



**AgEcon** SEARCH  
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

# Documentos CEDE

ISSN 1657-7191 Edición electrónica.

Petróleo y desarrollo: Efectos en la acumulación  
y destrucción de capital humano de los municipios  
de Colombia

**Juan Camilo Herrera P.**

**10**

MARZO DE 2014

Serie Documentos Cede, 2014-10

ISSN 1657-7191 Edición electrónica.

Marzo de 2014

© 2012, Universidad de los Andes–Facultad de Economía–CEDE

Calle 19A No. 1 – 37 Este, Bloque W.

Bogotá, D. C., Colombia

Teléfonos: 3394949- 3394999, extensiones 2400, 2049, 3233

*infocede@uniandes.edu.co*

*http://economia.uniandes.edu.co*

Ediciones Uniandes

Carrera 1ª Este No. 19 – 27, edificio Aulas 6, A. A. 4976

Bogotá, D. C., Colombia

Teléfonos: 3394949- 3394999, extensión 2133, Fax: extensión 2158

*infeduni@uniandes.edu.co*

Edición y prensa digital:

Cadena S.A. • Bogotá

Calle 17 A N° 68 - 92

Tel: 57(4) 405 02 00 Ext. 307

Bogotá, D. C., Colombia

*www.cadena.com.co*

Impreso en Colombia – *Printed in Colombia*

El contenido de la presente publicación se encuentra protegido por las normas internacionales y nacionales vigentes sobre propiedad intelectual, por tanto su utilización, reproducción, comunicación pública, transformación, distribución, alquiler, préstamo público e importación, total o parcial, en todo o en parte, en formato impreso, digital o en cualquier formato conocido o por conocer, se encuentran prohibidos, y sólo serán lícitos en la medida en que se cuente con la autorización previa y expresa por escrito del autor o titular. Las limitaciones y excepciones al Derecho de Autor, sólo serán aplicables en la medida en que se den dentro de los denominados Usos Honrados (Fair use), estén previa y expresamente establecidas, no causen un grave e injustificado perjuicio a los intereses legítimos del autor o titular, y no atenten contra la normal explotación de la obra.

## **Petróleo y desarrollo: Efectos en la acumulación y destrucción de capital humano de los municipios de Colombia**

Juan Camilo Herrera P.<sup>1</sup>

### **Resumen**

La literatura económica ha documentado un panorama pesimista para los países en desarrollo que han explotado recursos naturales de alto valor agregado, no obstante nueva evidencia refuta este postulado y ofrece nuevas perspectivas. En línea con esto, a partir de un panel para la primera década del 2000 el objetivo de este artículo es encontrar el impacto que tuvo la producción de petróleo en la acumulación y destrucción de capital humano de los municipios de Colombia, condicional a su calidad institucional. La estrategia de identificación consistió en un modelo de MC2E con VI, en el cual la primera etapa consta de tres ecuaciones simultáneas cuyos instrumentos reflejan la probabilidad del municipio de producir petróleo en función de las actividades de exploración de hidrocarburos, y la institucionalidad en función de la distancia a los centros económicos del país. Se encontró que la producción de petróleo exacerba la destrucción de capital humano de los municipios, ya que la tasa de homicidios y la tasa de ataques armados por cien mil habitantes aumentan en promedio 0.02 ambas por cada 1% que aumente la producción de petróleo, y el desempeño fiscal del municipio como variable institucional ejerce un efecto exiguo para revertir estos resultados. En cambio, para la acumulación de capital humano de los municipios no se observó ningún efecto a causa de la producción de petróleo.

**Palabras Clave:** Capital humano, institucionalidad, maldición de los recursos, municipios, petróleo

---

<sup>1</sup> Trabajo presentado como tesis de maestría del Programa para Economistas Graduados (PEG) de la Universidad de los Andes. Agradezco la asesoría y el entusiasmo de Ana María Ibáñez en el desarrollo de este documento, así como a los jurados Guillermo Perry y Juan Benavidez por sus valiosos aportes y comentarios. Las opiniones, errores y omisiones son responsabilidad única del autor. Contacto: camilo.herrera@gmail.com

# **Oil and Development: Effects in human capital accumulation and destruction in Colombian municipalities**

Juan Camilo Herrera P.

## **Abstract**

In the existing literature about Economy, a pessimistic outlook has been documented for developing countries that produce high value natural resource. However, new evidence refutes this statement and offers new perspectives. In line with this, taking into account a panel from the 2000's, the objective of this paper is to describe the oil production impact in the human capital accumulation and destruction in Colombian municipalities, conditional on its institutional quality. The identification strategy consisted of a 2SLS model with IV, where the first stage comprised three simultaneous equations whose instruments reflect the probability for a municipality to produce oil based on hydrocarbons exploration, and its institutional quality depending on its distance from economic centers. We found that oil production exacerbates the destruction of human capital in municipalities, as both homicide and armed attacks rates (per hundred thousand) increase 0.02 average for each 1% of increase in oil production, while fiscal performance as institutional variable exerts a meager effect to reduce this. By contrast, no effect linked to oil production has been observed for human capital accumulation.

**Key words:** Human capital, institutionality, curse resource, municipality, oil production

**JEL classification:** H72, H77, Q38, R58

## **1. INTRODUCCIÓN**

En Colombia en el año 2011, el Congreso de la República aprobó una reforma a la Constitución que modificó estructuralmente el destino de las transferencias por regalías que resultan de la explotación de recursos naturales de alto valor agregado, que realiza el Gobierno central a las regiones.

Tal reforma fue precedida por un debate nacional en el que surgieron esencialmente dos argumentos justificando la necesidad de ésta: i) una distribución inequitativa de las regalías con las regiones no productoras (Ministerio de Hacienda, 2011), ii) y la incapacidad de las regiones productoras de generar un cambio en las condiciones socioeconómicas de su municipio a pesar de recibir ingentes recursos de regalías (DNP, 2010).

Las ineficiencias en el uso de los recursos que provienen de la extracción de los recursos naturales no es un asunto exclusivo de Colombia. A nivel internacional, este asunto se replica en un contexto más amplio, en el que algunos países con mayor dotación de recursos naturales han tenido igual o peor desempeño económico con respecto a países que no cuentan con tal dotación de recursos. A este fenómeno la literatura económica lo ha acuñado como la maldición de los recursos naturales (Ej: (Auty, 1993); (Karl, 1997)).

Para explicar los efectos que genera la explotación de recursos naturales de alto valor agregado y su denominada “maldición”, la literatura económica ha dilucidado principalmente dos hipótesis: i) la enfermedad holandesa y como los bienes transables no-mineros pierden competitividad, por causas como la apreciación de la tasa cambiaria y el aumento de los precios relativos de los bienes no transables entre otras, todas éstas desde un enfoque macroeconómico (Ej: (Corden, 1984); (Bruno & Sachs, 1982)); y, ii) como la calidad institucional puede influir en el desempeño económico de los estados con abundancia de recursos naturales, a causa de los incentivos que se generan en los agentes públicos y privados, desde un enfoque de economía política (Ej: (Torvik, 2002); (Mehlum, Moene, & Torvik, 2006)) .

Así, la importancia que ha adquirido la explotación de hidrocarburos en la economía nacional<sup>2</sup>; aunado al propósito de contribuir con evidencia a la discusión sobre la existencia o no de la maldición de los recursos naturales, conduce a plantearse la pregunta si la producción de petróleo tiene algún efecto en el desarrollo de las regiones donde se extrae.

Es esta última pregunta planteada la hipótesis del presente artículo, y encontrar la respuesta su principal objetivo. Para ello, a través de un modelo econométrico de MC2E con variables instrumentales, se busca en un panel de datos municipal para la primera década del 2000, encontrar los efectos que la producción de petróleo ejerció en el desarrollo de los municipios de Colombia, y la condicionalidad de este efecto a la calidad institucional de esas mismas regiones.

Con respecto a la literatura en torno la maldición de los recursos naturales, el principal aporte de este artículo radica en la estrategia de identificación propuesta que le da robustez y permite la inferencia causal de sus resultados, por medio del uso de un panel de datos a nivel intra-regional (municipal) y no de un corte transversal de países (cross-country); y el uso de variables instrumentales que permiten resolver la endogeneidad de las variables explicativas y el término de error.

Para ello, se plantea una metodología para estimar una variable instrumental que capture la probabilidad que tiene un municipio para producir petróleo, en función de indicadores que miden el nivel de la actividad exploratoria que la ANH<sup>3</sup> reporta para los bloques y cuencas del país. Y a su vez se instrumenta la calidad institucional de los municipios, utilizando la distancia de éstos a las principales capitales y centros económicos del país.

Los resultados muestran que la producción de petróleo en un municipio aumenta la destrucción de su capital humano y el desempeño fiscal del municipio no ejerce un efecto representativo en revertir tal fenómeno. En cambio, la producción de petróleo no aporta ni quita a la acumulación de capital humano ya que sus resultados fueron no-significativos.

---

<sup>2</sup> Ver (Lopez, Montes, Garavito, & Collazos, 2013)

<sup>3</sup> El objetivo de la Agencia Nacional de Hidrocarburos, ANH, es la administración integral de las reservas de hidrocarburos de propiedad de la Nación. Decreto 1760 de 2003.

Al comparar los resultados obtenidos por MC2E con el mismo modelo calculado por MCO, es evidente como se puede caer en la trampa de cometer error tipo I. Pues la mayoría de los resultados por MCO evidenciarían la existencia de la maldición de los recursos naturales condicionadas al desempeño fiscal del municipio, resultados que a la luz de la estrategia de identificación propuesta, resultan ser sesgados e inconsistentes.

En la organización del documento, el segundo capítulo hace un repaso por la literatura existente sobre la maldición de los recursos naturales, el tercero elabora una contextualización del sector de los hidrocarburos en Colombia, y el capítulo cuarto hace una discusión de la hipótesis y la estrategia empírica planteada. Luego el capítulo quinto hace una recopilación de los datos a usar, y a continuación el capítulo sexto describe la estrategia empírica de la variable instrumental y sus supuestos. Finalmente, el capítulo 7 presenta los resultados obtenidos y el capítulo 8 muestra las respectivas conclusiones.

*“Empirical support for the curse of natural resources is not bulletproof, but it is quite strong”*  
(Sachs & Warner, 2001)

## **2. LA MALDICIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES**

El efecto que tiene la explotación de recursos naturales no renovables de alto valor agregado, en el desarrollo de los países en donde se realiza la explotación es ambiguo. Por un lado, la evidencia casual muestra a países que explotan intensivamente recursos no renovables y han tenido un desempeño positivo en su economía (Noruega, Canadá, Australia, Chile, entre otros). Por otro lado, a países que a pesar de recibir cuantiosas remuneraciones a causa de la explotación de los recursos no renovables (Venezuela, Argelia, Nigeria, entre otros), han tenido un desempeño en su economía igual o inferior a países similares que no poseen estos recursos.

A estas consecuencias desfavorables en la economía, se le acuñó en los 1990s el nombre de maldición de los recursos naturales gracias al trabajo seminal de Richard M. Auty (1993). Éste describe en su libro, en el marco de la posguerra (1960s) y los esfuerzos de industrialización que esta época trajo, como los países en desarrollo productores de minerales (sin petróleo) fallaron no solo al desaprovechar esta dotación de recursos naturales, sino que incluso tuvieron un peor desempeño en su desarrollo frente a otros países que no poseían tal dotación de recursos.

La existencia del fenómeno de la maldición de los recursos naturales ha sido evidenciado empíricamente por varios autores, que de manera sistemática han investigado la correlación negativa entre las tasas de crecimiento económico de los países y la dependencia económica que les generan los recursos naturales en su balanza comercial, generalmente con datos de corte transversal de países.

Quizá el artículo más notorio al respecto es el elaborado en los 1990s por (Sachs & Warner, 2001), en el cual a través del uso de distintas variables de control y con muestras de países más amplias, aún siguen encontrando significancia en el coeficiente negativo entre la explotación de recursos naturales y un menor crecimiento económico.

Para ahondar más en la evidencia empírica que respalda la maldición de los recursos naturales, el capítulo 2 del artículo de (Van der Ploeg, 2006) realiza una compilación extensa de todos los artículos que se han elaborado del tema, condensándolos en cuatro potenciales canales de transmisión diferentes del crecimiento económico, a través de los cuales los recursos naturales pueden afectar la economía de un país.

De estos canales, convenientemente se ahonda en dos de éstos en los cuales se relaciona la maldición de los recursos naturales directamente con la destrucción y acumulación de capital humano. Por ejemplo, la producción de hidrocarburos en una región puede estar relacionada con el origen de los conflictos armados en las regiones productoras, conflictos que destruyen el capital humano del municipio productor y que terminan afectando finalmente el desarrollo de esas regiones.

Para explicar esto, (Collier et al, 2009) realizan un análisis empírico de la tendencia que tienen los países a sufrir una guerra civil y sus posibles causas, encontrando que en los países exportadores de bienes primarios se incrementa el riesgo de sufrir una guerra civil porque son una fuente de financiación para la guerra. Para ello, los autores establecen tres canales por los cuales la explotación de bienes primarios (entre ellos el petróleo) pueden estar relacionados con el riesgo de conflicto (Collier, Hoeffler, & Rohner, 2009).

En el primer canal, la exportación de productos primarios ofrece la oportunidad a los rebeldes de depredar estos recursos para financiar tanto la sostenibilidad como el escalamiento de la rebelión a través del hurto, la extorsión, y el secuestro y rescate de trabajadores. En el segundo canal se establece como uno de los objetivos de la rebelión, la

captura de las rentas de la explotación de los bienes primarios durante o después del conflicto. Y en el tercer canal, los países ricos en recursos primarios tienen ya sus ingresos asegurados, por lo que tienden a alejarse de su población (centralismo) dado que no necesitan los impuestos de éstos, lo que incrementa el descontento en las regiones.

Por tanto los conflictos armados, representan un costo enorme al desarrollo porque no solo destruyen físicamente el capital humano y el capital físico que son causas próximas de éste, sino que además el conflicto armado representa un costo de oportunidad muy alto porque el riesgo de acumular estos capitales se aumenta debido al conflicto armado.

