

Evaluar la correlación entre el nivel de formalización de la pequeña y mediana minería en Colombia y el pago de regalías. Caso Programa Oro Legal de USAID.

Evaluate the correlation between the level of formalization of small and medium mining in Colombia and the payment of royalties. Case Oro Legal Program of USAID.

Liz Marian Múnera Vásquez

Juan Camilo Virgen Serna

Informe final del trabajo de grado
para optar por el título de Magister en Economía aplicada

Asesor, docente

Silvio Andrés López Barrantes

UNIVERSIDAD EAFIT

MEDELLÍN

ESCUELA DE ECONOMÍA Y FINANZAS

MAESTRÍA EN ECONOMÍA APLICADA

2019

Contenido

Introducción	4
Objetivo de la investigación.....	5
Justificación	5
Diagnóstico	6
Hipótesis central.....	10
Marco conceptual.....	10
Metodología	13
Estimaciones y resultados	22
Conclusiones	29
Bibliografía	32

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Correlación entre las variables independientes</i>	16
Tabla 2. <i>Variables usadas en el modelo</i>	16
Tabla 3. <i>Modelo 1. Regresión simple entre el pago de regalías y cada una de las variables independientes</i>	22
Tabla 4. <i>Modelo 2. Regresión múltiple entre el pago de regalías y las variables independientes, controlando por el número de empleados de las UPM y efectos fijos por nombre de UPM.</i>	23
Tabla 5. <i>Modelo 3. Regresión múltiple entre el pago de regalías y las variables independientes, controlando por el número de empleados de las UPM, efectos fijos por nombre de UPM y la cantidad de oro producido.</i>	24
Tabla 6. <i>Modelo 4. Regresión múltiple entre el pago de regalías y las variables independientes, controlando por el número de empleados de las UPM, efectos fijos por nombre de UPM y los años en los que se han efectuado las mediciones.</i>	25
Tabla 7. <i>Modelo 5. Regresión múltiple entre el pago de regalías y las variables independientes, controlando por el número de empleados de las UPM, la cantidad de oro producido, efectos fijos por nombre de UPM y los años en los que se han efectuado las mediciones.</i>	26
Tabla 8. <i>Diferencia entre el resultado obtenido mediante la variable nivel de formalización, y el índice generado por PCA.</i>	29

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1. <i>Distribución por tipo de minería</i>	19
Ilustración 2. <i>Número de minas por municipio</i>	20
Ilustración 3. <i>Producción por municipio</i>	20
Ilustración 4. <i>Regalías, en millones de pesos, por municipio</i>	21
Ilustración 5. <i>Relación producción regalías por tipo de mina</i>	21

Introducción

En Colombia, la minería representa un sector importante para la economía, dado que fomenta la inversión extranjera (Ministerio de Minas y Energía, 2016) y que su aporte al PIB nacional es cercano al 1,7%, según las cifras del anexo histórico del producto interno bruto (Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE–, 2019). Sin embargo, los altos índices de informalidad en la actividad extractiva hacen que el recaudo de impuestos y regalías no sea el equivalente a la producción real del país; en consecuencia, se imposibilita la reinversión de los recursos que debería generar esta industria y se afecta el desarrollo económico. Considerando que el recaudo de regalías es utilizado, en parte, para la implementación de proyectos con impacto en el desarrollo social y económico de los municipios, es indispensable para el país captar el valor exacto y real de contraprestaciones al Estado por la explotación de sus recursos naturales, para evitar que se pierdan estos recursos en la informalidad.

Por esta razón, el Gobierno nacional busca aumentar el recaudo de regalías a través de los procesos que vinculan a los mineros al sector formal y pretenden que los mineros a pequeña escala realicen su actividad cumpliendo con los estándares y requisitos de la formalización.

Si bien el camino por recorrer es amplio –a diciembre de 2017 la cifra de Unidades de Producción Minera (UPM) formalizadas en etapa básica ascendía a 1.012 (7% del total registrado en el país– (Veiga & Marshall, 2019), es importante analizar si la formalización ha tenido algún efecto en términos de recaudo de regalías. Así, se podría evaluar si los procesos de formalización están o no correlacionados con el pago de regalías. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es evaluar si la intervención de programas de formalización minera se relaciona con el incremento del pago de regalías al Estado, tomando como referencia el proceso de formalización adelantado por el Programa Oro Legal (POL) de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID, por sus siglas en inglés).

Para alcanzar este objetivo se tomará como muestra el levantamiento de información realizado por el programa en las UPM de oro vinculadas y que avanzan en el proceso de formalización en los municipios de Tadó, Cértegui, Condoto y Unión Panamericana en el departamento de Chocó; y Segovia, El Bagre, Barbosa, Buriticá, Remedios, Segovia, Tarazá, Cáceres y Cauca en el departamento de Antioquia.

Objetivo de la investigación

Evaluar cómo la variación en el nivel de formalización resulta en variaciones en el pago de regalías al Estado, usando los datos recopilados por el Programa Oro Legal durante el periodo 2016 cuarto trimestre y 2019 primer trimestre. Esta evaluación permitirá establecer si los procesos de formalización tienen relación con el recaudo de contraprestaciones al Estado por la explotación del oro en el país.

Justificación

En Colombia, la informalidad es un fenómeno que genera baja productividad debido, entre otros factores, al bajo acceso al crédito, las bajas tasas de inversión, la mano de obra poco calificada y el interés por mantener escalas reducidas de producción para no ser detectados por las autoridades (Consejo Nacional de Política Económica y Social –CONPES–, 2019, p.24). Así mismo, la informalidad tiene repercusiones económicas para el país, como la evasión de impuestos, la existencia de empleos mal remunerados y la no afiliación de los empleados al sistema de seguridad social, entre otros.

En el sector minero, la informalidad de las operaciones se evidenció con los datos recopilados en el Censo Minero 2010 -2011. Allí se puede resaltar que solo el 35% de las UPM realizaban el pago de regalías al Estado (Ministerio de Minas y Energía, 2012). Cifras más actualizadas fueron presentadas en 2018, gracias a los procesos de caracterización adelantados por la Dirección de Formalización Minera del Ministerio de Minas y Energía, que permitieron evidenciar que la minería en Colombia mantiene sus niveles de informalidad. A diciembre de 2018, de las 11.445 UPM caracterizadas, solo el 31% de las UPM realizan el pago de regalías al Estado (Dirección de Formalización Minera, 2018). Este resultado es similar al arrojado por el Censo Minero.

Este panorama lleva al Gobierno nacional a buscar alternativas de vinculación de los mineros a la formalidad; mecanismos como el subcontrato de formalización, los contratos de operación y la sesión de áreas son implementados para darle sustento jurídico a los mineros informales, y abrir las puertas al desarrollo de sus actividades en el marco de la formalidad, permitiendo que el Estado ejerza control sobre el pago de regalías y demás requerimientos ambientales y técnicos.

Como apoyo al Estado en el proceso de formalización, instituciones como USAID implementan el POL para apoyar la formalización de las UPM en Colombia, fomentando la minería bien hecha.

La estrategia implementada por el POL consiste en un acompañamiento constante a las UPM de pequeña minería elegidas para participar en el programa, como medio para generar en los mineros la cultura de una minería tecnificada, sostenible, amigable con el medio ambiente, responsable con el pago de impuestos y contraprestaciones al Estado (Programa Oro Legal, 2016).

Este apoyo a la pequeña minería toma relevancia, debido a que, gracias a los controles realizados por las autoridades a la explotación ilícita de minerales, la producción y el pago de regalías ha decrecido en los últimos 3 años (Agencia Nacional de Minería, 2018). Los datos oficiales señalan que se pasó de producir 62,51 toneladas de oro en el año 2016 a producir 25,69 toneladas en el año 2018. De igual forma, el recaudo en regalías disminuyó durante este periodo, dado que es una proporción directa de la producción anual del país (Unidad de Planeación Mineroenergética –UPME–, 2019). Esta reducción permite inferir que, parte de la producción de oro que se reportaba, provenía de la minería informal. Dado lo anterior, formalizar la actividad minera por medio de programas como POL, puede reducir el impacto negativo sobre la producción originado en los controles a la explotación ilícita de minerales.

Una consecuencia directa de la baja en la producción se refleja en la disminución del recurso disponible en el Sistema General de Regalías, afectando directamente a los municipios beneficiados por estos recursos, lo que impacta su desarrollo económico. Por lo tanto, uno de los intereses del gobierno es captar los recursos de las UPM informales, formalizando su actividad y obteniendo el pago de las contraprestaciones por esta actividad.

Es por esta razón que es pertinente medir si el acompañamiento continuo a las UPM en proceso de formalización tiene algún efecto en el recaudo de regalías por parte del Estado. Es necesario verificar si al pasar de una producción de oro informal a una producción formal en todos los aspectos, apoya el desarrollo económico del país al aumentar el recaudo de regalías.

