge: Cambridge University Press, 320p.
- Wilkinson, F. (2003). Productive systems and the structuring role of economic and social theories, p. 10-39. En: Burchell, B., Deakin, S., Michie, J. y Rubery, J.: Systems of Production: Markets, organisations and performance. London: Routledge, 304p.
- Wooldridge, J.M. (2016). Introductory Econometrics: A Modern Approach. Boston: Cengage Learning, 881p.

## ANEXO

## Resultados de prueba Hausman y Wald

	<i>Hausman</i>		<i>Wald</i>	
	chi2	Prob > chi2	F	Prob > F
Tabla 1: modelo (i)	8,4	0,004	17,1	0,000
Tabla 1: modelo (ii)	132,3	0,000	5,1	0,000
Tabla 1: modelo (iii)	47,2	0,000	44,8	0,000
Tabla 3: modelo (i)	190,3	0,000	5,0	0,000
Tabla 3: modelo (ii)	60,01	0,000	1,8	0,180
Tabla 3: modelo (iii)	146,6	0,000	1,7	0,165

Fuente: elaboración propia