Por otro parte, la abundancia de recursos naturales y la intensidad con que estos se explotan puede reducir los incentivos públicos y privados a acumular capital humano debido a los ingresos no asociados a los salarios, tales como regalías, dividendos, impuestos, etc. Estos niveles de ingresos, pueden hacer que los agentes no descuenten el valor de largo plazo que tiene la acumulación de capital humano en el futuro, y por tanto decidan asignar estas rentas en otros lucros que tengan dividendos en el corto plazo (Gylfason, 2004).

(Gylfason, 2001) encuentra evidencia empírica que en los países donde hay abundancia o intensidad en la producción de recursos naturales, hay menor inversión en educación pública y menor promedio en los años de escolaridad, por lo que el autor concluye que la abundancia de capital natural genera un fenómeno de exclusión (*crowding out*) del capital humano.

A pesar de la infinidad de artículos que se han escrito encontrando evidencia sobre la maldición de los recursos naturales, recientemente otros autores contradicen las hipótesis asociadas a la maldición de los recursos naturales. Tal es el caso de (Lederman & Maloney, 2008) quienes compilan en su libro evidencia econométrica e histórica sobre la inexistencia de la maldición de los recursos naturales, e incluso en algunos casos encontrando correlación positiva entre la dotación de recursos naturales y el crecimiento.

Para el caso específico de Colombia, se encuentran varios estudios que investigan los efectos que ha tenido la explotación de los recursos naturales en el país, que pueden evidenciar o no la existencia de la maldición. Por ejemplo, Miguel Urrutia en el año 1993 demostró a través de un modelo VAR en un seminario a propósito del gran descubrimiento

del pozo Cusiana, que las bonanzas cafeteras en la segunda mitad del siglo XX afectaron en buena parte la tendencia de largo plazo del producto interno transable, y por el contrario no ejercieron ningún efecto sobre el producto interno no transable, síntoma inequívoco de la denominada Enfermedad Holandesa (Urrutia & Suescún, 1994).

(Gaviria, Zapata, & González, 2002), a partir de la encuesta social de Fedesarrollo aplicada a cuatro municipios petroleros del Casanare en el 2001, concluyen que la actividad petrolera en el Casanare tuvo un impacto positivo en las coberturas de servicios básicos, salud y educación, al igual que en las condiciones generales del mercado laboral. Concluyen también que, a pesar que la actividad petrolera haya desplazado al sector agropecuario como actividad principal, en términos reales este último sector no decreció ni se desfavoreció por la actividad petrolera. Sin embargo, el resultado de (Gaviria et al, 2002) es refutable porque los autores basan sus conclusiones sólo en la variación de los indicadores mencionados, sin evidenciar estadísticamente si este aumento está correlacionado con la producción de petróleo o se debe a otros efectos.

(Perry & Olivera, 2012) en su libro “Petróleo y minería: ¿bendición o maldición?”, estiman el impacto de las actividades del petróleo y de la minería en el desarrollo de los departamentos y municipios del país, encontrado a través de modelos econométricos evidencia de la maldición de los recursos naturales a nivel departamental a través de un panel de datos, efecto que se ve diezmado por la calidad institucional. En cambio, cuando enfocan el estudio a nivel municipal éstos encuentran impactos positivos sobre el PIB per cápita en un corte transversal del 2002, y como este efecto se multiplica al existir mejores instituciones.

La metodología econométrica que en su libro (Perry et al, 2012) expone, se asemeja al artículo que acá se escribe en el uso de las variables institucionales y la interacción con la producción de petróleo; no obstante, en este artículo se hace un supuesto diferente sobre la exogeneidad de las variables explicativas que difiere del expuesto por los autores de este libro, por lo cual sus resultados también varían con respecto a los que acá se encontraron.

(Echeverry, Navas, Navas, & Gómez, 2009) concluyen que la explotación de petróleo, si bien no fue la causante de la crisis económica del año 1999, generó una presión fiscal que en últimas favoreció la ocurrencia de ésta. El masivo flujo de recursos a causa de

los descubrimientos de petróleo y gas de Caño Limón (Arauca, Arauca) y Cusiana (Aguazul, Casanare), crearon un desbordado optimismo, que sumados al proceso de descentralización del país a causa de la Constitución de 1991 generó no solo la apreciación del peso sino un aumento desmesurado en el déficit fiscal y la deuda pública, que desencadenó (junto con otros factores) en la peor crisis económica en la historia de Colombia en el año de 1999 (Echeverry et al, 2009).

(Bernal, 2011) estudia a través de un modelo de diferencias en diferencias, el impacto que tienen los ingresos por regalías de los municipios, en variables de cobertura al régimen subsidiado, la mortalidad infantil, la cobertura educativa y el número de estudiantes que presentan las pruebas Icfes. Los resultados de éste indican que las regalías directas solo tienen un efecto positivo sobre la cobertura en salud y negativo sobre cobertura en educación (Bernal, 2011). Resultados que basan su robustez en la estrategia de identificación la cual expresa que los giros de regalías directas se consideran exógenas al comportamiento de las administraciones municipales y al comportamiento económico de las regiones. Exogeneidad que es cuestionable dado que, si bien las administraciones municipales no deciden la cantidad de regalías que se les genera, sus incentivos a la captura de rentas como agentes públicos si pueden modificarse por la obtención de estos ingresos.

Si bien la evidencia empírica que sustenta la existencia de la maldición de los recursos ha sido amplia y se ha considerado como un hecho estilizado por muchos años, nueva evidencia refuta este fenómeno encontrando efectos opuestos o no significativos. Incluso algunos autores van más allá y cuestionan si una simple correlación es suficiente para concluir la tal maldición.

(Boyce & Emery, 2011), a través de un modelo estructural con un sector netamente extractivo y otro manufacturero, argumentan que la interpretación de bienestar que se les da a las tasas de crecimiento es errónea, y que la correlación negativa entre la abundancia de recursos naturales y el crecimiento económico no es una condición suficiente para concluir la existencia de la maldición de los recursos naturales (Boyce & Emery, 2011).

En cuanto a las causas o el porqué se da esta maldición, (Auty, 1993) señala que las economías mineras<sup>4</sup> tienden a aumentar su dependencia en este sector relegando la competitividad de los bienes transables no-mineros, afectando así la producción industrial y los ingresos fiscales de la nación. Esto se debe a la volatilidad de los precios de los bienes primarios y de las tasas de cambio a las cuales están sujetas los bienes transables, más el efecto magnificador que tiene una función de producción intensiva en capital ante la variación de precios (Auty, 1993). A esa pérdida de competitividad en los sectores transables se le denominó en los 1960s como la enfermedad holandesa.

Para explicar la enfermedad holandesa, (Corden, 1984) realiza un compendio de las causas y las consecuencias asociadas en los demás sectores transables y los no transables, a partir del auge en un sector intensivo en recursos naturales producto de un cambio exógeno en su productividad marginal, de un hallazgo de nuevos recursos naturales, o de un aumento exógeno en los precios (Corden, 1984).

La enfermedad holandesa fue hasta finales del siglo XX la principal causa conocida de la maldición de los recursos naturales. No obstante, a esta hipótesis se le sumó en la década del 2000 la discusión que se ha dilucidado desde la economía política, hacia como la institucionalidad<sup>5</sup> puede influir en el desempeño de los países con abundancia de recursos naturales.

La economía política ofrece dos modelos basados en la captura de rentas, entendiendo las rentas en este contexto como retornos en exceso superiores a los costos, con respecto a retornos promedios al capital (Kolstad & Wiig, 2009). El primer modelo denominado centralizado o de patronaje<sup>6</sup> centra su atención en las decisiones de las élites políticas, y como la abundancia de recursos naturales les generan incentivos políticos que eventualmente afectan sus decisiones.

---

<sup>4</sup> (Auty, 1993) define a las economías mineras como países en desarrollo con al menos 8% del PIB y 40% de las exportaciones basadas en minería

<sup>5</sup> “*Institutions are the rules of the game in a society or, more formally, are the humanly devised constraints that shape human interaction*” (North, 1990)

<sup>6</sup> Patronaje se refiere a la manera en que los partidos políticos distribuyen trabajos en el sector público o favores especiales, a cambio de apoyo electoral.

A través de un modelo de votación probabilística de dos periodos, en el que existe una dotación de recursos naturales, el político electo decide cuantos recursos extraer y como asignar estos recursos entre el auto enriquecimiento, transferirlos a los ciudadanos o ejercer patronaje, en función de su probabilidad de reelección (Robinson, Torvik, & Verdier, 2006).

En equilibrio, el modelo ofrece algunas de las siguientes proposiciones. Un boom permanente al igual que un boom anticipado de precios, aumenta la eficiencia en la extracción de los recursos naturales porque es más valioso para el político mantenerse en el poder a futuro, lo que lleva a éste a aumentar la transferencia de recursos para aumentar su probabilidad de reelección a través del patronaje. En cambio, un boom transitorio de precios lleva al político a ejercer una senda acelerada en la extracción de recursos haciéndola ineficiente, y la valoración del político a mantenerse en el poder se vuelve indiferente a su probabilidad de reelección lo que disminuye el patronaje.

A la pregunta de cómo la calidad institucional puede afectar los incentivos de los políticos frente a un boom de recursos naturales, los autores apuntan que países con malas instituciones permiten a los políticos ejercer una asignación ineficiente de los recursos con el fin de mantenerse en el poder e influenciar las elecciones, mientras que países con instituciones de calidad hacen que no sea atractivo para los políticos escoger este tipo de estrategias, lo que conlleva a mecanismos de asignación más eficientes y/o meritorios (Robinson, Torvik, & Verdier, 2006).

El segundo modelo denominado como descentralizado o de captura de rentas, muestra como los agentes emprendedores eligen utilizar su esfuerzo entre un sector de carácter extractivo o los demás sectores productivos, y las consecuencias que tiene esta decisión en los ingresos y la productividad de los demás sectores (Torvik, 2002).

(Torvik, 2002), plantea un modelo sencillo con una fuente de recursos naturales, en donde los emprendedores pueden escoger entre embarcarse en el sector productivo, o en un sector dedicado a la captura de rentas de los recursos naturales bajo el supuesto que existe una falta de institucionalidad que se los permite. En equilibrio, el modelo resulta en que una proporción de emprendedores migran hacia a la captura de rentas (en detrimento del sector productivo).

En estática comparativa, bajo un incremento en la dotación de los recursos naturales el nuevo equilibrio será un aumento aún mayor en la proporción de rentistas. En cambio, bajo un incremento en la productividad total de los factores el nuevo equilibrio resulta en la disminución en la proporción de rentistas en beneficio de los demás sectores productivos (Torvik, 2002).

Posteriormente, (Mehlum, Moene, & Torvik, 2006) plantean un modelo en el que nuevamente hay un sector productivo y otro rentista, en el cual se introduce una variable de calidad institucional que refleja el grado en el cual la institución favorece a un sector con respecto al otro. Como resultado, cuando hay un aumento en la dotación de recursos naturales y la institucionalidad favorece a los rentistas los ingresos fiscales de la nación disminuyen y el crecimiento es menor, por lo que estos recursos se convierte en una maldición corroborando el resultado del modelo de (Torvik, 2002); en cambio si la institucionalidad favorece al sector productivo los ingresos fiscales aumentan y el crecimiento es mayor (Mehlum, Moene, & Torvik, 2006).

Así, la explicación a las causas de la maldición de los recursos naturales que la literatura económica nos ofrece, proviene por un lado de los efectos macroeconómicos que genera la explotación de estos recursos, explicado a través de la enfermedad holandesa. Y por el otro lado, se explica por medio de los incentivos que genera la explotación de los recursos naturales en las decisiones de los agentes y como la calidad de las instituciones restringe estas decisiones, visto desde los modelos de economía política.

### **3. HIDROCARBUROS EN COLOMBIA**

Al ser la propiedad del subsuelo de la Nación<sup>7</sup>, ésta concede derechos sobre la explotación del petróleo a terceros bajo condiciones pactadas en contratos, en el cual las compañías adquieren derechos de propiedad sobre la totalidad del flujo de recursos que extraen y pagan regalías e impuestos a la Nación (Benavidez, 2011).

---

<sup>7</sup> Artículo 332 de la Constitución Política de Colombia de 1991, y el Artículo 2 del Decreto 1056 de 1953 (Código de Petróleos).

Las regalías es el mecanismo que diseñó el gobierno central<sup>8</sup>, como contraprestación económica a las regiones productoras y no productoras de los recursos naturales no renovables de alto interés comercial, y corresponden a uno de los mecanismos de transferencias de recursos externos del Gobierno central a los municipios y departamentos, que se suman a los recursos propios que dispone cada uno de éstos para cumplir con sus obligaciones fiscales.

Si bien en promedio los ingresos fiscales de los municipios productores no tienen diferencia con respecto a los no productores, cuando se evalúa el ingreso fiscal per cápita es evidente como las transferencias por regalías aumentaron considerablemente, a la vez que aumentó su dependencia por estos recursos (Ver Tabla 1).

Este diferencial de ingresos positivos para los municipios productores le permitió por ejemplo a Barrancabermeja desarrollar una industria metalmecánica razonable alrededor de las actividades de producción y refinación, y a otros capturar indiscriminadamente estas rentas en detrimento de su población que observó cómo a pesar de ser municipios ricos en ingresos fiscales, su calidad de vida no era diferente de otros municipios (Tabla 2) e incluso se prestó para escandalosos casos de corrupción<sup>9</sup>.

**Tabla 1. Estadísticas descriptivas de dependencia fiscal de los municipios por regalías, para la primera década del 2000.**

Variable	Municipio No Productor Petróleo	Municipio Productor Petróleo	Diferencia
<b>Ingresos Fiscales Totales</b> [Millones pesos]	19999.28 (1976.66)	21759.05 (1257.046)	-1759.77 (5733.198)
<b>Ingresos Fiscales per cápita</b> [Millones pesos]	0.428 (0.004)	0.701 (0.028)	-0.273*** (0.014)
<b>Dependencia por regalías</b> [%]	0.027 (0.001)	0.162 (.006)	-0.135*** (.003)

Standard errors in parentheses. \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1. Fuente: Cálculos propios con datos del DNP y ANH

<sup>8</sup> Constitución Política de Colombia, Artículo 360: “La explotación de un recurso natural no renovable causará, a favor del Estado, una contraprestación económica a título de regalía, sin perjuicio de cualquier otro derecho o compensación que se pacte.”