Diagnóstico

En Colombia, se define el término *minería formal* como la actividad extractiva desarrollada bajo el amparo de un título y con el instrumento ambiental requerido que, además, cumple con la normatividad en temas laborales, ambientales, sociales, técnicos mineros y empresariales (Ministerio de Minas y Energía, 2014). Lo contrario a esto se entiende como *minería informal*. También, se hace referencia al término minería legal, la que se entiende como la actividad

extractiva desarrollada bajo el amparo de un título y que cuenta con el instrumento ambiental requerido por la autoridad respectiva (Ministerio de Minas y Energía, 2014; Ministerio de Minas y Energía, 2015). Por lo tanto, en el sector minero se puede ser legal sin desarrollar la actividad minera dentro de la formalidad.

Según cifras del Censo Minero, realizado por el Ministerio de Minas y Energía entre 2010 y 2011, la actividad minera en Colombia se desarrollaba con altos índices de informalidad. Los resultados obtenidos del censo evidenciaron que (Ministerio de Minas y Energía, 2012):

1. 63% de las UPM no contaban con el amparo de un título.
2. 65% de las UPM no realizaban el pago de regalías al Estado.
3. De las UPM con título el 37,2% no realizaban el pago de regalías al Estado.
4. De las UPM sin título minero el 80,8% no realizaban el pago de regalías al Estado.

Esto trajo como consecuencia que el país dejara de percibir regalías de dicha explotación (Ministerio de Minas y Energía, 2012). Adicionalmente, el 70% de las UPM no implementaban acciones de seguridad, higiene y salud ocupacional; el 81% de los trabajadores pertenecían al régimen subsidiado de seguridad social, es decir, no se realizaban aportes al sistema por parte del empleador ni del empleado; y el bajo nivel de utilización de herramientas empresariales, asociatividad y bancarización, evidenció el alto nivel de informalidad asociado a la minería en Colombia (Ministerio de Minas y Energía, 2012).

Focalizando el análisis en la minería de oro, se observó que, de la totalidad de las UPM censadas, 4.133 UPM explotaban oro en el país, siendo el mineral con mayor número de UPM: 90.9%. También, la minería de oro marca una tendencia a la informalidad debido a que el 86,7% de las UPM trabajaban sin contar con el amparo de un título minero y solo 21,8% de estas, pagaban las regalías al Estado (Ministerio de Minas y Energía, 2012).

Otra fuente de información, como la caracterización adelantada por la Dirección de Formalización Minera, mostró que a diciembre de 2018 el panorama sigue siendo muy parecido al revelado por el Censo minero. De 11.445 UPM caracterizadas, el 51% no se encuentran bajo el amparo de un título, el 65% no cuentan con licencia ambiental para el desarrollo de su actividad, y el 69% no realiza el pago de regalías al Estado (Dirección de Formalización Minera, 2018).

Para entender la importancia de la relación entre formalización y regalías, es necesario conocer qué son las regalías y en qué se invierten.

Las regalías son:

“Una contraprestación económica que percibe el Estado y que está a cargo de las personas a quienes se otorga el derecho a explorar o explotar recursos naturales no renovables; esa contraprestación consiste en un porcentaje sobre el producto bruto explotado que el Estado exige como propietario de los recursos naturales no renovables” (Uribe & Rojas, 2018)

Con la Ley 1530 de 2012, se modifica el funcionamiento del Sistema General de Regalías, adoptando una nueva redistribución. En el artículo 2° de dicha ley se establecen cuáles serán los objetivos y fines de esta nueva redistribución, y se define como primer objetivo “Crear condiciones de equidad en la distribución de los ingresos provenientes de la explotación de los recursos naturales” (Congreso de la República de Colombia, 2012). También, se establece que estos recursos deben tener el propósito de generar “ahorros para épocas de escasez, promover el carácter contracíclico de la política y mantener estable el gasto público” (Congreso de la República de Colombia, 2012). Es decir, que las regalías deben ser recursos disponibles para que, en momentos de escasez, se pueda mantener estable la economía del país (International Institute for Environment and Development, Mining, Minerals and Sustainable Development Project & World Business Council for Sustainable Development, 2002).

Igualmente, dentro de los objetivos de la ley está proporcionar mecanismos de inversión que permitan la distribución de las regalías hacia la población más pobre, fomentar el desarrollo y la competitividad de los municipios y los departamentos del país, impulsar el desarrollo de la pequeña y mediana minería, y promover la integración de entidades territoriales, priorizando los grandes proyectos de desarrollo, entre otros (Congreso de la República de Colombia, 2012; International Institute for Environment and Development, Mining, Minerals and Sustainable Development Project & World Business Council for Sustainable Development, 2002). Se resalta de estos objetivos la importancia que tiene el pago de regalías en el fomento y desarrollo de la actividad minera a pequeña y mediana escala, pues estos recursos se destinan a impulsarla.

Las regalías se distribuyen de la siguiente manera: 50% para el Fondo de Compensación Regional (FCR), el Fondo de Desarrollo Regional (FDR) y asignaciones directas a los municipios productores. El 50% restante se dividen en:

- 2% a la fiscalización.
- 2% al funcionamiento.
- 1% al monitoreo.
- 0,5% a los municipios de la ribera del río Magdalena.
- 10% al Fondo de Ahorro Pensional Territorial (FONPET).
- Hasta un 30% al Fondo de Ahorro y Estabilización (FAE).
- 10% al Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación (FCTI).

Como resultado de la implementación de la reforma al Sistema General de Regalías, la destinación de los recursos se amplió a municipios que no estaban contemplados en la legislación anterior.

De los proyectos presentados por los entes territoriales, el sector que más recursos obtuvo fue el transporte, con una participación del 32%, educación con el 13%, ciencia y tecnología 11% y vivienda con el 8%. También se evidenció que los departamentos aumentaron su participación en los recursos, producto de las regalías (Guzmán-Finol, & Estrada-Jabela., 2016). Por lo anterior, se puede concluir que aumentar los recursos percibidos por medio de las regalías, es una forma de apoyar el desarrollo de proyectos encaminados a mejorar el transporte, reducir el déficit habitacional, mejorar la educación, e invertir en ciencia y tecnología en los departamentos y municipios del país.

Por otra parte, según un estudio sobre el desarrollo fiscal de los municipios que accedieron a los recursos del Fondo Nacional de Regalías, se evidenció que en el 93% de los municipios (de los 1.025 municipios evaluados) el ingreso por regalías fue menor al 20% del total de sus ingresos, para el 7% restante su ingreso fue mayor al 20%. Este punto de inflexión evidenció una gran diferencia en el Índice de Desempeño Fiscal (IDF). Los municipios del segundo grupo mostraron tener un mejor desempeño fiscal, evidenciado en cinco aspectos (Bonet, Guzmán Finol, Urrego, & Villa, 2014):

- Mejora en el indicador de autofinanciamiento del gasto.

- Aumentos en recursos propios.
- Incremento en la capacidad de ahorro.
- Mejora en el recaudo de impuesto predial e ingresos tributarios.
- Disminución de la magnitud del déficit.

Es decir, que el aumento en los ingresos provenientes del Fondo Nacional de Regalías tendría un impacto positivo para el desempeño fiscal de los municipios y departamentos (Bonet et al., 2014). Una reducción en la producción de oro, como la que se ha presentado en los últimos tres años debido a los controles a la explotación ilícita, disminuye el recurso disponible para los proyectos que presentan los departamentos y municipios al Sistema General de Regalías, lo cual repercute negativamente en los entes territoriales.

Por lo anterior, es importante medir si el acompañamiento continuo a las UPM en proceso de formalización minera tiene algún efecto en el recaudo de regalías al Estado, convirtiendo la producción de oro informal en una producción formal en todos los aspectos; apoyando el desarrollo económico del país, y aumentando el recurso disponible para el financiamiento de los proyectos presentados a los Organismos Colegiados de Administración y Decisión (OCAD).

Hipótesis central

Cuanto más avanzando sea el nivel de formalización de la UPM, mayor será el pago de regalías, ya que la formalización resulta en niveles de producción más eficientes y una mayor capacidad organizacional de los mineros.

Marco conceptual

En esta investigación se tomarán como referencia algunas teorías económicas asociadas al concepto de renta o de regalías, alrededor de las cuales se ofrece sustento teórico. Sin embargo, es pertinente aclarar que no es una revisión bibliográfica completa alrededor de la teoría económica relacionada al pago de contraprestaciones al Estado y rentas.

David Ricardo, en su escrito “*The principles of political economy & taxation*” (1911), definió *renta* “como aquella parte del producto de la tierra que se paga al terrateniente por el uso de las energías originarias e indestructibles del suelo” (Ricardo, 1911).