<sup>9</sup> “Desde que Casanare dio el paso a departamento (en 1991) ha tenido siete gobernadores elegidos en las urnas y seis de ellos no han concluido sus períodos porque fueron destituidos o enviados a prisión. Incluso, varios de los encargados han corrido la misma suerte. Ellos se apropiaron de más de 190.000 millones de pesos, según los procesos por los que fueron condenados penal y disciplinariamente. Y es que el saqueo es el mal de esta región, una de las más ricas del país: entre 2009 y 2012 recibió 1,5 billones de pesos en regalías petroleras” (EL TIEMPO, 2013)

Además de las regalías, en Colombia el desarrollo de las actividades propias de la industria del petróleo y el gas natural generan encadenamientos productivos en los municipios debido a la necesidad o demanda de servicios en cada una de las etapas de producción de la industria. Según la actividad, estos encadenamientos productivos se generan directamente por la actividad de exploración y producción de petróleo, o indirectamente por la provisión de bienes y servicios petroleros y generales.

**Tabla 2. Estadísticas descriptivas municipales, para el Censo del año 2005.**

<b>Variable</b>	<b>Municipio No Productor Petróleo</b>	<b>Municipio Productor Petróleo</b>	<b>Diferencia</b>
NBI	44.946 (0.668)	41.913 (1.726)	3.033** (2.095)
Años de estudio promedio	4.241 (0.033)	4.332 (0.093)	-0.091 (0.103)
GINI	0.454 (0.001)	0.445 (0.003)	0.009*** (0.004)

Standard errors in parentheses. \*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$ .

Fuente: Cálculos propios con datos del DANE y ANH

Según estimaciones de Fedesarrollo (Olivera, Zuleta, Aguilar, & Osorio, 2011), solo el sector de servicios petroleros tuvo una participación en el PIB en el año 2007 cercana al 1.1%, luego de pasar de 0.6% en el año 2000, y a pesar que el sector de servicios petroleros es intensivo en capital y su remuneración al capital refleja bajos encadenamientos productivos en esta variable, las demás cifras reflejan un alto potencial de generación de salarios y empleos de manera directa e indirecta inducida por parte del sector de servicios petroleros; empleos en su mayoría calificados (Olivera, Zuleta, Aguilar, & Osorio, 2011).

En los últimos años, el sector de hidrocarburos ha tenido una evolución favorable, y su impacto en la economía nacional se ve reflejada en la participación del PIB de minas y canteras<sup>10</sup> la cual viene creciendo desde el 2003 a tasas superiores al 10% y su participación en las cuentas nacionales paso de ser 4.8% en el año 2002 a 11.3% en el año 2012. En la balanza de pagos la inversión extranjera directa (IED) en el sector petrolero para el año 2012 fue de 34.5% del total, y en las exportaciones del país el sector de hidrocarburos

<sup>10</sup> Rama de actividad a la que pertenecen según la clasificación del DANE las empresas dedicadas a las actividades de: 1. Carbón mineral, 2. Petróleo crudo, gas natural y minerales de uranio y torio, 3. Minerales metálicos y 4. Minerales no metálicos

representó en el 2012 el 54.9% del total de las exportaciones, a diferencia del año 2002 el cual fue solo el 27.35%.

#### 4. ESTRATEGIA EMPÍRICA

El objetivo de este artículo es determinar el efecto que tiene la producción de petróleo en el desarrollo de las regiones productoras, y como la calidad institucional puede ser un condicional que determine este impacto.

Para encontrar los efectos de la producción de petróleo en el desarrollo del municipio  $m$ , se plantea a continuación el siguiente modelo no lineal en el que la producción de petróleo y la calidad institucional afectan el desarrollo del municipio productor, y a su vez se incluye una interacción entre estas variables para determinar el efecto condicional de la producción de petróleo en la medida que la calidad institucional varía.

$$Y_{m,t} = \gamma_0 + \gamma_1 \cdot oil_{m,t} + \gamma_2 \cdot inst_{m,t} + \gamma_3 \cdot oil_{m,t} \cdot inst_{m,t} + u \quad (1)$$

Para determinar si la producción de petróleo ( $oil_{m,t}$ ) en el municipio  $m$  en el año  $t$  tiene algún efecto en el desarrollo de la región donde se ejerce esa explotación, se asume que los canales a través de los cuales la producción de petróleo transmite sus efectos en la economía regional son por un lado los ingresos fiscales que le entran a los municipios por el concepto de regalías e impuestos y que luego son transferidos a los habitantes de ese municipio vía inversión en bienes públicos y/o meritorios, y por otro lado los encadenamientos productivos que esta industria genera en los municipios productores, por la demanda de factores de producción (mano de obra, materiales, herramientas, etc.), y por el consumo que estos realizan (alimentación, hospedaje, etc.), tal como se explicó en el capítulo anterior.

La mayoría de artículos que tratan el tema de la maldición de los recursos utilizan como variable independiente para medir el efecto marginal de los recursos naturales en la economía, indicadores de dependencia como por ejemplo el artículo de (Sachs & Warner, 2001) que utiliza la relación de las exportaciones de recursos naturales sobre el producto interno bruto. Empero, dado que el denominador de este indicador mide la magnitud de todas las actividades económicas de un país (PIB), ésta no puede ser tratada como una

variable explicativa exógena y por tanto sus resultados pueden estar potencialmente sesgados (Brunnschweiler, 2008).

Para este artículo, al usar como variable independiente principal la producción de petróleo y no variables asociadas a la dependencia, se garantiza que esta variable será exógena por doble causalidad a las variables explicadas, ya que la producción de petróleo dependerá como se profundizará en el siguiente capítulo, de las condiciones geológicas del subsuelo y de las actividades de exploración.

Retomando la perspectiva de economía política y como la industria de los hidrocarburos puede ejercer un efecto sobre las decisiones de los agentes bajo instituciones disfuncionales, la calidad institucional  $inst_{m,t}$  en el municipio  $m$  en el año  $t$  se tiene en cuenta como factor condicional que determina el nivel de desarrollo de los municipios productores, ya que la disponibilidad de rentas del petróleo puede conducir a su captura y uso ineficiente, a enfrentamientos violentos, a niveles generalizados de corrupción y a la presencia de instituciones débiles, afectando negativamente, por éstas vías, el crecimiento económico a largo plazo (Perry & Olivera, 2010).

Aunque el efecto que generan las regalías en los municipios productores se podría asociar con los modelos de economía política centralizados y como las élites políticas tienen incentivos a capturar estas rentas, al igual que el efecto que generan los encadenamientos productivos se podrían asociar con los modelos descentralizados y los incentivos que tienen los agentes privados a migrar de los sectores productivos a los sectores rentistas, no es propósito de este artículo diferenciar los resultados entre los modelos centralizados y descentralizados, porque en la variable independiente de producción de petróleo  $oil_{m,t}$  no es posible diferenciar los efectos centralizados de los descentralizados. Se asume que ambos canales van a ser proporcionales a los niveles de producción de petróleo.

El coeficiente  $\gamma_1$  representa el efecto de la producción de petróleo en los municipios productores en las variables *proxy* de desarrollo, bajo un escenario hipotético sin calidad institucional ( $inst_{m,t} = 0$ ). El coeficiente  $\gamma_3$ , pertenece al término no lineal de la ecuación (1) a través de una interacción entre la producción de petróleo con la calidad institucional de ese mismo municipio productor. Esta interacción en conjunto con el coeficiente  $\gamma_1$ ,

representan el efecto marginal de la producción de petróleo en un municipio bajo la presencia de cierto nivel en la calidad de las instituciones. Este efecto marginal se escribe como:

$$\frac{\partial Y}{\partial oil} = \gamma_1 + \gamma_3 \cdot inst \quad (2)$$

Para explicar el desarrollo económico  $Y_{m,t}$  del municipio  $m$  la variable por defecto a usar sería su producto interno o sus tasas de crecimiento, sin embargo la inexistencia de un panel de datos en Colombia para estas variables hace que se opte como estrategia para explicar el desarrollo económico de los municipios, a través de sus causas próximas y sus causas fundamentales.

Tomando la definición que propone (Acemoglu, 2009) de las causas próximas y las causas fundamentales del desarrollo económico, siendo las causas próximas aquellas asociadas a los factores de crecimiento económico propuestos por Solow tales como capital humano, capital físico, trabajo y tecnología. Al estar las causas próximas correlacionadas con el crecimiento económico, el efecto que tenga la producción de petróleo en las causas próximas es una *proxy* del efecto en el desarrollo económico del municipio productor.

Los factores fundamentales, en cambio son el enlace que vincula el crecimiento económico a las demás ciencias sociales y conciernen principalmente al rol que tienen las políticas públicas, las instituciones, la cultura y los factores ambientales exógenos en el desarrollo económico, y permiten explicar porque ciertas sociedades fallan en optimizar sus tecnologías, invertir más en capital físico y acumular más capital humano (Acemoglu, 2009).

Así, para efecto de este artículo explicar la existencia de la maldición de los recursos naturales a través del efecto de la producción de petróleo en el capital humano (como una de las causas próximas del desarrollo económico) del municipio productor, condicional a la calidad institucional (como una de las causas fundamentales) del mismo municipio, es consistente con la ecuación (1) y las definiciones de (Acemoglu, 2009).

Para determinar el nivel de capital humano del municipio  $m$  en el año  $t$ , se propone medir la acumulación de capital humano por medio de la calidad de la educación media de

los municipios, y la destrucción de capital humano reflejado en el nivel de violencia de los mismos municipios.

Aunque los factores determinantes de la calidad de la educación media están más asociados a factores individuales o del colegio y no a factores municipales (Gaviria & Barrientos, 2001), el objetivo con esta hipótesis no es mostrar a la producción de petróleo en un municipio como un determinante de la calidad de la educación media, sino identificar posibles variaciones significativas en la calidad de la educación media a causa de la producción de petróleo en los municipios, como un indicador de variación en el desarrollo del municipio condicionado a la institucionalidad del mismo.

La calidad de la educación se podría ver impactada en un municipio productor de hidrocarburos porque los agentes públicos y privados al capturar las rentas provenientes de este sector, subestimarían la importancia de la educación en el largo plazo a cambio de los elevados ingresos en el corto plazo (Gylfason, 2004).

Para el caso del nivel de violencia, la producción de hidrocarburos en un municipio podría incrementar la destrucción de capital humano porque las rentas provenientes de este sector se convierten en un botín para los agentes violentos con el fin de financiar sus actividades, siguiendo la hipótesis de (Collier et al, 2009).

Al estimar la ecuación (1) se pueden presentar dos potenciales problemas de endogeneidad entre las variables independientes y el término de error, que haría de los coeficientes que resultasen de las regresiones sesgados e inconsistentes. Primero, si bien la producción de petróleo es una variable exógena al municipio ya que ésta no depende de ninguna autoridad local ni del capital humano o el nivel de desarrollo del municipio, la calidad institucional si puede ser endógena y depender de estas variables municipales, presentándose así doble causalidad con el capital humano.

Segundo, al incluir en la ecuación (1) solo dos variable independientes y su interacción sin otras variables de control, es importante tener en cuenta que al explicar las variables que puedan incidir en el capital humano del municipio se omitan algunas variables explicativas relevantes bien sea por características propias de los habitantes o del municipio que no sean observables o porque no hay medición para ellas en un panel. Variables que a

su vez podrían estar correlacionadas con las variables independientes, lo que eventualmente induciría una posible endogeneidad por variable omitida.

Por ejemplo, para la acumulación de capital humano (Gaviria et al, 2001) establecen que los factores determinantes de la calidad en la educación están asociados a factores individuales o del colegio y a la estructura organizacional y de incentivos que regulan las relaciones entre maestros, estudiantes, funcionarios públicos y padres de familia. Variables que no son incluidas en el modelo (1).

De igual manera, el nivel de violencia asociado a la destrucción de capital humano en un municipio, es la manifestación de una violencia amorfa que no está directamente relacionada con las mayores organizaciones criminales asociadas al tráfico de drogas o las organizaciones subversivas (Gaviria, 2000), y esta violencia no se circunscribe a alguna región en específico ni a una sola clase de organización criminal.

Para resolver la posible endogeneidad de las variables independientes, se propone utilizar la metodología de mínimos cuadrados en dos etapas (MC2E) con variable instrumental (VI). Esta VI tiene como objetivo capturar el efecto no explicado de las variables independientes que se aloja en el término del error de la ecuación estructural, logrando obtener estimadores insesgados y consistentes de las variables explicativas y así, encontrar un efecto neto que permita realizar una inferencia causal de los efectos.

Dada la forma de la ecuación (1), al instrumentar una de las variables independientes es necesario instrumentar también la interacción. Esto causa que en la ecuación de la primera etapa donde se instrumente la interacción, el término no instrumentado quede en ambos lados de la ecuación lo que eventualmente violaría uno de los supuestos de los MC2E ( $Cov(Z, \varepsilon) = 0$ ). Por ejemplo si la variable endógena a instrumentar fuese la institucionalidad, la primera etapa de la interacción quedaría de la forma  $oil_{m,t} \cdot inst_{m,t} = f(Z, oil_{m,t}, \varepsilon)$ , donde la variable  $oil_{m,t}$  quedaría a ambos lados de la ecuación.

Para resolver este problema, se propone instrumentar las dos variables independientes de producción de petróleo y de institucionalidad, para que la primera etapa de MC2E quede en términos de variables exógenas al error de la segunda etapa.

Sin embargo las variables endógenas son no lineales en la ecuación (1) a causa de la interacción, por lo que es necesario tratar la identificación de esta variable de otra manera. Para ello, (Wooldridge, 2002) expresa que en la práctica es difícil establecer que funciones adicionales agregar como instrumentos para el caso de las ecuaciones no lineales y su elección es un poco arbitraria, para lo cual el autor argumenta que la forma funcional de la función estructural es de ayuda para escoger la forma funcional de la primera etapa, y como enfoque general, propone utilizar funciones cuadráticas e interacciones con las variables exógenas que integran la ecuación estructural .

Entonces se propone el modelo de MC2E de la siguiente manera, siendo la primera etapa las tres ecuaciones simultáneas que a continuación se muestran (3).

$$\widehat{\ln(oil)}_{m,t} = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot \widehat{prospect}_m + \alpha_2 \cdot \widehat{dismercado}_m + \alpha_3 \cdot \widehat{prospect}_m \cdot \widehat{dismercado}_m + \alpha_4 \cdot (\widehat{prospect}_m)^2 + \alpha_5 \cdot (\widehat{dismercado}_m)^2 + \epsilon \quad (3)$$

$$\widehat{\ln(oil)}_{m,t} \cdot \widehat{inst}_{m,t} = \beta_0 + \beta_1 \cdot \widehat{prospect}_m + \beta_2 \cdot \widehat{dismercado}_m + \beta_3 \cdot \widehat{prospect}_m \cdot \widehat{dismercado}_m + \beta_4 \cdot (\widehat{prospect}_m)^2 + \beta_5 \cdot (\widehat{dismercado}_m)^2 + v \quad (3)$$

$$\widehat{inst}_{m,t} = \delta_0 + \delta_1 \cdot \widehat{prospect}_m + \delta_2 \cdot \widehat{dismercado}_m + \delta_3 \cdot \widehat{prospect}_m \cdot \widehat{dismercado}_m + \delta_4 \cdot (\widehat{prospect}_m)^2 + \delta_5 \cdot (\widehat{dismercado}_m)^2 + \epsilon \quad (3)$$

Y la segunda etapa la ecuación (4).

$$\hat{Y}_{m,t} = \gamma_0 + \gamma_1 \cdot \widehat{\ln(oil)}_{m,t} + \gamma_2 \cdot \widehat{inst}_{m,t} + \gamma_3 \cdot \widehat{\ln(oil)}_{m,t} \cdot \widehat{inst}_{m,t} + u \quad (4)$$

Para instrumentar la producción de petróleo se propone la variable  $\widehat{prospect}_m$  la cual representa el potencial que en un municipio de Colombia se haya producido petróleo en función de los resultados de las actividades de exploración. Resultados que dependen únicamente de las características del subsuelo y por tanto no tienen correlación alguna con las variables económicas del municipio. En el capítulo 6 se explica en detalle el cálculo de esta variable.

Para instrumentar la variable de calidad institucional municipal, se escoge<sup>11</sup> la variable  $\widehat{dismercado}_m$  la cual representa la distancia que tienen los municipios de Colombia a las

---

<sup>11</sup> Dada la complejidad de instrumentar la institucionalidad por ser ésta una causa fundamental del desarrollo se ensayaron tres variables, dos de corte histórico y una geográfica: Índice de Competencia Electoral de 1943 (Fernandez, 2010), Tasa de analfabetismo de 1938. (Fernandez, 2010) y Distancia a las principales capitales del país. Se seleccionó esta última por ser aquella que tiene la mayor relevancia para explicar la variable institucional y a su vez ser exógena al error de la segunda etapa del modelo de MC2E.

cuatro principales ciudades de Colombia: Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla. El argumento de esta variable se relaciona con la forma de gobierno Presidencial que la República de Colombia adoptó desde la Constitución de 1886 y la restringida autonomía política que se les dio a las regiones a favor de un sistema de gobierno de carácter central.

Colombia al tener unas instituciones centralizadas fuertes y unas instituciones descentralizadas débiles, la distancia a los principales centros urbanos le representa un alto costo a la calidad institucional de los municipios, porque para los entes de control y vigilancia al igual que el imperio de la ley, al ser estos organismos de carácter centralizados, les es más costoso ejercer su actividad en los municipios a medida que éstos están más alejado de las principales capitales, por lo que se espera que su calidad institucional decrezca.

## **5. DATOS**

A diferencia de la mayoría de estudios relacionados con la maldición de los recursos que utilizan cortes transversales de países, se propone para este artículo un enfoque regional dentro del territorio Colombiano, aprovechando los más de 1100 municipios del país, organizados en un panel de datos para la primera década del 2000.

La ventaja del enfoque regional con respecto al enfoque por países, es la heterogeneidad de estos últimos y los posibles problemas de endogeneidad que se pueden generar por los variables no observables de cada país, por sesgos en los datos dado el múltiple origen de éstos, e incluso por las diferencias en la institucionalidad que rige a cada uno de éstos.

Por ejemplo, en el caso de la institucionalidad que rige la política petrolera de cada país, al existir tal heterogeneidad en estas instituciones y en las variables que las caracterizan (muchas no observadas) en un corte transversal de países, la producción de petróleo entre estos países no es comparable, y por tanto los resultados de los modelos basados en éstos.

Por el contrario, para un país existe homogeneidad en la reglamentación y en la institucionalidad que la rige haciendo que entre otros, los resultados de producción de hidrocarburos entre las regiones sean comparables entre sí.

Para el objeto de estudio de este artículo se eligió la industria del petróleo por encima de la minería, ya que esta última es diversa en los minerales a extraer (lo que dificulta aún más la variable instrumental), tiene un componente informal que haría los resultados no comparables vs. el componente formal de la minería, y las instituciones que reglamentan y regulan las actividades mineras son actualmente sujetas a un cambio estructural dados los vacíos que históricamente habían acumulado.

Caso contrario a la producción de petróleo cuya industria en Colombia ha evolucionado a la par de estándares internacionales, a través de reconocidas empresas dada la complejidad técnica que implica extraer petróleo, y a la madurez de su institucionalidad que se ve reflejada por ejemplo en la vigencia del Código de Petróleos desde el año 1953<sup>12</sup> y en la creación de la ANH.

De la cadena de valor de los hidrocarburos, para el presente estudio se escoge únicamente la producción de petróleo y se excluyen las demás actividades como exploración, transporte y refinación, porque en el cálculo de las regalías directas la producción es la actividad que más pesa por encima de las demás, y a diferencia de la refinación que se concentra en dos ciudades del país, la producción es una actividad que se extiende en gran parte del territorio nacional según el mapa de bloques de la ANH (Figura 6). Además se excluye la producción de gas natural porque a pesar de ser actividades complementarias en las etapas de exploración y producción, los efectos marginales a través de los canales propuestos serían diferentes dado que éstos se miden en diferentes magnitudes físicas.

Si bien los análisis y resultados de este artículo son desagregados a nivel municipal, la información proveniente del sector de hidrocarburos no viene desagregada por municipios sino por otras unidades geográficas denominadas mapa de bloques y mapa de cuencas, cuyos límites son diferentes a los municipales y se intersecan con éstos.

Para el caso del mapa de bloques o contratos (Figura 6), una de las funciones de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) es la de asignar las áreas para exploración y/o producción de hidrocarburos con sujeción a las modalidades y tipos de contratación que

---

<sup>12</sup> Decreto No. 1056 de abril 20 de 1953

ellos adopten. Para la asignación de esas áreas, la ANH delimitó espacialmente en un mapa, el alcance que tiene cada compañía operadora para ejercer el trabajo según la modalidad del contrato se le haya asignado.

De la misma manera, las áreas que no están sujetas a ningún tipo de contrato bien sea porque han sido devueltas, porque están reservadas o están libres, también fueron delimitadas para que puedan ser puestas a consideración a las empresas operadoras, a través de contrataciones directas o de subastas denominadas Ronda Colombia, para actividades de exploración y/o producción.

Los bloques incluyen no solo la superficie sino su proyección vertical en el subsuelo, en las cuales el contratista está autorizado para efectuar las operaciones de exploración y producción de hidrocarburos. Cada bloque dependiendo de su evolución contractual<sup>13</sup> puede estar disponible para los operadores, en evaluación técnica para evaluar su potencial hidrocarburífero, en perforación de pozos exploratorios o en producción de hidrocarburos. A enero de 2013 hay 759 bloques, de los cuales 244 son disponibles, 24 son de TEA, 307 están en exploración, 180 en producción y 4 son áreas reservadas.

El mapa de cuencas en Colombia<sup>14</sup> fue definido por primera vez en 1985 por las actividades de exploración a cargo de Ecopetrol y son el nombre que se les da a las provincias geológicas, las cuales son entidades espaciales con atributos geológicos similares que abarcan grandes áreas, y contienen cada una bien sea una entidad geológica natural<sup>15</sup> o alguna combinación de entidades geológicas contiguas. Sus límites se dibujan a lo largo de los límites naturales geológicos o en algunos casos por una profundidad arbitraria en el océano (ANH, 2007). En Colombia están definidas 23 cuencas por la ANH, de las cuales siete (7) son oceánicas (offshore) y las restantes dieciséis (16) son continentales (onshore).

Para el caso de la principal variable independiente, el panel de datos viene discriminado por bloques. Por tanto hay que hacer una conversión geográfica desde el

---

<sup>13</sup> Área disponible, área libre para evaluación técnica (tea), área en exploración, área en producción y área reservada (ANH, 2009).

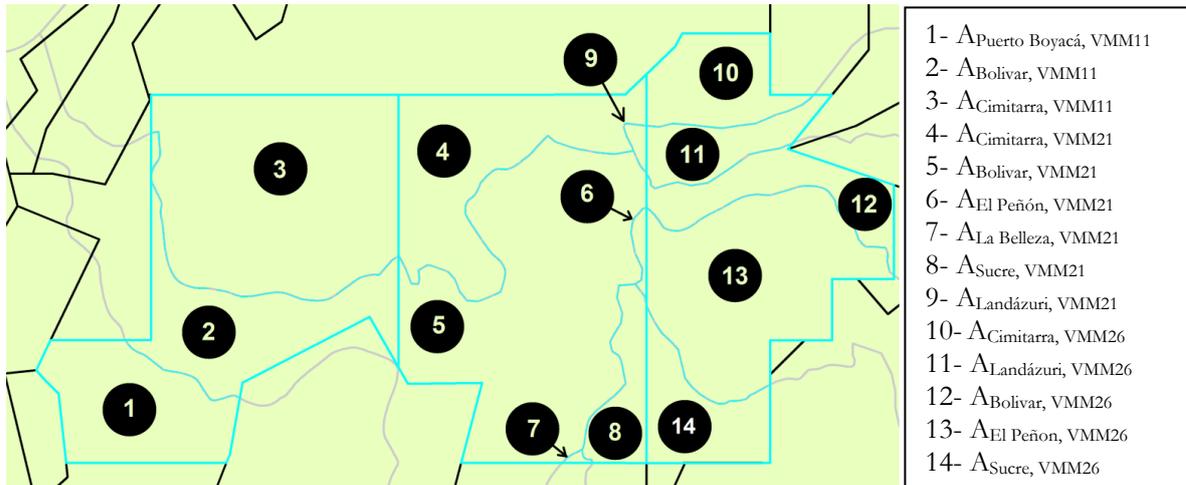
<sup>14</sup> Ver mapa de cuencas en: <http://www.anh.gov.co/es/index.php?id=1>

<sup>15</sup> Ejemplo: cuenca sedimentaria, cinturón de cabalgamiento, delta, etc.

mapa de bloques al mapa de municipios, para que el panel de producción de petróleo quede discriminado por municipios y así poder incorporarlo en las ecuaciones (3) y (4).

El problema radica en que al estar los municipios y los bloques con diferentes dimensiones y fronteras a lo largo del mapa, pueden ocurrir dos casos: un municipio puede contener varios bloques dentro de sus límites, o un bloque puede contener varios municipios dentro de sus límites.

Para corregir esto, se superponen el mapa de bloques cada uno de área  $A_j^B$  y el mapa de municipios cada uno de área  $A_i^M$ , y de la intersección de estos dos se obtienen unas nuevas unidades geográficas más pequeñas de área  $A_{ij}$  en las que solo van a coexistir un solo municipio y un solo bloque. En la Figura 1 se muestra un ejemplo de este ejercicio.



**Figura 1.** Ejemplo de superposición del mapa de bloques de la ANH con el mapa de municipios.  
Fuente: IGAC y ANH

El supuesto para esta conversión es que la producción de petróleo del  $j$ -ésimo bloque ( $oil_j^B$ ) va a ser proporcional al área del bloque  $A_j^B$ . Por tanto la producción de petróleo de las nuevas unidades geográficas  $A_{ij}$  del  $i$ -ésimo municipio y el  $j$ -ésimo bloque, será proporcional a la fracción de área que les corresponda según el bloque al que pertenezcan

$$\frac{A_{ij}}{A_j^B}$$

Así, la producción de petróleo del municipio  $i$ -ésimo será igual a la sumatoria de la producción de petróleo de los bloques  $j$ -ésimos que se intersecan con los límites del municipio, multiplicados por la fracción del bloque que les corresponda de la siguiente manera:  $oil_i^M = \sum_{j=1}^{1102} oil_j^B \cdot \left(\frac{A_{ij}}{A_j^B}\right)$ , para todos los  $j = \{1, 2, \dots, 759\}$ . Matricialmente esta expresión se muestra en la ecuación (5).

$$\begin{aligned} & \begin{bmatrix} \frac{A_{1,1}}{A_1^B} & \dots & \frac{A_{1,759}}{A_{759}^B} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{A_{1102,1}}{A_1^B} & \dots & \frac{A_{1102,759}}{A_{759}^B} \end{bmatrix}_{1102 \times 759} \begin{bmatrix} oil_{1,1990}^B & \dots & oil_{1,2010}^B \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ oil_{759,1990}^B & \dots & oil_{759,2010}^B \end{bmatrix}_{759 \times 11} \\ & = \begin{bmatrix} oil_{1,1990}^M & \dots & oil_{1,2010}^M \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ oil_{1102,1990}^M & \dots & oil_{1102,2010}^M \end{bmatrix}_{1102 \times 11} \quad (5) \end{aligned}$$

La matriz de 1102 municipios por 759 bloques en el cual cada elemento de la matriz es  $\frac{A_{ij}}{A_j^B}$ , tal que  $\sum_{i=1}^{1102} \frac{A_{ij}}{A_j^B} = 1$  para todos los  $j = \{1, 2, \dots, 759\}$ , se multiplica por el panel de producción de petróleo por bloques de 759 bloques por 11 años (años 2000 a 2010), obteniendo así el nuevo panel de producción de petróleo por municipio de 1102 municipios por 11 años.

Para medir la institucionalidad de los municipios  $inst_{m,t}$ , se propone el uso del Índice de Desempeño Fiscal (IDF) entre el año 2000 y 2010, el cual es un índice elaborado por el DNP<sup>16</sup> para hacer un seguimiento del ejercicio de los municipios en el ámbito de las finanzas públicas.

Su metodología implica la agregación de 6 indicadores de gestión financiera en un indicador sintético midiendo el resultado fiscal de cada municipio en cada año. Se encuentra en una escala de 0 a 100, en la cual valores cercanos a 100 significan que el municipio logró en conjunto suficientes recursos para sostener su funcionamiento (DNP, 2012).