Ricardo establece la relación entre la producción y la renta, al considerar la tierra como un factor de producción, propiedad de los terratenientes y por el cual deben recibir una retribución por su participación en el proceso productivo (Ricardo, 1911). También considera que los trabajadores y el dueño del capital son retribuidos por medio de los salarios y de la utilidad, respectivamente (Ricardo, 1911). Para este último, la utilidad se obtiene después de pagar a los trabajadores por su labor y de pagar la renta correspondiente al terrateniente. Al final, el terrateniente gasta su renta en bienes de lujo, pues no debe reinvertir el dinero ni gastarlo por completo para su supervivencia (Ricardo, 1911).

Posteriormente, David Ricardo lleva este concepto al alquiler de minas y, en este caso, plantea que el dueño de la tierra en la que se encuentra la mina debe recibir una renta dentro del proceso productivo (Ricardo, 1911). Igualmente, introduce algunas observaciones acerca de la capacidad de producción de las minas y los costos de producción; entre más grande sean las reservas de una mina, sus costos asociados de extracción se reducen, debido a la facilidad para encontrar el mineral. Pero, gracias al incremento de la demanda por factores poblacionales, entre otros, la oferta de la mina nunca será suficiente para satisfacer la demanda de minerales en el tiempo (Ricardo, 1911). Para lograr cubrir la demanda establecida, los capitalistas deciden buscar nuevos frentes, con el fin de lograr satisfacer el mercado, sin importar que sean yacimientos con menores niveles de producción y, por ende, de mayor costo, dado que se requiere una mayor cantidad de capital y de trabajo para extraerlos. Esta decisión causa un reajuste en el precio de los minerales, obligando al alza del precio, de forma que compense el aumento en la dificultad de extraerlos y un sobre costo en el transporte hasta el lugar final de comercialización. A esta relación de los factores de producción y la renta se le llama *rentas ricardianas* (Ricardo, 1911).

En 1931 Hotelling retoma el concepto de renta ricardiana en su artículo “The economics of exhaustible resources” (Hotelling, 2002) y analiza el agotamiento de los recursos naturales planteando que las firmas dedicadas a la explotación de recursos no renovables se comportan diferente a otras firmas, pues incurren en un costo de oportunidad adicional a los costos de producción. Este costo de oportunidad está asociado a la disminución del recurso para

explotaciones futuras. Según Hotelling, los recursos naturales son explotados a ritmo acelerado, lo que afecta la disposición de estos a futuro. Por eso, considera que la renta por el aprovechamiento de dichos recursos debe tener en cuenta el agotamiento progresivo de estos y que dicha renta debe ser reinvertida para compensar la reducción del recurso (Hotelling, 2002).

Hotelling concluye en su análisis que, para ejercer un control eficiente a las actividades extractivas, es preferible imponer impuestos que prohibir la actividad económica (Hotelling, 2002). Este concepto de pago de impuesto por extracción de recursos no renovables se asemeja al pago de regalías al Estado como contraprestación por la explotación.

Aplicando esta teoría al contexto de la investigación, el terrateniente sería el Estado colombiano y los capitalistas serían las empresas que extraen el recurso natural no renovable. En cuanto al pago de renta por la explotación, se consideran las regalías como una contraprestación, más no como un impuesto, debido a que se originan por el usufructo de un bien que es propiedad del Estado y no una imposición por parte de este. En consecuencia, el Estado destina estos recursos producto de las regalías en la compensación de los efectos causados por la explotación de los recursos naturales. Es por esto que gravar la explotación minera con regalías puede ser más redituable para el Estado que restringir la explotación imponiendo el pago de regalías proporcional a la producción, cuyo valor se reinvierta en el control y mitigación de los impactos asociados a la extracción. Por ende, cuando se tienen niveles altos de informalidad en la explotación de minerales, el Estado carece de los recursos necesarios para reinvertir en el control y mitigación, originando ineficiencia en la compensación del impacto causado por la actividad extractiva.

Una medida para contrarrestar la ineficiencia causada por la informalidad es la aplicación de los procesos de formalización que adelanta el Estado buscando regularizar la actividad y percibir el monto óptimo de regalías, asociado al nivel de explotación en el país.

Por último, las rentas de Hotelling demuestran la importancia de las regalías en el Estado y el impacto que genera no tener un recaudo efectivo de ellas, ya que se impide compensar a futuras generaciones que no tendrán la posibilidad de disponer de estos recursos.

Metodología

El estudio de las relaciones existentes entre variables económicas se conoce como Econometría. Esta se basa en modelos que expresan de forma estadística cómo es el comportamiento de las variables de interés para el investigador. La econometría suele confundirse con la Estadística; sin embargo, la diferencia radica en el tipo de datos utilizados en ambas ramas de estudio: mientras la estadística se encarga de estudiar datos experimentales, la econometría se ocupa del estudio de datos retrospectivos que son obtenidos mediante la observación de los sujetos de estudio (Wooldridge, 2013).

El objetivo de la econometría, generalmente, es definir una relación causal o una correlación de variables independientes sobre la variable dependiente. Para encontrar esta relación, la estadística proporciona varios elementos que permiten, además de determinar la relación, cuantificar el efecto. Una herramienta muy utilizada para estudios econométricos es la *regresión*, caracterizada por representar estas relaciones mediante una variable dependiente, en función de una o más variables independientes y con un error estadístico que representa todas las demás variables que no se están tomando en cuenta o no están siendo observadas (Wooldridge, 2013).

Para la presente investigación se utilizaron dos modelos econométricos:

- *Modelo de regresión lineal simple*: utilizado para medir la relación entre dos variables; una variable independiente (X) y otra dependiente (Y) que es explicada por la variable independiente. Es decir, cómo la variación en X explica una variación en Y. Este modelo asume que el resto de las variables permanecen constantes y su efecto se encuentra incluido en la variable μ o término de error, que representa factores distintos a la variable independiente que afectan la variable dependiente y que no están siendo observados (Wooldridge, 2013). Su representación matemática se expresa así:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \mu_i$$

- *Modelo de regresión lineal múltiple*: el análisis de regresión múltiple permite controlar varios factores que afectan al mismo tiempo la variable dependiente. De igual forma, se considera el término de error μ que representa factores distintos a las variables independientes que afectan la variable dependiente y que no están siendo observados (Wooldridge, 2013). El análisis de regresión múltiple es utilizado para mejorar la

explicación de los efectos de las variables independientes (X_i) sobre la variable dependiente (Y_i). Su representación matemática se expresa así:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_i X_i + \mu_i$$

Este último modelo es utilizado en la presente investigación porque permite mejorar las estimaciones del modelo de regresión lineal simple, utilizado para medir, inicialmente, la correlación entre el *pago de regalías* y el *nivel de formalización* sin incluir variables adicionales o de control. Posteriormente, se fueron añadiendo variables de control que permitieron mejorar la estimación y pasar del *modelo de regresión lineal simple* al *modelo de regresión lineal múltiple*, obteniendo la mejor estimación posible.

Para realizar las estimaciones y lograr determinar la correlación del pago de regalías y el nivel de formalización de las UPM del Programa Oro Legal, se usaron los datos recolectados en el seguimiento trimestral realizado por el programa a cada UPM atendida en proceso de formalización. En este seguimiento trimestral, los profesionales que efectúan el acompañamiento en campo aplican una encuesta en la que se pregunta al minero cómo ha sido el comportamiento de la UPM durante el trimestre. Para ello, se indaga sobre diferentes ítems que resultan en variables que representan el nivel de formalización de la UPM. Los aspectos evaluados están alineados con los requerimientos del Gobierno nacional para la formalización de la pequeña y mediana minería. El programa cuenta con información para las minas atendidas desde el cuarto trimestre de 2016 hasta el primer trimestre de 2019. La información recopilada constituye una base de datos tipo *panel*, debido a que se tienen observaciones de los mismos individuos (UPM) en varios periodos de tiempo. Esta base de datos, que constituye la muestra utilizada en la investigación, presenta posibles sesgos de selección, debido a que las UPM que participan en el programa no corresponden a una muestra aleatoria, pues para ingresar en el programa es necesario que la UPM se encuentre regularizada. Esto significa contar con la autorización de la autoridad minera o del titular minero para la explotación.

La información recopilada se registra en un archivo en Excel. Este archivo contiene cinco indicadores (componentes) principales de la formalización minera: *seguridad y salud en el trabajo*, *aspectos técnicos mineros*, *aspectos ambientales*, *aspectos económico-empresariales* y, finalmente, *aspectos legales*. Luego, al consolidar el porcentaje de avance de cada indicador, Excel

arroja un porcentaje general de la UPM en el trimestre. A este porcentaje se le denomina *Nivel de formalización*. Cada indicador cuenta con subindicadores que, al sumarse, forman el valor del indicador principal. Los aspectos a los que hace referencia cada indicador serán explicados posteriormente en las variables del modelo econométrico de regresión múltiple utilizado para el análisis.