---

<sup>16</sup> El Departamento Nacional de Planeación es el organismo técnico asesor del Gobierno Nacional, encargado de liderar y orientar la formulación del Plan Nacional de Desarrollo, y la programación y seguimiento de los recursos de inversión dirigidos al logro de los objetivos de mediano y largo plazo propuestos.

El argumento con el uso del IDF, es que al aumentar la eficiencia fiscal de los municipios y el esfuerzo que conlleva la disciplina fiscal al interior de las instituciones municipales, se generen una serie de *spillovers* positivos sobre las demás instituciones municipales.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que el IDF podría ser endógeno a la producción de petróleo en la medida que estas instituciones en el corto plazo sean objeto de fenómenos de captura de rentas. Entonces, instrumentar la calidad institucional usando la distancia de los municipios a los principales centros urbanos y la justificación que se le dio en el capítulo 4, no solo corresponde a un mecanismo para instrumentar el término no lineal de la ecuación (4), sino que también ayuda a resolver la posible endogeneidad de la variable institucional del Índice de Desempeño Fiscal.

De las variables de capital humano a utilizar como *proxys* del desarrollo económico  $Y_{m,t}$  explicados en el capítulo anterior, se usan los resultados promedio por municipio para los dos semestres de las pruebas Saber 11 entre los años 2000 y 2010, los cuales se realizan al término de la educación media por el ICFES<sup>17</sup>. Resultados que fueron estandarizados para que la interpretación de sus resultados sean comparables entre sí

Tabla 3. Estadísticas descriptivas.

Variable	Municipio No Productor Petróleo	Municipio Productor Petróleo	Diferencia
Índice de Desempeño Fiscal	58.431 (0.082)	61.885 (0.271)	-3.454*** (0.255)
Distancia a ciudades principales	350.147 (1.570)	313.522 (3.148)	36.626*** (4.622)
Pruebas Saber 11 Matemáticas (estandarizado)	-0.773 (0.012)	-0.686 (0.027)	-0.087*** (.036)
Pruebas Saber 11 Lenguaje (estandarizado)	-0.870 (.011)	-0.804 (.024)	-0.066** (.032)
Tasa de Homicidios por 100.000 habitantes	57.540 (1.024)	66.066 (2.475)	-8.525*** (3.186)
Tasa de Ataques por 100.000 habitantes	10.396 (0.266)	20.310 (1.098)	-9.915*** (0.871)

Standard errors in parentheses. \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1. Fuente: Cálculos propios con datos del ICFES, INS, DNP y ANH

<sup>17</sup> El Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación ICFES, es una entidad adscrita al Ministerio de Educación Nacional especializada en ofrecer servicios de evaluación de la educación en todos sus niveles y adelantar investigaciones sobre los factores que inciden en la calidad educativa.

De las estadísticas descriptivas de la Tabla 3, se observa que en promedio los municipios productores de petróleo tienen mayor índice de desempeño fiscal, y mejores resultados en las pruebas Saber 11. Por otro lado, estos municipios tienen peores indicadores en la tasa de homicidios y en la tasa de ataques armados.

Finalmente, las variables a usar para representar la destrucción de capital humano son la tasa de homicidios por municipio entre los años 2000 al 2007 la cual compila el Instituto Nacional de Salud, y la tasa de ataques violentos por municipio entre los años 2000 al 2007 la cual recopila el Departamento Nacional de Planeación a partir todos los tipos de ataques<sup>18</sup> que realizan los diferentes grupos armados al margen de la ley.

*Omnia bona quoad perfora (Todos los prospectos lucen bien, solo hasta que son perforados)*

*Anardoko Petroleum Corporation*

## **6. VARIABLE INSTRUMENTAL**

Dado que al explicar las variables que pueden incidir en el desarrollo de un municipio se pueden omitir algunas variables explicativas, la estrategia de identificación propuesta para este artículo es el uso de una variable instrumental que capture el efecto no explicado de la variable independiente principal (producción de petróleo). Para ello la variable instrumental a utilizar busca explicar la probabilidad que un municipio de Colombia se produzca petróleo, y que a su vez esta variable sea exógena a las variables explicadas del modelo.

Los hidrocarburos son una mezcla heterogénea de compuestos en los que predomina el carbono y el hidrógeno. Son de origen fósil, fruto de la transformación físico-química bajo condiciones de alta presión y temperatura a lo largo de millones de años de materia orgánica (kerógeno) procedente del zooplancton y algas que se depositaron en el fondo de los mares y las zonas lacustres (ANH, 2009). Junto a la materia orgánica, se depositaron capas sucesivas de sedimentos, que es donde se llevó a cabo el fenómeno natural que dio origen al petróleo. Geológicamente, las formaciones hechas de sedimentos se conocen como rocas sedimentarias.

---

<sup>18</sup> Tales como acciones terroristas, emboscadas, hostigamientos, enfrentamientos, ataques a la fuerza pública, masacres, entre otros.

Para que exista un depósito o yacimiento de petróleo, es una condición necesaria más no suficiente, que las capas de rocas sedimentarias (rocas reservorio) estén asociadas a estructuras en el subsuelo<sup>19</sup> que impidan la migración o escape del hidrocarburo, dando lugar a acumulaciones locales de petróleo. Estas acumulaciones se denominan trampas porque el petróleo queda atrapado allí (ANH, 2009). Es allí entonces donde irrumpe la actividad de exploración, la cual consiste en evaluar el potencial que tiene una región de tener en su subsuelo depósitos o trampas en donde posiblemente se alojen yacimientos de petróleo, por medio de estudios basados en las geociencias y de actividades de perforación en campo, y aun así va a existir incertidumbre en la definición del potencial de recursos y su factibilidad de producción (Carranza, 2009).

A partir de la información que la ANH manifiesta a través de indicadores puntuales para el nivel de la actividad exploratoria, discriminada por el mapa de bloques o por el mapa de cuencas, en los párrafos siguientes se describen las variables que pueden incidir sobre la probabilidad que un campo se haya producido petróleo, y su justificación.

- En las actividades de levantamiento y muestreo que realizan los geólogos como parte de los estudios de exploración, se encuentran brotes superficiales de hidrocarburos denominados rezumaderos, que le pueden advertir al geólogo la presencia de hidrocarburos en el subsuelo. Para ello, la ANH se encarga de recopilarlos según su tipología (petróleo, asfalto, gas, lodo, etc.) y su ubicación en el mapa de rezumaderos<sup>20</sup>. El argumento con esta variable es que la manifestación de un rezumadero de crudo en un área (*rezuma\_oil\_cuenca*), contribuye positivamente en la probabilidad que ésta tenga hidrocarburos en su subsuelo, entendiendo que no todos los yacimientos de hidrocarburos tienen rezumaderos.
- Los estudios de sísmica se basan en la emisión de ondas sísmicas artificiales generadas en superficie, y la recepción de éstas después de ser reflejadas o refractadas por las discontinuidades que se encuentran en el subsuelo y así, obtener una imagen que pueda mostrar las formaciones donde se podrían haber acumulado los hidrocarburos.

---

<sup>19</sup> Rocas impermeables (generalmente arcillosas)

<sup>20</sup> Ver mapa de rezumaderos en: <http://www.anh.gov.co/es/index.php?id=1>

- Si la sísmica pone en evidencia las trampas o rocas reservorios que podrían alojar hidrocarburos en el subsuelo, el argumento es que la cantidad de estudios de sísmica que se realice en un área determinada (*Sismica<sub>cuenca</sub>*) incide positivamente sobre la probabilidad de encontrar petróleo en esa misma área.
- A pesar que los estudios de sísmica evidencien la presencia de formaciones con rocas reservorios y rocas sellos formando una trampa, es necesario realizar perforaciones de pozos exploratorios en esa zona para comprobar que en efecto esa roca reservorio si contiene hidrocarburos.
- De los diferentes tipos de pozos exploratorios, los pozos A3<sup>21</sup> tienen como objetivo descubrir nuevos yacimientos en áreas o ambientes geológicos nunca antes productivos. Como resultado, los pozos A3 se pueden declarar como productores o secos, siendo el primero aquel que permite el drenaje de hidrocarburos de un yacimiento y el segundo aquel donde no se halle presencia de hidrocarburos. Entonces, la perforación de un pozo exploratorio A3 (*Pozo\_A3<sub>bloque</sub>*) incidirá positivamente sobre la posibilidad de encontrar petróleo en un área y su tasa puede ser calculada a partir de los resultados que se obtengan<sup>22</sup> (*tasa\_exito<sub>cuenca</sub>*).
- Una vez se integra toda la información geológica y geofísica disponible para un área, se hace una integración y modelamiento de esta información para evaluar el potencial del área, estimando las reservas de hidrocarburos y clasificándolas según la factibilidad de extraer las mismas (Carranza, 2009). Así, para dos áreas con potencial de descubrir hidrocarburos, si una de éstas tiene mayor cantidad de reservas de hidrocarburos (*Reservas<sub>cuenca</sub>*) es más probable que se extraiga en esa, dado que el contratista u operador va a tener incentivos económicos a explotar el área que le represente más productividad, obteniendo una mayor cantidad volumétrica de hidrocarburos.

A partir de la información exploratoria mencionada anteriormente, se busca explicar la disposición que tiene un bloque a producir petróleo al interior de sus límites. Para ello,

---

<sup>21</sup> “Es un pozo a ser perforado en un área no probada para determinar la existencia de un nuevo campo, una nueva formación productora, un yacimiento más profundo o un yacimiento más somero”- Resolución 181517 de 2002

<sup>22</sup>  $Tasa\ de\ éxito_{\text{área}} = \frac{\sum Pozos\ Productores_{\text{área}}}{\sum Pozos\ Productores_{\text{área}} + \sum Pozos\ Secos_{\text{área}}}$

se plantea un modelo de elección discreta para los 759 bloques concebidos por la ANH (Figura 6), bloques que a su vez corresponden a solo una de las 23 cuencas definidas por la ANH, organizados en un panel de datos desde el año 2007 hasta el año 2011.

La importancia de las cuencas para este análisis radica, en que al tener estas áreas atributos geológicos similares, se asume que los indicadores que miden el nivel de la actividad exploratoria y sus resultados son homogéneos para cada cuenca. Para ello, se toma en cuenta los resultados de exploración de cada bloque por año, y se agregan luego estos resultados según la cuenca a la que pertenezcan.

A partir de estos supuestos, se plantea un modelo de elección discreta de la siguiente manera:

$$P_{bloque,año} = \beta_0 + \beta_1(\text{área}_{cuenca}) + \beta_2(\text{rezuma\_oil}_{cuenca,año-2}) + \beta_3(\text{tasa\_exito}_{cuenca,año}) + \beta_4(\text{Pozo\_A3}_{bloque,año}) + \beta_5(\text{Sismica}_{cuenca,año-2}) + \beta_6(\text{Reservas}_{cuenca}) + \varepsilon_{bloque,año} \quad (6)$$

En el que la regla de decisión es:

$$P_{bloque,año} = \begin{cases} 1 & \text{si } Producción\_Petróleo_{bloque,año} > 0 \\ 0 & \text{de lo contrario} \end{cases}$$

En la ecuación (6) Las variables de *Sismica* y *rezuma\_oil* se rezagan dos periodos porque se asume que en promedio estas actividades de exploración inciden sobre la producción de petróleo dos años después, una vez se cumplen las respectivas etapas de contratación, mencionadas anteriormente. La actividad de sísmica se mide en kilómetros y los rezumaderos se cuentan en unidades.

En cambio las variables *Pozo\_A3* y *tasa\_exito* no se rezagan, ya que el operador tiene incentivos a declarar un campo como comercial<sup>23</sup> de manera inmediata si los pozos A3 son declarados productores. La variable de *Pozo\_A3* es una *dummie* por bloque que muestra si estos fueron realizados, y la *tasa\_exito* es un porcentaje. Al incluir la variable que mide el área de la cuenca (*área*) se controlan las demás variables independientes del modelo, por el tamaño de la cuenca.

---

<sup>23</sup> En la declaración de comercialidad, el contratista declara a la ANH la decisión incondicional de explotar comercialmente el descubrimiento realizado en el área contratada- Resolución 181495 de 2009

Al calcular la ecuación (6) por un modelo Probit se obtiene que la probabilidad que un bloque sea productor de petróleo es de 0.23 y los efectos marginales de las variables independientes se muestran en la Tabla 4.

De los efectos marginales calculados en la Tabla 4, los signos están acordes con los argumentos propuestos a excepción del área de la cuenca, hay significancia conjunta del modelo con la prueba Chi2, y tres de los coeficientes son significativos al 99%. A partir de los resultados del modelo Probit para la ecuación (6), se construye la densidad de probabilidad discriminada por cada año la cual se muestra en la Figura 2, teniendo en cuenta que se perdieron dos grados de libertad por el rezago de dos periodos en las variables de *Sismica* y *rezuma\_oil*.

**Tabla 4. Efectos marginales de la ecuación (6) estimada por un modelo probit.**

VARIABLES	Pr( $P_{b,a}=1$ ) dp/dx
Área cuenca	5.04e-10 (3.12e-09)
Rezumaderos crudo	2.32e-03*** (4.47e-04)
Tasa éxito	1.24e-02 (4.31e-02)
Pozo A3 (dummie)	0.290*** (0.036)
Km de sísmica	1.01e-05 (8.06e-06)
Reservas	1.05e-05*** (1.52e-06)
Observaciones	1,738
Chi2(6)	172.70
Pseudo R2	0.0922

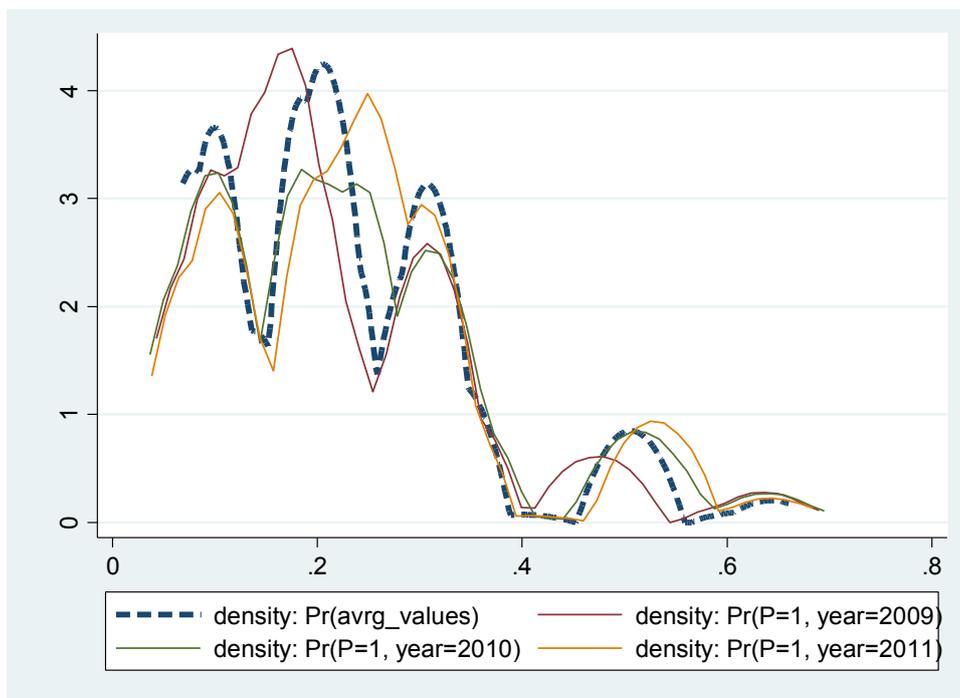
Standard errors in parentheses \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1.

Fuente: Cálculos del autor con base en datos de la ANH y Ministerio de Minas y Energía.

Para obtener un solo indicador de probabilidad, se estiman las medias por año para las variables independientes de la ecuación (6) por bloque, y se usa en especial la mediana para la variable *Pozo\_A3* dado que ésta es discreta. Con los efectos marginales calculados de la Tabla 4 y los valores medios, se calcula una sola función de probabilidad discriminada por bloques, la cual se muestra en la Figura 2.

Esta función estimada en los valores medios, se toma entonces como la variable instrumental *prospect* de la ecuación (3) que explicará la probabilidad que tiene un bloque de producir petróleo dentro de su área. La ventaja de esta variable instrumental es que las características del subsuelo, sus formaciones geológicas y los consecuentes resultados de exploración no son determinadas por ninguna variable económica del municipio, por lo cual no existirá correlación alguna entre el instrumento y las variables explicadas de la segunda etapa de la ecuación (4)  $\hat{Y}_{m,t}$ , cumpliendo así la condición necesaria de exogeneidad para el instrumento. En la Figura 3 se muestra la densidad de probabilidad calculada en sus valores medios, en el mapa de bloques de la ANH.

Sin embargo esta función de probabilidad está discriminada en bloques, por lo que es necesario realizar la respectiva conversión a municipios de la variable *prospect*. Realizando la misma superposición del mapa de bloques y el mapa de municipios, se obtiene nuevamente la intersección de estos dos representados en las nuevas unidades geográficas  $A_{ij}$  del i-ésimo municipio y el j-ésimo bloque en las que va a coexistir un solo municipio y un solo bloque (Ver Figura 1).



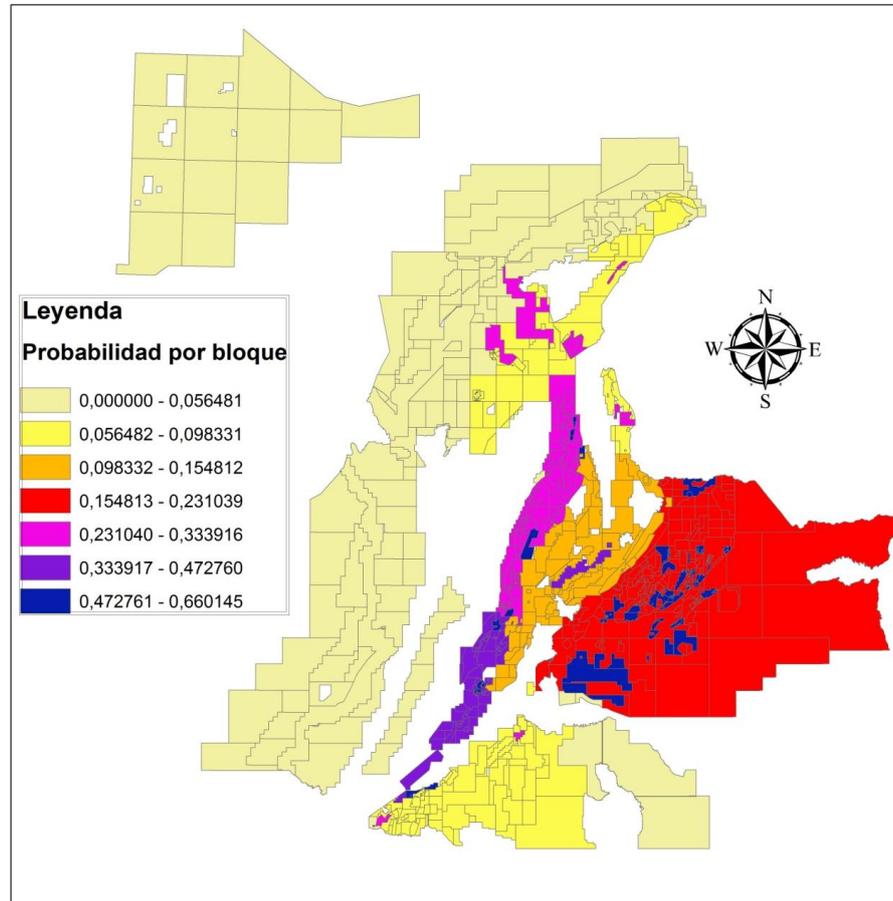
**Figura 2.** Densidades de probabilidad discriminada por año, y calculada en los valores medios. Fuente: Cálculos del autor con base en datos de la ANH y Ministerio de Minas y Energía

Para calcular la probabilidad del municipio  $i$ -ésimo  $P_i^M$ , hay que realizar un supuesto distinto y es que las nuevas unidades geográficas  $A_{ij}$  van a conservar la misma probabilidad del bloque  $j$ -ésimo al cual pertenecen  $P_j^B$ .

Entonces la probabilidad del municipio  $i$ -ésimo  $P_i^M$  de producir petróleo será, como en una función de utilidad esperada, la sumatoria del producto de la probabilidad calculada de producir petróleo del bloque  $P_j^B$  por la fracción del área del municipio  $i$ -ésimo  $\frac{A_{ij}}{A_i^M}$  de la siguiente manera:  $P_i^M = \sum_{j=1}^{759} P_j^B \cdot \left(\frac{A_{ij}}{A_i^M}\right)$  para todos los  $i = \{1,2, \dots, 1102\}$ . Matricialmente se expresaría como en la ecuación (7).

$$\begin{bmatrix} \frac{A_{1,1}}{A_1^M} & \dots & \frac{A_{1,759}}{A_1^M} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{A_{1102,1}}{A_{1102}^M} & \dots & \frac{A_{1102,759}}{A_{1102}^M} \end{bmatrix}_{1102 \times 759} \begin{bmatrix} P_1^B \\ \vdots \\ P_{759}^B \end{bmatrix}_{759 \times 1} = \begin{bmatrix} P_1^M \\ \vdots \\ P_{1102}^M \end{bmatrix}_{1102 \times 1} \quad (7)$$

Así, la nueva matriz correspondiente a la función de probabilidad discriminada por los 1102 municipios es igual a la multiplicación de la matriz de 1102 municipios por 759 bloques en la cual cada elemento de la matriz ahora es la fracción de las nuevas unidades geográficas con respecto al área del municipio  $\frac{A_{ij}}{A_i^M}$  tal que  $\sum_{j=1}^{759} \frac{A_{ij}}{A_i^M} = 1$  para todos los  $i = \{1,2, \dots, 1102\}$ , multiplicada por la función de probabilidad calculada en la ecuación (6) en sus valores medios para los 759 bloques.



**Figura 3.** Mapa de bloques discriminado por la probabilidad calculada en los valores medios de la ecuación (6).  
Fuente: Cálculos propios con datos de la ANH y Ministerio de Minas y Energía.

## 7. RESULTADOS

Con base en la ecuación (1), los resultados que manifiestan el efecto marginal que la producción de petróleo ejerce en el capital humano de los municipios de Colombia y que a continuación se muestran, se hicieron tanto para el modelo condicionado a la calidad institucional del municipio como para el modelo no-condicionado.

Este último se construye a partir del supuesto que los términos asociados a la variable de calidad institucional  $inst_{m,t}$  son cero en las ecuaciones (1) (3) y (4). La importancia de calcular el efecto no-condicionado es que éste captura el efecto marginal promedio que ejerce la producción de petróleo en los municipios productores, el cual no se puede obtener con los modelos condicionados.

En la Tabla 6 se muestran los resultados de estimar la ecuación (1) por MCO con errores estándar robustos, ya que las observaciones de los municipios no-petroleros no satisfacen el supuesto de homocedasticidad. Así, para el modelo no-condicionado se observa para las variables de acumulación de capital humano una correlación débil para el área de matemáticas y para el área de lenguaje una correlación no significativa en las columnas (1) y (2) respectivamente. En cambio para las variables asociadas a la destrucción de capital humano de las columnas (3) y (4) se observa una correlación positiva y significativa entre la producción de petróleo, y las tasas de homicidios y de ataques armados de los municipios productores.

Se encuentra que si la producción de petróleo en un municipio aumentase en 1% en un año, en promedio la tasa de homicidios y la tasa de ataques armados por cien mil habitantes del mismo municipio aumentaría aproximadamente en 0.02 en el mismo año.

Al interactuar la producción de petróleo del municipio con su calidad institucional en el modelo condicionado, se encuentra nuevamente que el efecto marginal condicional para las variables de destrucción de capital humano mostrados en las columnas (7) y (8) de la Tabla 6 son significativos<sup>24</sup> para todos los valores del IDF, sugiriendo éstos que la producción de petróleo tiene un efecto magnificador en la tasa de homicidios y en la tasa de ataques armados con magnitudes similares al de los modelos no-condicionados, y que el efecto de la calidad institucional es débil en revertir esta situación

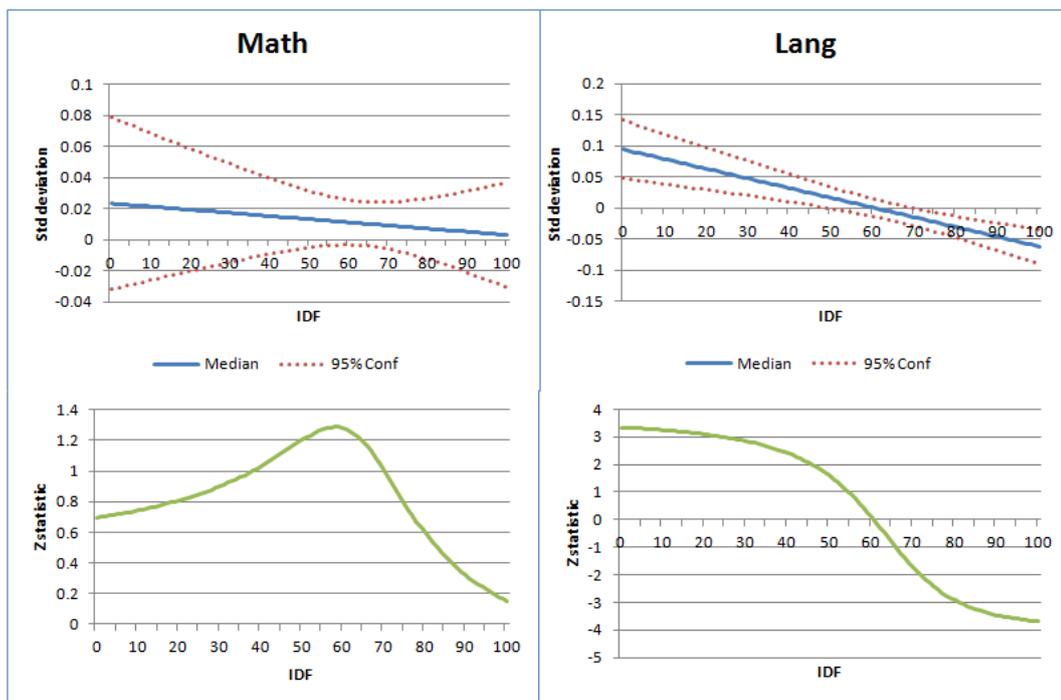
En cambio, los resultados de la Tabla 6 para la acumulación de capital humano mostrados en las columnas (5) y (6) muestran insignificancia para el área de matemáticas, y un efecto positivo sobre el promedio de las pruebas Saber11 para el área de Lenguaje; efecto que se ve diezmado a medida que la calidad institucional aumenta.

En la Figura 4 y la Figura 5 se muestran los efectos marginales condicionales para las cuatro variables explicadas con base en los resultados mostrados en la Tabla 6 de las columnas (5) a la (8), donde la pendiente representa el efecto que genera la calidad institucional en acrecentar o revertir el efecto marginal que ejerce la producción de

---

<sup>24</sup> El error estándar del efecto marginal condicional, con el fin de evaluar la significancia de éste para todos los valores del IDF se calcula como:  $\hat{\sigma}\left(\frac{\partial y}{\partial \ln(oil)}\right) = \sqrt{var(\hat{\gamma}_1) + inst^2 var(\hat{\gamma}_3) + 2inst \cdot cov(\hat{\gamma}_1 \cdot \hat{\gamma}_3)}$

petróleo. En estas gráficas se muestra también el estadístico Z para cada uno de los efectos marginales, donde valores mayores a 1.65 muestran significancia al 95%.



**Figura 4.** Efectos marginales en la acumulación de capital humano a causa de la producción de petróleo condicional al Índice de Desempeño Fiscal, estimado por MCO. Cálculos propios con datos de la ANH, DNP, e ICFES.