Con la información suministrada por el programa se realizaron varios modelos de regresión lineal simple en los que, inicialmente, se pretendía determinar la correlación de cada uno de los componentes de la formalización y el nivel general de formalización con la variable *pago de regalías*. La correlación entre los componentes de la formalización y el pago de regalías se incluye en el análisis para determinar el impacto de cada componente y poder determinar cuál de estos es más significativo en el pago de regalías.

Posteriormente, a cada uno de los modelos se le incluyen variables de control que permiten explicar mejor la correlación y mejoran las estimaciones. Las variables de control incluidas fueron: *cantidad de empleados por UPM, cantidad de oro producido por UPM, nombre de la UPM y Año en el que se realiza la medición*. La información de la cantidad de oro producido y el número de empleados se obtienen de una segunda base de datos que suministra el programa, la que es actualizada con la misma periodicidad de la base de datos que contiene la información de los *componentes de la formalización y del nivel general de formalización de la UPM*.

Para mejorar las estimaciones se consideraron *efectos fijos*, propios del análisis de datos tipo panel, en los que se considera que existen algunas variables que conservan las características con el paso del tiempo pero que podrían variar entre las firmas (UPM). La razón para incluir estas variables es incorporar un componente constante al término del error (μ_i), capturando todo el efecto de las variables constantes no observables en el modelo (Baronio & Vianco, 2014). Para las estimaciones del modelo se incluyen como efectos fijos en esta investigación, el nombre de la UPM y los años de medición en los que se realiza el análisis. También se utilizan en los modelos errores estándar robustos para asegurar el cumplimiento del supuesto de homocedasticidad, es decir, que la diferencia entre la estimación y el dato observado es constante a lo largo de las mediciones. Igualmente se verifica la no multicolinealidad exacta entre las variables (ver Tabla 1), para evitar que una variable sea una combinación lineal de otra, lo cual sería redundante para el modelo. Con el cumplimiento de estos supuestos se puede asegurar que los estimadores

encontrados en los modelos son los mejores estimadores lineales, comportándose de forma insesgada, eficiente y consistente, lo cual asegura que la predicciones de los modelos de la investigación sean fiables.

Tabla 1. *Correlación entre las variables independientes*

VARIABLES INDEPENDIENTES	Indicador Ambiental	Indicador económico - empresarial	Indicador técnica y seguridad minera	Indicador seguridad y salud en el trabajo	Nivel de formalización
Indicador Ambiental	1,000				
Indicador económico - empresarial	0,342	1,000			
Indicador técnica y seguridad minera	0,330	0,715	1,000		
Indicador seguridad y salud en el trabajo	0,399	0,487	0,523	1,000	
Nivel de formalización	0,393	0,735	0,696	0,578	1,000

Por último, dentro de la metodología se utilizó el *Método de componentes principales* (PCA por sus siglas en inglés) que permite transformar el *conjunto de variable* (indicadores) en un nuevo conjunto de variables a las que se les llama *componentes principales*. Estos componentes se pueden ordenar de acuerdo con la cantidad de información que contienen y generar un nuevo indicador que captura la mayor cantidad de información de los indicadores originales, transformándolos en un solo índice (Santiago de la Fuente Fernández, 2011). Este índice puede explicar mejor la relación entre el pago de regalías y los componentes de la formalización agrupados de esta nueva forma y obteniendo un mejor ajuste en el modelo. Esta metodología se utilizó para establecer un punto de comparación entre los resultados obtenidos con el modelo que mejor ajuste presenta (al medir la correlación entre el *pago de regalías* y el *nivel de formalización*) y una metodología diferente.

A continuación, se presentan las variables utilizadas en los modelos desarrollados:

Tabla 2. *Variables usadas en el modelo*

VARIABLES	Explicación	Unidades de medida
-----------	-------------	--------------------

Pago de regalías	Pago de regalías por ventas de oro trimestral de la UPM atendida por el POL	Pesos
Indicador económico - empresarial	Nivel de cumplimiento relacionado con los requerimientos legales asociados a aspectos empresariales, económicos y sociales para cada UPM atendida por el POL	Porcentaje
Indicador seguridad y salud en el trabajo (SST)	Nivel de cumplimiento relacionado con los requerimientos normativos en seguridad y salud en el trabajo para cada UPM atendida por el POL	Porcentaje
Indicar técnica y seguridad minera	Nivel de cumplimiento relacionado con los requerimientos técnico-mineros para el adecuado desarrollo de la actividad minera en cada UPM atendida por el POL	Porcentaje
Indicador ambiental	Nivel de cumplimiento relacionado con los requerimientos normativos ambientales para el adecuado desarrollo de la actividad minera en cada UPM atendida por el POL	Porcentaje
Indicador aspectos legales	Nivel de cumplimiento relacionado con los requerimientos legales asociados a la formalización (regularización, guías ambientales, plan de trabajo y obras e instrumento ambiental) para cada una de las UPM atendidas por el POL	Porcentaje
Nivel de formalización	Nivel de cumplimiento general de la UPM que agrupa cada indicador de formalización, medido trimestralmente para cada UPM atendida por el POL	Porcentaje
Cantidad de oro producido (variable de control)	Cantidad producida de oro en el trimestre por cada UPM atendida por el POL	Gramos
Número de empleados (variable de control)	Número de empleados para cada UPM atendida por el POL durante el trimestre	Número promedio de Personas en el trimestre
Nombre de la UPM (variable de control)	Nombre de la UPM en la base de datos. Variable utilizada como efecto fijo	Variable no numérica
Año de medición (variable de control)	Año en el que se miden los indicadores para cada UPM atendida por el POL. Variable utilizada como efecto fijo.	Año

A continuación se presenta la forma funcional del modelo elegido:

Especificación del modelo econométrico con mejor ajuste para el pago de regalías y el nivel de formalización.

$$\text{Modelo 3: } Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 X_{1ij} + \beta_2 X_{2ij} + \beta_3 X_{3ij} + \beta_4 X_{4ij} + \mu_{ij}$$

Donde:

i: Unidad de Producción Minera (UPM) perteneciente al Programa Oro Legal, i entre 1 y 211

j: Periodo de observación, para j entre 2016Q4 y 2019Q1 (Q = trimestre)

Y_{ij} : La variable dependiente del modelo, será el Pago de regalías de la UPM i en el trimestre j

X_{1ij} : Variable independiente, se refiere al nivel de formalización de la UPM i en el trimestre j

X_{2ij} : Variable independiente, se refiere al número promedio de empleados de la UPM i en el trimestre j

X_{3ij} : Variable independiente, se refiere a la producción de oro de la UPM i en el trimestre j

X_{4ij} : Variable independiente, se refiere a el efecto fijo del nombre de la UPM i en el trimestre j

β_0 : Intercepto del modelo, no tiene interpretación económica

β_1 : Como afecta la variación del X_{1ij} sobre Y_i

β_2 : Como afecta la variación del X_{2ij} sobre Y_i

β_3 : Como afecta la variación del X_{3ij} sobre Y_i

β_4 : Como afecta la variación del X_{4ij} sobre Y_i

μ_{it} : Vector de datos no observados de la UPM i en el trimestre j, grupo de variables que no se incluyen en el modelo pero que afectan el pago de regalías.

Seguidamente, se presentan algunas generalidades del análisis exploratorio de los datos. En él se pudo evidenciar que existen algunos periodos en los que no se tiene información de pago de regalías o de formalización, por lo que la base de datos se encuentra no balanceada. También se encontró que el número de minas en el año 2016 es menor al número de minas al primer trimestre de 2019. Esto se debe a que el ingreso de UPM al programa fue progresivo, conforme avanzaba la implementación de este en el tiempo. Es importante resaltar que el programa tiene como objetivo formalizar 220 UPM al finalizar la implementación, logrando, al menos, el 75% del nivel de

formalización. Actualmente, el programa cuenta con 211 UPM, de las cuales el 46% corresponden a minería subterránea, 48% a minería aluvial y 5,4% a minidragas (ver **Error! Reference source not found.**).