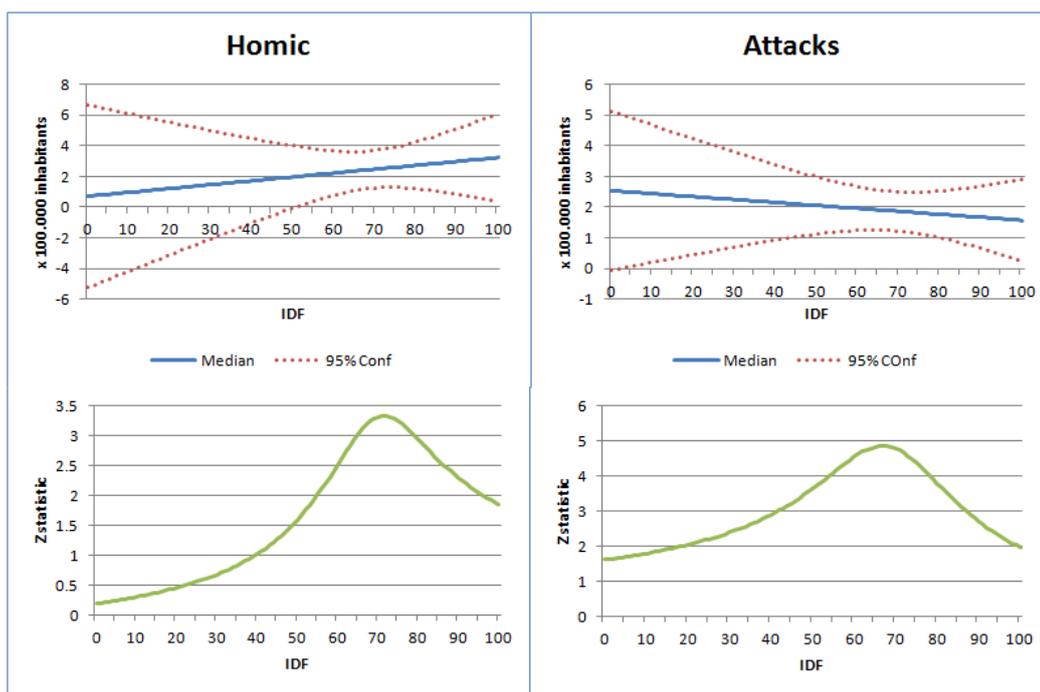
Estas gráficas muestran la ambigüedad en los signos de las interacciones ya que son contrarios a los esperados, a excepción de la variable de ataques armados la cual si muestra un efecto positivo a causa del aumento en la calidad institucional. Estos resultados se muestran confusos a la luz de las hipótesis de economía política, y el efecto benéfico que la calidad institucional debería inducir en el capital humano de los municipios como *proxy* del desarrollo económico de éste.

De igual manera para la acumulación de capital humano muestra efectos confusos, ya que para los modelos no-condicionados muestra poca significancia y para los modelos condicionados muestra para el área de Lenguaje un efecto positivo para niveles bajos de institucionalidad que luego se revierte a medida que la institucionalidad mejora.

Estos resultados por MCO tanto para los modelos no-condicionados como para los condicionados, muestran un escenario donde la producción de petróleo acrecienta los

niveles de destrucción de capital humano y tiene poca injerencia en la acumulación de capital humano, y donde la institucionalidad a través del desempeño fiscal del municipio no es capaz de revertir estos efectos.

No obstante, si la hipótesis propuesta en el Capítulo 4 acerca de la posible endogeneidad de las variables independientes de producción de petróleo y calidad institucional es acertada, los resultados anteriormente mostrados serían sesgados e inconsistentes. Para ello se muestran a continuación los resultados obtenidos por medio de MC2E y las variables instrumentales propuestas, cuyos detalles se muestran desde la Tabla 7 a la Tabla 9.



**Figura 5.** Efectos marginales en la destrucción de capital humano a causa de la producción de petróleo condicional al Índice de Desempeño Fiscal, estimado por MCO. Cálculos propios con datos de la ANH, DNP e INS.

Para corroborar la efectividad del modelo de MC2E con respecto a la forma funcional de las ecuaciones simultáneas de la primera etapa y a las variables instrumentales, es necesario que éstas satisfagan las condiciones de exogeneidad y relevancia requeridas.

Dada la estrategia empírica que se propuso en el capítulo 4 en el que hay cinco instrumentos y tres ecuaciones, se necesitan tres instrumentos para que la ecuación quede exactamente identificada y mínimo cuatro para que estén sobreidentificados. Dado que la

elección de la forma funcional de la primera etapa es un poco arbitraria (Wooldridge, 2002), para cada una de las variables explicadas  $Y_{m,t}$  se probaron diferentes combinaciones para las ecuaciones (3) cuidando que siempre los instrumentos estuviesen sobreidentificados, y que éstos satisficieran lo mejor posible las pruebas de exogeneidad y relevancia.

La prueba de sobreidentificación de Hansen-Sargan (Tabla 9) demuestra si los instrumentos adoptados en las ecuaciones simultáneas (3) en conjunto son exógenos al error estándar  $u$  de la ecuación (4). Complementario, se realiza el test de endogeneidad que sugiere (Wooldridge, 2002) en la sección 6.2.1. (Tabla 5 y Tabla 9) ya que no es posible aplicar el Test de Hausman por no considerar efectos fijos en el error.

Para evaluar la relevancia de los instrumentos adoptados, se revisan los valores de significancia conjunta de la primera etapa (Ver Tabla 7 y Tabla 8) por medio de la prueba de Wald (Chi2).

Así, para los efectos no-condicionales las pruebas de endogeneidad (Tabla 9) muestran que para las variables asociadas a la acumulación y destrucción de capital humano de las columnas (1) a la (4) no se puede rechazar la hipótesis nula al 95% de significancia, por lo cual los estimadores por MCO obtenidos en la Tabla 6 son los más eficientes para éstas variables y se comprueba la hipótesis propuesta que la producción de petróleo es exógena al nivel de desarrollo del municipio.

En la Tabla 9 para los modelos de acumulación de capital humano condicionados al IDF de las columnas (5) y (6), los signos de los coeficientes se mantienen iguales a los de la Tabla 6; sin embargo al evaluar el efecto marginal conjunto y calcular la significancia de éste, se encuentra que el resultado del efecto marginal no es significativo para todos los valores del IDF, obteniendo valores para el estadístico Z inferiores a 0.5 para todos los casos. Efectos marginales que no se grafican debido a su ínfimo nivel de significancia estadística.

Ídem para los efectos marginales asociados a la destrucción de capital humano de las columnas (7) y (8) donde, si bien los signos de la interacción de producción y calidad institucional son también opuesto a lo esperado, al igual que con las variables explicadas de acumulación de capital humano sus resultados no son significativos para todos los valores del IDF para el cual se obtienen estadísticos Z menores a 0.2.

Si bien la prueba de sobreidentificación de la Tabla 9 muestra que los instrumentos adoptados son exógenos en conjunto al error estándar para todas las variables dependientes; en la prueba de endogeneidad de los modelos condicionados de la Tabla 5 se encuentra que para la Tasa de Homicidios las variables independientes resultan ser exógenas en conjunto por lo cual el estimador por MCO resulta ser el más eficiente, y para las demás variables explicadas de Matemáticas, Lenguaje, y Tasa de Ataques Armados las variables independientes son en conjunto endógenas por lo cual el estimador por MC2E es el mejor estimador lineal Insesgado.

**Tabla 5. Pruebas de endogeneidad de las variables independientes para los modelos condicionados y no condicionados. Ho: la variable independiente es exógena al error.**

	RESIDUALS	STATISTICS	MATH	LANG	HOMIC	ATTACK	
MODELO CONDICIONADO	IDF	Z	-12.95	-14.04	-1.77	-1.34	
		P_value	0	0	0.076	0.18	
	OIL	Z	-2.07	-1.24	0.7	2.06	
		P_value	0.038	0.213	0.486	0.039	
	OIL*IDF	Z	2.63	1.42	-0.63	-2.14	
		P_value	0.009	0.157	0.527	0.032	
	ALL	Chi(3)	175.16	223.47	5.02	8.99	
		P_value	0	0	0.1703	0.0294	
		RESIDUALS	STATISTICS	MATH	LANG	HOMIC	ATTACK
	MODELO NO CONDICIONADO	OIL	Z	0.16	-1.7	-0.02	-0.33
	P_value		0.869	0.09	0.988	0.739	

Con base en los resultados de endogeneidad para los modelos condicionados y los resultados de las columnas (5), (6) y (8) de la Tabla 9, se concluye que una vez la producción de petróleo se condiciona a la calidad institucional los efectos marginales de la producción de petróleo son no-significativos, y solo los resultados de la columna (7) de la Tabla 6 sugieren que la producción de petróleo aumenta la tasa de homicidios en valores cercanos en magnitud a los obtenidos en los modelos no-condicionados, y el efecto del desempeño fiscal del municipio como variable institucional para este último es débil en revertir tal situación.

Si bien los resultados de los modelos no-condicionados comprobarían parcialmente la hipótesis de (Collier et al, 2009) de como la voracidad por la captura de las rentas de los

hidrocarburos exagera el nivel de intensidad de la destrucción de capital humano, al ser estos resultados un efecto promedio y ser el efecto condicional de la tasa de homicidios tan débil, no nos da luces de cuáles son sus posibles causas ni los canales de transmisión.

En cambio los resultados muestran que la producción de petróleo no tiene ningún efecto sobre la acumulación de capital humano de los municipios productores, contradiciendo así la hipótesis de (Gylfason, 2004).

Este efecto sobre la destrucción de capital humano encontrado, según los resultados de los modelos condicionales no se transmite por medio del índice de desempeño fiscal como variable institucional ya que para el caso de la variable de ataques armados no fue significativo y para la tasa de homicidios su efecto es débil. Frente a este resultado pueden surgir dos hipótesis: El desempeño fiscal de un municipio tiene poco o nulo impacto en la tasas de homicidios y ataques armados, o el desempeño fiscal de los municipios productores no se ve afectado por el ejercicio de esta actividad extractiva y los incentivos a la captura de rentas.

Si aceptamos la primera hipótesis implicaría que las políticas de orden municipal no tienen ningún efecto sobre los indicadores asociados a la destrucción de capital humano, o, que el desempeño fiscal de un municipio no genera los suficientes *spillovers* sobre el resto de instituciones y en especial en aquellas que pudiesen impactar los indicadores de destrucción de capital humano.

En cambio, si la segunda hipótesis resultase cierta, los resultados de los modelos de economía política y los incentivos que genera la extracción de petróleo en la captura de rentas de los municipios productores se contradecirían para los municipios de Colombia, o, posiblemente el índice de desempeño fiscal no resulta ser una variable *proxy* apropiada para medir la institucionalidad del municipio.

Con los resultados de los efectos condicionales de la Tabla 9, se observa como la magnitud de los coeficientes cambia y quizá más importante la significancia de los efectos marginales desaparece, lo que eventualmente induciría a cometer un error tipo I. Es evidente entonces que los resultados de la Tabla 6 son sesgados en aquellos donde se demostró endogeneidad, y la estrategia de identificación propuesta en este artículo de MC2E con VI resolvió los problemas de endogeneidad de las variables explicativas y nos

permitió así, encontrar los efectos causales e insesgados que ejerce la producción de petróleo en los municipios productores condicionales a la calidad institucional de éstos.

Una explicación a la contundencia de los resultados para los efectos marginales condicionales a la calidad institucional radica en el uso de la distancia a los principales centros urbanos como instrumento, ya que tanto en la Tabla 7 como en la Tabla 8 se observa que este instrumento fue capaz de explicar tanto la producción de petróleo como la calidad institucional, guardando coherencia con sus signos.

Estos resultados nos muestran una extraña coincidencia la cual no se había advertido, y es que la distancia a los principales centros urbanos está correlacionada negativamente con la calidad institucional de los municipios, pero a su vez está positivamente correlacionada con la producción de petróleo.

Esta circunstancia, nos advierte que un posible canal a través del cual los municipios productores tienen mayores niveles de homicidios y ataques armados, no es precisamente a causa de la producción de petróleo en sí, sino debido a la distancia que guardan los municipios productores a los principales centros urbanos del país, corroborando por un lado el argumento planteado en el capítulo 4 de como la distancia a los principales centros urbanos representa un costo alto para la calidad institucional, y por otro lado la hipótesis de Collier et al(2009) en torno al canal del centralismo.

## **8. CONCLUSIONES**

En el periodo posterior a la Segunda Guerra, la literatura económica ha documentado un panorama pesimista para los países en desarrollo que han explotado recursos naturales no renovables de alto valor agregado y los efectos que éstos generan, para lo cual varios autores han sugerido diversas explicaciones.

No obstante, nueva evidencia refuta este postulado y ofrece una nueva perspectiva que nos aleja de esa visión fatalista a la cual se ha sometido a las regiones productoras de hidrocarburos, a un destino “inevitable” denominado la maldición de los recursos naturales.

En línea con esta nueva evidencia, los resultados de este artículo ofrecen más recursos a esta discusión en el que con base en un panel de datos municipal para la primera

década del 2000, se propuso una metodología para estimar los efectos causales de la producción de hidrocarburos, en las causas próximas relacionadas a la acumulación y destrucción de capital humano que pueden incidir en el desarrollo de las regiones productoras.

Esa metodología incluyó: un procedimiento para estimar una variable instrumental a partir de variables asociadas a la exploración de hidrocarburos; un modelo condicional para observar los efectos de la producción de hidrocarburos en función de la calidad institucional como lo sugieren las hipótesis de economía política; y una forma funcional para la primera etapa de los MC2E que cumplió en la mayoría de los casos las pruebas para la VI.

Con base en los resultados obtenidos en este artículo se concluye que para los municipios de Colombia, la producción de petróleo ni aporta ni disminuye a la acumulación de capital humano de los municipios productores y en cambio, si tiene un efecto negativo sobre la destrucción de capital humano ya que tanto la tasa de homicidios como la tasa de ataques armados por cien mil habitantes aumentan en promedio 0.02 aproximadamente por cada 1% que aumente la producción de petróleo.

La condicionalidad que puede tener el desempeño fiscal del municipio en la transmisión de este efecto negativo resultó ser muy limitado ya que los resultados de los modelos condicionados fueron no-significativos para la mayoría, evidenciando así que el desempeño económico y fiscal que los gobiernos locales tengan no va a influir eficazmente en el aumento o disminución de la violencia de los municipios productores de petróleo. Probablemente sean otro tipo de instituciones ajenas a las utilizadas en este modelo las llamadas a tener incidencia sobre este fenómeno.

La deferencia entre los resultados por MCO y por MC2E, evidencia la facilidad con la cual se puede concluir la existencia de la maldición de los recursos naturales con las regresiones por MCO y cometer error de tipo I. Para lo cual, la estrategia de identificación propuesta fue exitosa en encontrar los efectos causales y desmentir tal hipótesis para los modelos condicionados, en los casos que se encontró endogeneidad.