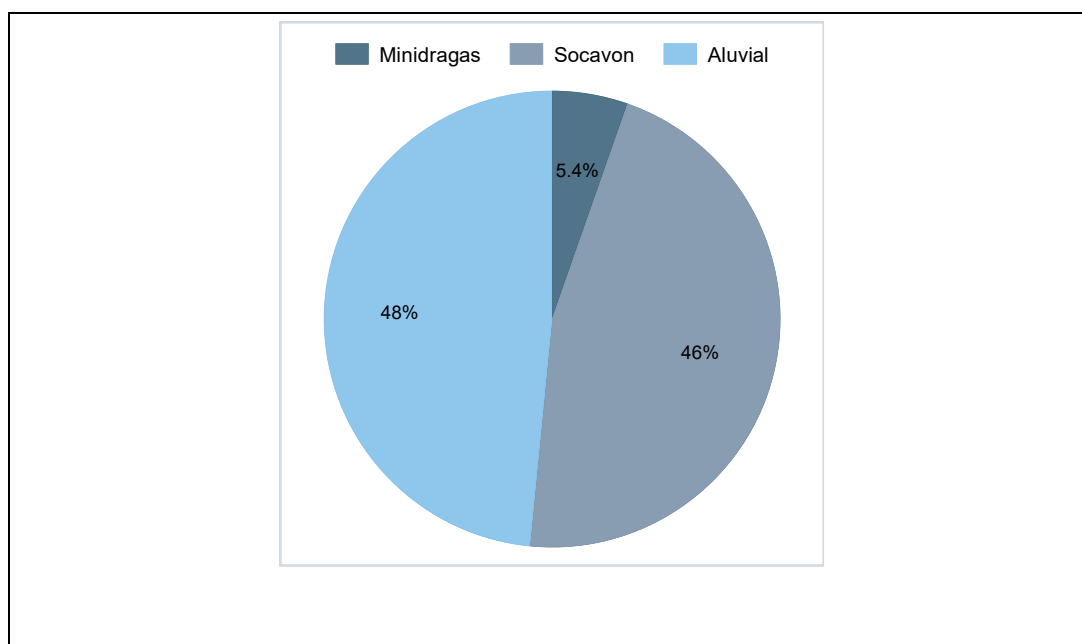


Ilustración 1. Distribución por tipo de minería. Fuente: elaboración propia

También se encontró que, para las 1186 observaciones, solo 639 contaban con la información de formalización y pago de regalías. Por lo anterior, se consulta al POL y manifiestan que pueden existir periodos en los que no se realicen las mediciones, por razón del orden público o por factores externos al programa.

El programa realiza actividades en 13 municipios de los departamentos de Chocó y Antioquia, distribuidos de la siguiente manera: 4 municipios en Chocó y 9 en Antioquia. A continuación, se presenta la cantidad de UPM en estos municipios (ver Ilustración 2).

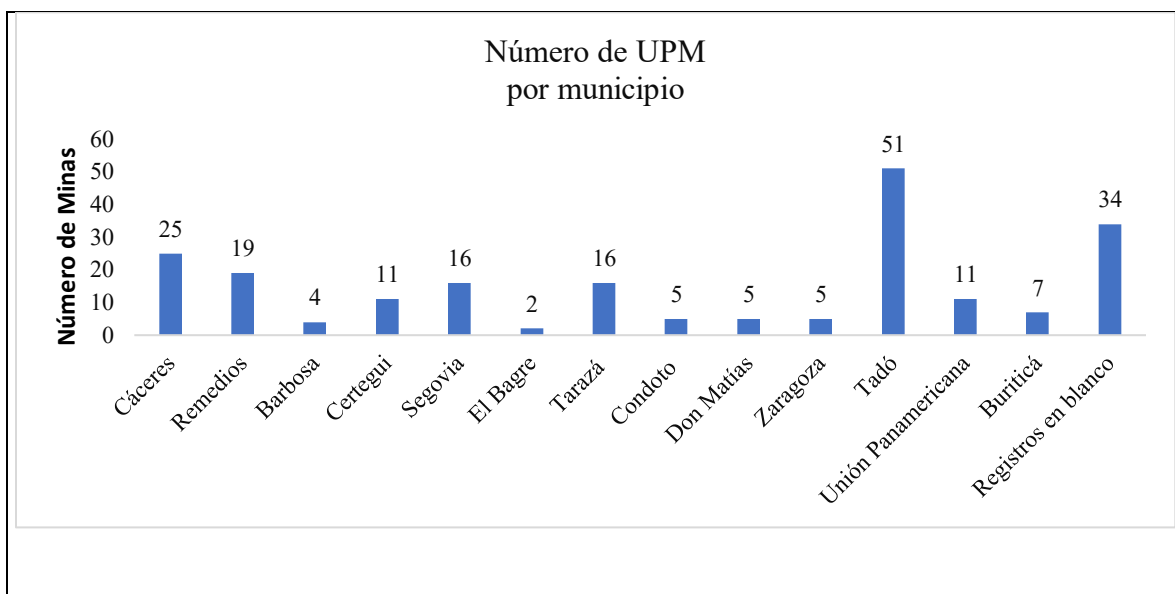


Ilustración 2. Número de minas por municipio. Fuente elaboración propia

En el seguimiento a estas 211 UPM se han reportado un total de 2'520.413.8 gramos de oro en lo corrido de la implementación del programa, distribuidos como se muestra en la Ilustración 3. En total, se generaron 10.878 millones de pesos en regalías (ver Ilustración 4); el mayor aporte está en el municipio de Segovia que, a su vez, es el mayor productor de oro de los 13 municipios donde hace presencia el programa.

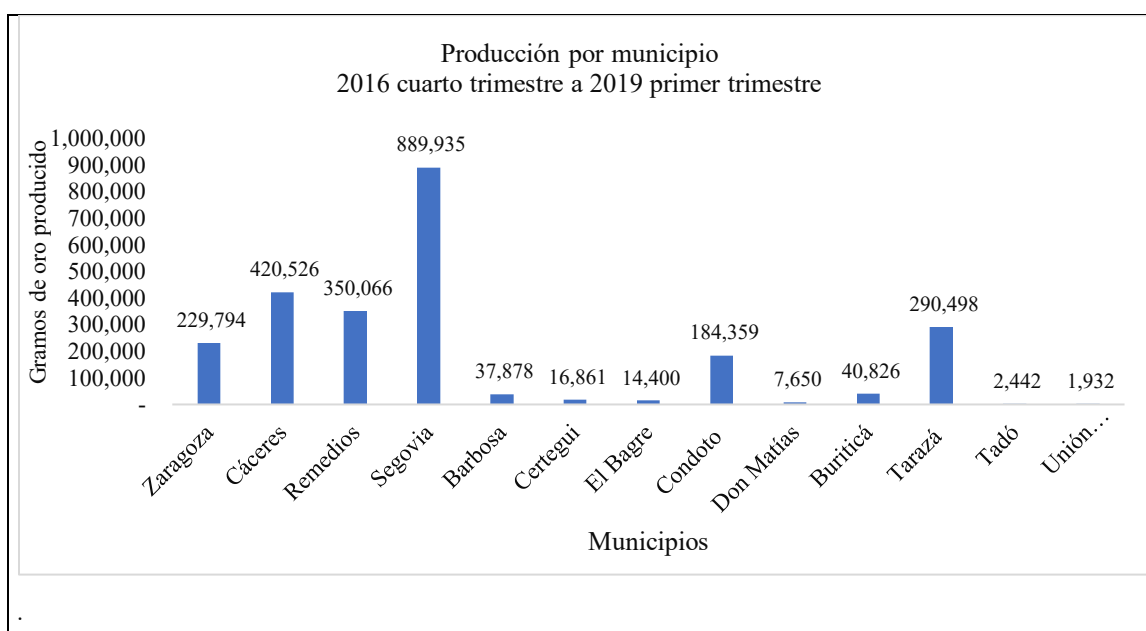


Ilustración 3: Producción por municipio. Fuente: elaboración propia

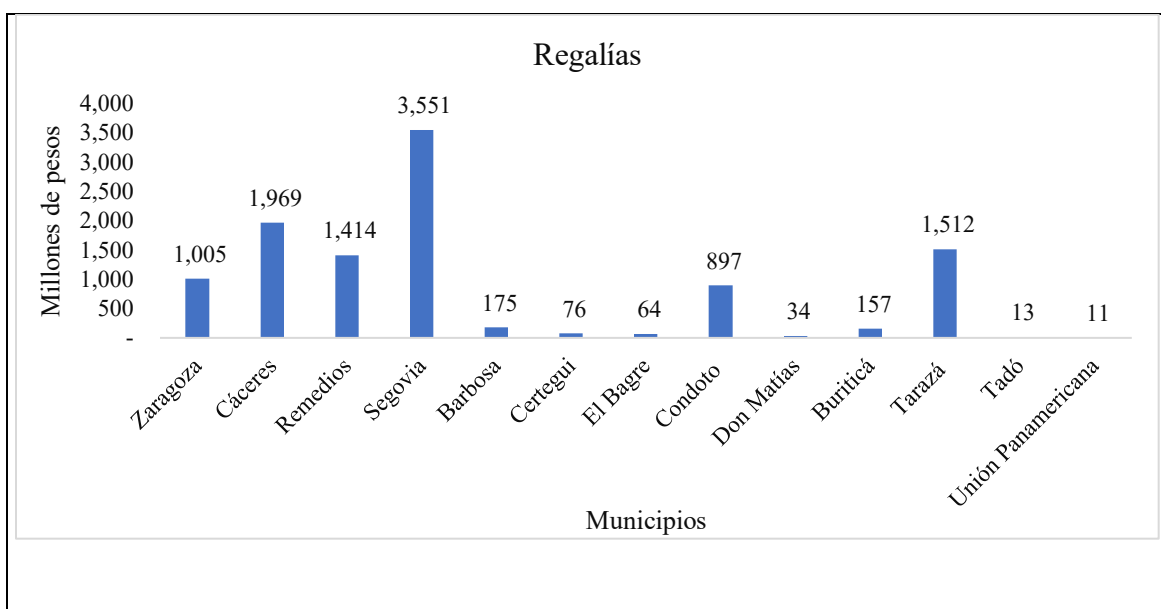


Ilustración 4: Regalías, en millones de pesos, por municipio Fuente: elaboración propia.

El tipo de minería que más aporta al recaudo de regalías es la minería subterránea (socavón). Esto se debe a que sus volúmenes de producción suelen ser mayores que los volúmenes de la producción de las minas a cielo abierto y de las minidragas (ver Ilustración 5).

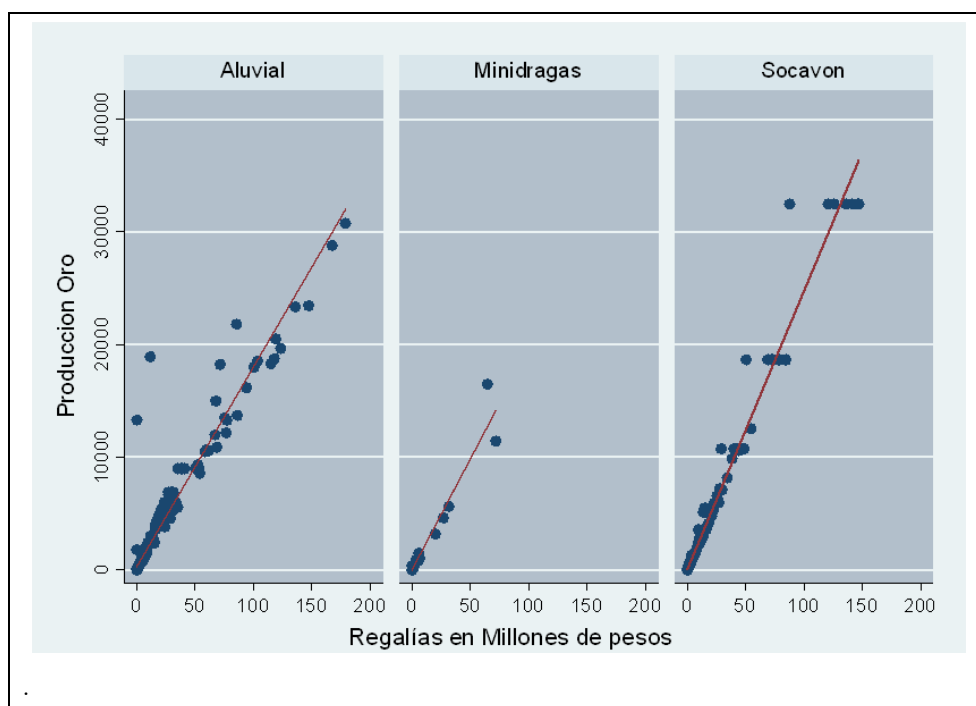


Ilustración 5: Relación producción vs. regalías por tipo de mina. Fuente: elaboración propia

A continuación se presentan los modelos construidos a partir de los datos recopilados por el POL y el análisis obtenido de dichos modelos.

Estimaciones y resultados

Inicialmente se utilizan modelos de regresión simple entre el pago de regalías con cada uno de los indicadores medidos por el POL (ambiental, seguridad y salud en el trabajo, seguridad y técnica minera y económico-empresarial) y el nivel de formalización, para determinar si existe alguna relación entre estos. Los resultados encontrados se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. *Modelo 1. Regresión simple entre el pago de regalías y cada una de las variables independientes*

Variables independientes	Regresión 1 OLS	Regresión 2 OLS	Regresión 3 OLS	Regresión 4 OLS	Regresión 5 OLS
Indicador ambiental	2.535** (1.077)				
Indicador económico-empresarial		7.466*** (1.208)			
Indicador técnica y seguridad minera			6.080*** (1.161)		
Indicador seguridad y salud en el trabajo				7.148*** (1.284)	
Nivel de formalización					0.297*** (0.0565)
Constante	9.039*** (0.939)	9.042*** (0.896)	9.042*** (0.913)	9.042*** (0.900)	-4.784** (2.102)
Observaciones	638	638	638	638	638
R-squared	0.011	0.098	0.065	0.090	0070
Errores Estándar Robustos en Paréntesis					
***p<0.01. ** p<0.05. *p<0.1					

Fuente: elaboración propia.

De esta primera aproximación, en general, encontramos que todos los indicadores con respecto al pago de regalías son significativos y positivos. Por otro lado, al examinar el poder explicativo de las variables en cada regresión, este oscila entre el 1% y el 9%. Se puede observar en la regresión entre el pago de regalías y el nivel de formalización, que un incremento en un 1% en el nivel de

formalización incrementa en promedio 297.000 pesos el pago de regalías por UPM del POL en el trimestre.

Sin embargo, las relaciones anteriores pueden tener problemas, debido a distintas variables omitidas que pueden influir en el nivel de pago de regalías, como el número de empleados, la producción, la UPM en sí misma, o el municipio de ubicación.

Una aproximación posterior consiste en agregar el número de empleados y efectos fijos por nombre de UPM. En la **Error! Reference source not found.**, se observa el resultado. De esta aproximación, en general, se mantienen los efectos positivos de los distintos indicadores. En este caso, el poder explicativo del modelo se encuentra entre el 63% y el 66%. Se observa que la relación entre el pago de regalías y el nivel de formalización continúa siendo positiva y con un nivel de significancia al 1%. Es este caso, un incremento en un 1% en el nivel de formalización representa un incremento en el pago de regalías en promedio de 247.000 pesos por UPM en el trimestre, menor al obtenido en el modelo anterior.

Tabla 4. *Modelo 2. Regresión múltiple entre el pago de regalías y las variables independientes, controlando por el número de empleados de las UPM y efectos fijos por nombre de UPM.*

Variab independientes	Regresión 1 OLS	Regresión 2 OLS	Regresión 3 OLS	Regresión 4 OLS	Regresión 5 OLS
Indicador ambiental	3.591*** (1.105)				
Indicador económico-empresarial		8.665*** (1.857)			
Indicador técnica y seguridad minera			2.313* (1.225)		
Indicador seguridad y salud en el trabajo				2.296*** (0.875)	
Nivel de formalización					0.247*** (0.0665)
Constante	10.12*** (1.456)	9.591*** (1.413)	9.967*** (1.459)	9.927*** (1.465)	-1.424 (3.423)
Variables de control					
Número de empleados	-0.123 (0.150)	-0.0530 (0.144)	-0.101 (0.149)	-0.0972 (0.151)	-0.104 (0.149)
Observaciones	632	632	632	632	632
R-squared	0.637	0.659	0.631	0.633	0.642
Errores Estándar Robustos en Paréntesis					
***p<0.01. ** p<0.05. *p<0.1					

Fuente: elaboración propia.

Aunque en la regresión anterior se controló por varios factores, aún es posible aprovechar la relación determinística que existe entre la producción de oro y el pago de regalías para poder tener un control exhaustivo. Esto se puede observar en la **Error! Reference source not found.**

Tabla 5. *Modelo 3. Regresión múltiple entre el pago de regalías y las variables independientes, controlando por el número de empleados de las UPM, efectos fijos por nombre de UPM y la cantidad de oro producido.*

Variables independientes	Regresión 1 OLS	Regresión 2 OLS	Regresión 3 OLS	Regresión 4 OLS	Regresión 5 OLS
Indicador Ambiental	0.504* (0.291)				
Indicador económico-empresarial		1.753*** (0.530)			
Indicador técnica y seguridad minera			0.759** (0.353)		
Indicador seguridad y salud en el trabajo				0.770*** (0.226)	
Nivel de formalización					0.0418** (0.0188)
Constante	-1.530** (0.665)	-1.486** (0.662)	-1.580** (0.664)	-1.577** (0.660)	-3.453*** (1.121)
Variables de control					
Número de empleados	0.0562 (0.0498)	0.0673 (0.0491)	0.0607 (0.0503)	0.0618 (0.0495)	0.0585 (0.0492)
Cantidad de oro producido	0.00526*** (0.000258)	0.00519*** (0.000269)	0.00527*** (0.000259)	0.00526*** (0.000258)	0.00525*** (0.000257)
Observaciones	632	632	632	632	632
R-squared	0.949	0.950	0.949	0.950	0.950
Errores estándar Robustos en paréntesis ***p<0.01, **p<0.05, *p.<0.1					

Fuente: elaboración propia.

Aún después de realizar el control exhaustivo se obtienen efectos positivos y significativos en el indicador económico-empresarial, en seguridad y salud en el trabajo y en el nivel de formalización. En esta ocasión, el poder explicativo del modelo se encuentra cercano al 95%. Se observa que la relación entre el pago de regalías y el nivel de formalización continúa siendo positiva y con un nivel de significancia al 5%. Es este caso, un incremento en un 1% en el nivel de formalización representa un incremento promedio en el pago de regalías de 41.800 pesos por UPM perteneciente al POL en el trimestre, menor al obtenido en los modelos anteriores.

Lo anterior parece indicar que la relación entre el pago de regalías y el nivel de formalización es bastante robusta. Sin embargo, aún es necesario controlar por la dimensión temporal, retirando el control determinístico de la cantidad de oro producido. El resultado de este modelo se presenta en la

Tabla 6. *Modelo 4. Regresión múltiple entre el pago de regalías y las variables independientes, controlando por el número de empleados de las UPM, efectos fijos por nombre de UPM y los años en los que se han efectuado las mediciones.*

Variables independientes	Regresión 1 OLS	Regresión 2 OLS	Regresión 3 OLS	Regresión 4 OLS	Regresión 5 OLS
Indicador Ambiental	0.738 (0.502)				
Indicador económico-empresarial		2.637*** (0.563)			
Indicador técnica y seguridad minera			0.571 (0.568)		
Indicador seguridad y salud en el trabajo				-0.380 (0.479)	
Nivel de formalización					0.100 (0.0876)
Constante	5.147 (7.395)	14.65* (7.490)	5.699 (7.407)	5.127 (7.416)	4.108 (7.491)
Variables de control					
Número de empleados	-0.0622 (0.125)	-0.0558 (0.122)	-0.0463 (0.125)	-0.0475 (0.125)	-0.0577 (0.125)
Año 2017	2.945 (4.482)	-1.841 (4.505)	3.088 (4.487)	3.224 (4.494)	2.752 (4.494)
Año 2018	-0.875 (8.127)	-15.77* (8.622)	-0.548 (8.206)	2.436 (8.149)	-1.758 (8.429)
Año 2019	6.088 (8.389)	-12.86 (9.220)	7.265 (8.364)	11.59 (8.568)	4.510 (9.148)
Observaciones	632	632	632	632	632
R-squared	0.650	0.665	0.649	0.649	0.649
Errores estándar Robustos en paréntesis ***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1					

Fuente: elaboración propia.

Se observa que el poder explicativo del modelo disminuye y se encuentra cercano al 65%. Este comportamiento se da porque las variables independientes pierden significancia. Adicionalmente, se observa que el único indicador significativo es el económico-empresarial, lo que parece indicar

que es el más importante dentro de los indicadores evaluados. Este resultado tiene sentido por estas razones:

1. En el componente económico-empresarial se registra el momento en que la UPM accede al *Registro único de comercializadores de minerales (RUCOM)*, documento que autoriza al explotador minero a comercializar legalmente el oro extraído.
2. Dado que el componente económico-empresarial es un indicador con un alto contenido documental y de cumplimiento legal, asociado a trámites empresariales y tributarios que se allegan fácilmente, su cumplimiento se verifica más rápido que el de los demás indicadores.

A continuación, se presenta una estimación en donde se controla por el tiempo, por el nombre de la UPM, por el número de empleados y por la producción de oro. Esta será la estimación más exigente realizada en este ejercicio. Sin embargo, cabe señalar que en este modelo ningún indicador fue significativo, aunque su poder explicativo es cercano al 95% debido a la variable determinística *cantidad de oro producido por UPM*. Esto se puede observar en la

Tabla 7. *Modelo 5. Regresión múltiple entre el pago de regalías y las variables independientes, controlando por el número de empleados de las UPM, la cantidad de oro producido, efectos fijos por nombre de UPM y los años en los que se han efectuado las mediciones.*

Variables independientes	Regresión 1 OLS	Regresión 2 OLS	Regresión 3 OLS	Regresión 4 OLS	Regresión 5 OLS
Indicador ambiental	-0.147 (0458)				
Indicador económico		1.288 (0.785)			
Indicador Técnica y Seguridad Minera			0.500 (0.419)		
Indicador Seguridad y Salud en el Trabajo				-0.0727 (0.523)	

Nivel de formalización					-0.0317 (0.0540)
Constante	-1.143 (1.388)	1.688 (2.188)	-0.336 (1.401)	-1.048 (1.460)	-0.533 (1.489)
Variables de control					
Número de Empleados	0.0610 (0.0466)	0.0580 (0.0466)	0.0607 (0.0467)	0.0599 (0.0469)	0.0628 (0.0468)
Cantidad de oro producido	0.00522*** (0.000257)	0.00517*** (0.000267)	0.00521*** (0.000258)	0.00521*** (0.000261)	0.00522*** (0.000256)
Año 2017	-0.866 (1.032)	-1.595 (1.079)	-0.861 (1.008)	-0.861 (1.035)	-0.781 (1.056)
Año 2018	-1.239 (1.239)	-4.004** (1.949)	-2.089 (1.305)	-1.328 (1.241)	-0.464 (1.926)
Año 2019	1.222 (1.613)	-2.393 (2.409)	0.166 (1.504)	1.117 (1.861)	2.482 (3.184)
Observaciones	632	632	632	632	632
R-squared	0.951	0.951	0.951	0.951	0.951
Errores Estándar Robustos en Paréntesis					
***p<0.01, **p<0.05, *<0.1					

Fuente: elaboración propia.

De las estimaciones realizadas se puede concluir que la producción de oro es determinante en el pago de regalías, como se esperaba. Sin embargo, el hallazgo de la relación entre el indicador económico-empresarial y el pago de regalías es significativo en cuatro de los cinco modelos presentados. Este hecho permite considerar ese indicador como el más importante relacionado con el pago de regalías en el proceso de formalización de las UPM atendidas por el POL.

Por último, se realizó el análisis de PCA (método de componentes principales) del nivel de formalización, con el cual se obtuvo una nueva ponderación de los indicadores de formalización minera (seguridad y salud en el trabajo, aspectos técnicos mineros, aspectos ambientales, aspectos económico-empresarial y aspectos legales). Este análisis dio como resultado un índice que integra mejor los componentes de la formalización. Con esta nueva ponderación se estructura un nuevo modelo para medir la correlación existente entre el pago de regalías y este nuevo índice,

controlando por el número de empleados de las UPM, los efectos fijos del nombre de la UPM y la cantidad de oro producido por UPM.

Los resultados de este nuevo modelo se comparan con los resultados encontrados en el Modelo 3, en el que se obtuvo la mejor estimación posible, encontrando que los resultados de las regresiones difieren y es mayor el efecto usando el índice PCA sobre el pago de regalías, lo cual indica que por esta vía se puede realizar una mejor ponderación de los indicadores.

Sin embargo, el índice obtenido por el método de PCA solo está considerando la relación existente entre los datos y ajusta su ponderación para maximizar su valor; no considera la importancia que tiene cada uno de los indicadores a la formalización de una UPM en Colombia para determinar la ponderación. Es por este motivo que el efecto obtenido en la estimación es mayor al medido por la variable *nivel de formalización*.

En esta ocasión el poder explicativo del modelo se encuentra cercano al 95%. Se observa que la relación entre el pago de regalías y el índice construido con la metodología PCA es positiva y con un nivel de significancia al 1%. El incremento de un 1% en este índice representa un incremento en el pago de regalías de 1'082.000 pesos, el cual es mayor al obtenido en el Modelo 3 que fue de 41.800 pesos.

Al evaluar los modelos presentados, se considera que el Modelo 3 presenta el mejor ajuste frente al fenómeno evaluado por lo que es seleccionado para cuantificar y analizar la relación existente entre el pago de regalías y el nivel de formalización. El Modelo 3 es escogido porque incluye errores robustos, lo que permite controlar la heterocedasticidad; se controla el sesgo por variables omitidas, que se puede encontrar en los datos tipo panel, al incluir el efecto fijo por nombre de UPM; el modelo incluye el control exhaustivo con la variable *cantidad de oro producido*; incluye variables de control lo que mejorar la estimación y por último es el modelo con el mayor poder predictivo de los presentados.

En la

se observa la diferencia entre el resultado obtenido mediante la variable *Nivel de formalización* y el índice generado por PCA.

Tabla 8. *Diferencia entre el resultado obtenido mediante la variable nivel de formalización, y el índice generado por PCA.*

Variables Independientes	Regresión 1	Regresión 2
	OLS	OLS
Índice por PCA	1.082***	
	(0.373)	
Nivel de Formalización		0.0418**
		(0.0188)
Constante	-1.501**	-3.453***
	(0.659)	(1.121)
Variables de Control		
Cantidad de oro producido	0.00524***	0.00525***
	(0.000257)	(0.000257)
Número de Empleados	0.0595	0.0585
	(0.0489)	(0.0492)
Observaciones	632	632
R-squared	0.950	0.950

Errores Estándar Robustos en Paréntesis

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

Con esta investigación se pretendía determinar la correlación entre el pago de regalías y el nivel de formalización para las UPM de oro que hacen parte del Programa Oro Legal. Una vez aplicadas las fórmulas establecidas en la metodología, se encontró que el pago de regalías está correlacionado positiva y significativamente con el nivel de formalización, dado que, aumentar un 1% en el nivel de formalización representa un incremento de 41.800 pesos en el pago trimestral de regalías por cada UPM en proceso de formalización. Para el caso del POL, que cuenta en la actualidad con 211 UPM, considerando el nivel mínimo de formalización del 75% como meta del programa, estas UPM representarían un ingreso por concepto de regalías al país de 2.646 millones de pesos anuales, equivalente al 2% del recaudo nacional, si se toma como referencia el recaudo en regalías del 2017 (UPME, 2019). Este resultado refleja lo que puede significar la formalización para el país, sin considerar el aporte en impuestos y los beneficios a nivel de empleos en las regiones, entre otros factores. Igualmente, avanzando en esta dirección, el país se beneficiaría con los mayores recursos que podrían recibir los municipios y los departamentos por medio del Sistema General de Regalías.

Otro hallazgo relevante está relacionado con la importancia del indicador económico – empresarial en relación con el pago de regalías. El estudio estableció que éste es el indicador con mayor efecto de todos los componentes de la formalización para el modelo seleccionado como de mayor relevancia en la investigación (Modelo 3). Para este indicador, un incremento en un 1% en el porcentaje de cumplimiento representa un aumento de 1'753.000 pesos trimestrales por UPM, siendo este valor el mayor aporte al pago de regalías de los componentes evaluados. Este comportamiento se debe a que el indicador económico - empresarial está relacionado con el cumplimiento del RUCOM, documento necesario para la comercialización formal, siendo consistente con el resultado de la investigación. En relación con los demás componentes de la formalización, en el Modelo 3 se encontró que sus efectos son menores a los presentados por el indicador económico – empresarial.

Se considera relevante mencionar que, al realizar el análisis exploratorio de los datos, una limitante que se identificó la constituyen los periodos en los que no se cuenta con datos para la producción de oro. Este panorama, relacionado en parte con las condiciones de orden público, es

el reflejo de la necesidad de garantizar el desarrollo de la minería con normalidad en los territorios, contando con el acompañamiento de la fuerza pública. Aunque se entiende este factor en relación con la extensión del territorio, en algunas de las regiones en las cuales se encuentra el POL, la presencia de la fuerza pública es escasa o nula, factor que posibilita el accionar de grupos al margen de la ley, así como la existencia de otras actividades que impiden el normal desarrollo de la explotación minera.

Esta investigación se limita a la producción de oro en Antioquia y Choco para los municipios atendidos por el POL. Sin embargo, una investigación similar puede presentarse con alcance nacional, si se cuenta con data suficiente para las UPM en el país. También, puede ser ampliada a otros tipos de minerales para determinar el aporte de cada mineral en el recaudo de regalías al país desde la formalización de la actividad minera. Esta información puede ser utilizada como insumo para el desarrollo de políticas públicas encaminadas al fomento de la actividad minera en los territorios, bajo normas que permitan la explotación, acorde con la normatividad y con los lineamientos legales.

Por último, es importante destacar que, según las cifras ofrecidas por el documento “The Colombian artisanal mining sector: Formalization is a heavy burden” (Veiga & Marshall, 2019) el número de UPM formalizadas asciende al 7% en el año 2018, datos que señala la importancia de aumentar el ingreso de UPM al proceso de formalización y que, a la vez, se garantice el seguimiento riguroso a los proyectos existentes para que se desarrolle la actividad dentro de la formalidad y evitar la evasión en el pago de regalías. La finalidad es lograr que la producción informal ingrese a los registros de producción formal del país e, igualmente, recaudar la contraprestación correspondiente a dicha explotación.

Bibliografía

- Agencia Nacional de Minería. (2018). producción oro 2017 - Minería en Colombia. Recuperado en Abril 19, 2019, de <http://mineriaencolombia.anm.gov.co/index.php/es/produccion-oro-2017>
- Baronio, A., & Vianco, A. (2014). Datos de Panel Guía para el uso de Eviews. Recuperado de: <http://www.econometricos.com.ar/wp-content/uploads/2012/11/datos-de-panel.pdf>
- Bonet, J., Guzmán Finol, K., Urrego, J., & Villa, J. M. (2014). Efectos del nuevo Sistema General de Regalías sobre el desempeño fiscal municipal: un análisis dosis-respuesta. *Documentos de Trabajo En Economía Regional*.
- Congreso de la República de Colombia, (2012). Por la cual se regula la organización y el funcionamiento del Sistema General de Regalías. Diario Oficial n.o 48.433 Recuperado el 1 de Octubre de 2018, de http://www2.igac.gov.co/igac_web/normograma_files/LEY_1530_DE_2012.pdf
- Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES). (2019). Documento Conpes 3956: Política de formalización empresarial. Recuperado de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Economicos/3956.pdf>
- De la Fuente Fernández, S. (2011). Análisis Componentes Principales. Recuperado de http://www.estadistica.net/Master-Econometria/Componentes_Principales.pdf
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2019). Históricos producto interno bruto. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-trimestrales/historicos-producto-interno-bruto-pib>
- Dirección de Formalización Minera, Ministerio de Minas y Energía. (2018). Dirección de Formalización Minera. RESUMEN CARACTERIZACIÓN corte julio 2018.
- Guzmán-Finol, K. & Estrada-Jabela, A. (2016). Los gobiernos departamentales y la inversión de regalías en Colombia. En: Documentos de Trabajo sobre economía regional. Recuperado de

- http://repositorio.banrep.gov.co/bitstream/handle/20.500.12134/6937/dtser_236.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hotelling, H. (2002). The Economics of Exhaustible Resources. *Journal of Political Economy*, 39(2), 137–175. Recuperado de: <https://doi.org/10.1086/254195>
- International Institute for Environment and Development, Mining, Minerals and Sustainable Development Project & World Business Council for Sustainable Development (2002). *Minería, Minerales y Desarrollo Sustentable - MMSD*. International Institute for Environment and Development. Recuperado de: <https://books.google.com.co/books?id=wKL1jwEACAAJ>
- Ministerio de Minas y Energía. (2012). Censo Minero Departamental 2010-2011. Recuperado de: <http://www.minminas.gov.co/censominero>
- Ministerio de Minas y Energía. (2014). Política de Formalización Minera, 1, 1–31.
- Ministerio de Minas y Energía. (2015). GLOSARIO TÉCNICO MINERO.
- Ministerio de Minas y Energía. (2016). POLÍTICA MINERA DE COLOMBIA: Bases para la minería del futuro
- Programa Oro Legal. (2016). Programa de Minería Artesanal, “Oro Legal.” Recuperado de www.facebook.com/USAIDColombia
- Ricardo, D. (1911). *The principles of political economy & taxation*. London : J.M. Dent; New York : E.P. Dutton, 1911. Recuperado de <https://search.library.wisc.edu/catalog/999818634402121>
- Unidad de Planificación Minero Energética (UPME). (2019). SIMCO Cifras Sectoriales -oro. Recuperado de <http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Paginas/oro.aspx>
- Uribe, E. M. C., & Rojas, F. A. G. (2018). Reforma en el sistema general de Regalías en Colombia. *VISIÓN - Revista de Investigaciones UNICIENCIA*, 3(1), 109–114. Recuperado de: <https://www.vision.journal-uniciencia.com/index.php/VISION/article/view/64/pdf>

Veiga, M. M., & Marshall, B. G. (2019). The Colombian artisanal mining sector: Formalization is a heavy burden. *Extractive Industries and Society*, 6(1), 223–228. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.exis.2018.11.001>

Wooldridge, J. (2013). Introduccion a la econometria. Un enfoque moderno. *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53). Recuperado de: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>