Las extensiones a este artículo podrían ser: el uso de otras variables institucionales organizadas en un panel de datos, extender el alcance de la variable independiente principal

a la minería y al gas natural, construir la variable instrumental de prospectividad en un panel para poder estimar efectos fijos, y utilizar otras variables dependientes que estén organizadas en un panel de datos en las que se puedan evaluar otros aspectos de los municipios.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Acemoglu, D. (2009). *Introduction to Modern Economic Growth*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- ACP. (17 de 01 de 2012). *Asociación Colombiana del Petroleo - ACP*. Recuperado el 30 de 01 de 2012, de Informe Estadístico Petrolero - IEP: [www.acp.com.co](http://www.acp.com.co)
- ANH. (2007). *Colombian Sedimentary Basins: nomenclature, boundaries and petroleum geology, a new proposal*. (D. Barrero, A. Pardo, C. A. Vargas, & J. F. Martinez, Edits.) Bogotá: Agencia Nacional de Hidrocarburos- ANH. B&M Exploration Ltda.
- ANH. (19 de 11 de 2008). *Áreas libres->Modelos de contratación*. Recuperado el 10 de 2012, de Modelo de contrato de exploración y producción E&P: <http://www.anh.gov.co/media/contratacion/EP.pdf>
- ANH. (07 de 07 de 2009). *Áreas libres -> Modelos de contratación*. Recuperado el 10 de 2012, de Modelo de contrato de evaluación técnica TEA: [http://www.anh.gov.co/media/asignacionAreas/areasLibres/cont\\_evaluacion\\_tecnica\\_2col.pdf](http://www.anh.gov.co/media/asignacionAreas/areasLibres/cont_evaluacion_tecnica_2col.pdf)
- ANH. (2009). *Conceptos Básicos de Geología y Geofísica*. Bogotá. Colombia: TBWA.
- Auty, R. (1993). *Sustaining Development in Mineral Economies: The resource curse thesis*. London: Routledge.
- Benavidez, J. (2011). De los contratos de asociación a los contratos de concesión en Colombia: La perspectiva económica. En E. SA, *Ecopetrol: energía limpia para el futuro. 60 años* (págs. 517-548). Bogotá: Villegas Editores.
- Bernal, O. E. (2011). *Impacto de las regalías directas sobre la salud y la educación a nivel municipal en Colombia*. Bogotá: Trabajo de grado para Magister en Economía.
- Boyce, J. R., & Emery, J. H. (2011). Is a negative correlation between resource abundance and growth sufficient evidence that there is a "resource curse"? *Resources Policy* 36, 1-13.

- Brunnschweiler, C. N. (May de 2008). The resource curse revisited and revised: A tale of paradoxes and red herrings. *Journal of Environmental Economics and Management*. Volume 55, Issue 3, 248-264.
- Bruno, M., & Sachs, J. (1982, February). Energy and Resource Allocation: A Dynamic Model of the "Dutch Disease". *National Bureau of Economics Research. Working Paper No. 852*, 1-38.
- Carranza, J. M. (2009). *Geochemical Anomaly and Mineral Prospectivity Mapping in GIS*. Enschede, The Netherlands: Elsevier. Department of Earth Systems Analysis. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC).
- Collier, P., Hoeffler, A., & Rohner, D. (2009). *Beyond greed and grievance: feasibility and civil war*. Oxford, UK: Oxford University Press. Oxford Economic Papers 61.
- Corden, W. (Nov de 1984). Booming Sector and Dutch Disease Economics: Survey and Consolidation. *Oxford Economic Papers, New Series, Vol. 36, No. 3*, 359-380.
- DNP. (2010). Evaluación de sostenibilidad financiera de los municipios receptores, de resultados del fondo nacional de regalías y evaluación de impacto de las regalías directas. En U. T.-E. Planeación. Bogotá, Colombia.
- DNP. (2012). *Desempeño fiscal de los departamentos y municipios*. Bogotá, Colombia: Departamento Nacional de Planeación.
- Echeverry, J. C., Navas, J., Navas, V., & Gómez, M. P. (2009). *Oil in Colombia: History, Regulation and Macroeconomic Impact*. Bogotá: Centro de estudios sobre desarrollo económico CEDE. Ediciones Uniandinas.
- EL TIEMPO. (23 de 03 de 2013). Casanare: el drama de un departamento saqueado. *Redacción Justicia*.
- Fernandez, M. (2010). *Violencia y Derechos de Propiedad: El Caso de La Violencia en Colombia*. Bogotá: Universidad de los Andes, Facultad de Economía.
- Gaviria, A. (2000). Increasing returns and the evolution of violent crime: the case of Colombia. *Journal of Development Economics*, 61, 1-25.
- Gaviria, A., & Barrientos, H. (2001). Determinantes de la calidad de la educación en Colombia. *ARCHIVOS DE ECONOMÍA. Documento 159*.

- Gaviria, A., Zapata, J. G., & González, A. (2002). Petróleo y Región: el caso de Casanare. En FEDESARROLLO, *Cuadernos de Fedesarrollo: Número ocho* (pág. 63). Bogotá: Fedesarrollo. Alfaomega Colombiana.
- Gylfason, T. (2001). Natural resources, education, and economic development. *European Economic Review* 45. *Faculty of Economics & Business Administration, University of Iceland*, 847-859.
- Gylfason, T. (December de 2004). Natural Resources and Economic Growth: from dependence to diversification. *Centre for Economic and Policy Research. Discussion Paper No 4804*, 1-33.
- Hernandez, G. H. (2004). Impacto de las regalías petroleras en el departamento del Meta. *Ensayos sobre economía regional. Banco de la República.*, 1-78.
- Karl, T. L. (1997). *The Paradox of Plenty*. Los Angeles, CA: University of California Press.
- Kolstad, I., & Wiig, A. (2009). It's the rents, stupid! The political economy of the resource curse. *Energy Policy* 37, 5317–5325.
- Lederman, D., & Maloney, W. (2008). Trade Structure and Growth. In D. Lederman, & W. F. Maloney, *Natural Resources Neither Curse Nor Destiny* (pp. 15-39). Washington, DC: The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. Stanford Economics and Finance / Stanford University.
- Lederman, D., & Maloney, W. F. (2008). *Natural Resources Neither Curse Nor Destiny*. Washington DC: Stanford University Press. The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank.
- Lopez, E., Montes, E., Garavito, A., & Collazos, M. M. (2013). La economía petrolera en Colombia. Relaciones intersectoriales e importancia en la economía nacional. *Borradores de Economía No 748. Banco de la República*, 1-57.
- Mehlum, H., Moene, K., & Torvik, R. (2006). Institutions and the Resource Curse. En *The Economic Journal*, 116 (págs. 1-20). 9600 Garsington Road, Oxford OX4 2DQ, UK and 350 Main Street, Malden, MA 02148, USA: Royal Economic Society 2006. Published by Blackwell.
- Ministerio de Hacienda. (09 de 06 de 2011). *Ministerio de Hacienda y Crédito Público*. Recuperado el 10 de 2012, de Comunicado de Prensa 019: <http://www.minhacienda.gov.co/portal/pls/portal/docs/1/5822745.PDF>

- North, D. C. (1990). *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Olivera, M., Zuleta, L. A., Aguilar, T., & Osorio, A. (2011). Impacto del sector de servicios petroleros en la economía Colombiana. En FEDESARROLLO, *Cuadernos de Fedesarrollo. Número treinta y seis*. (pág. 80). Bogotá: Fedesarrollo.
- Perry, G., & Olivera, M. (2009). *El impacto del petróleo y la minería en el desarrollo regional y local en Colombia*. Bogotá: Working paper No 51 de 2009-06. Fedesarrollo.
- Perry, G., & Olivera, M. (2012). *Petróleo y minería: ¿bendición o maldición?* Bogotá: La Imprenta Editores S.A.
- Robinson, J. A., Torvik, R., & Verdier, T. (2006). Political foundations of the resource curse. En *Journal of Development Economics* (págs. 447-468). Elsevier B.V.
- Sachs, J. D., & Warner, A. M. (2001). The curse of natural resources. *European Economic Review* 45, 827-838.
- SGR. (2012). *Sistema General de Regalías*. Recuperado el 08 de 2012, de Departamento Nacional de Planeación: <http://sgr.dnp.gov.co>
- Torvik, R. (2002). Natural resources, rent seeking and welfare. *Journal of Development Economics Vol 67*, 455-470.
- Urrutia, M., & Suescún, R. (1994). Las bonanzas cafeteras y la "enfermedad holandesa" en Colombia. En DNP, *Cusiana: un reto de política económica* (págs. 228-254). Bogotá: Tercer Mundo Editores.
- Van der Ploeg, F. (2006). Challenges and opportunities for resource rich economies. *European University institute and Centre for Economics Policy Research, Discussion Paper No. 5688*, 57.
- Wooldridge, J. M. (2002). 9.5 SEMs Nonlinear in Endogenous Variables. In J. M. Wooldridge, *Econometric analysis of cross section and panel data* (pp. 230-237). Cambridge, Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.

## 10. ANEXOS

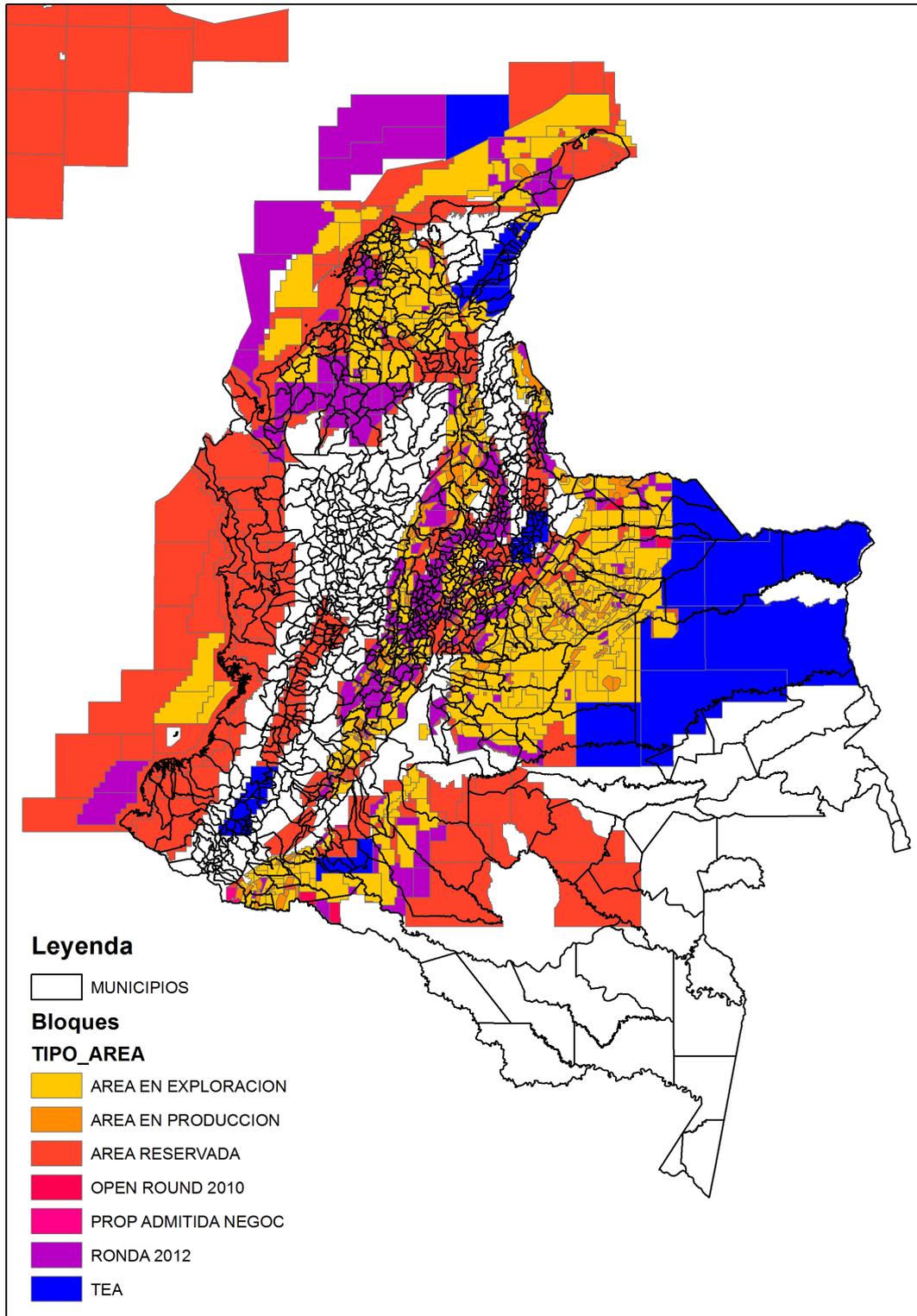


Figura 6. Mapa de bloques de Colombia. Fuente: Agencia Nacional de Hidrocarburos

Tabla 6. Efectos en acumulación y destrucción de capital humano, por MCO.

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	Mat_uncond	Leng_uncond	Homic_uncond	Ataques_uncond	Matemática	Lenguaje	Homicidios	Ataques
Log_producción petróleo	0.016* (0.008)	0.001 (0.008)	1.896** (0.830)	1.841*** (0.403)	0.023 (0.033)	0.094*** (0.028)	0.707 (3.614)	2.531 (1.570)
Log_producción*IDF					-0.000 (0.001)	-0.002*** (0.000)	0.025 (0.051)	-0.010 (0.022)
Índice Desempeño Fiscal					0.008*** (0.002)	0.009*** (0.001)	-0.780*** (0.129)	-0.191*** (0.036)
Constante	-0.782*** (0.026)	-0.872*** (0.028)	56.708*** (1.790)	10.247*** (0.477)	-1.250*** (0.092)	-1.382*** (0.075)	101.215*** (8.249)	21.009*** (2.140)
Observaciones	11,686	11,686	8,424	8,456	11,309	11,309	8,078	8,110
Numero municipios	1,084	1,084	1,086	1,057	1,083	1,083	1,082	1,057
R2	0.000718	0.000693	0.00162	0.0246	0.0368	0.0643	0.00496	0.0259

Standard errors in parentheses. \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Fuente: Cálculos propios con datos de la ANH, DNP, INS e ICFES

Tabla 7. Primera etapa del modelo de acumulación capital humano por MC2E

VARIABLES	Matemáticas			Lenguaje			Math_uncond		Lang_uncond	
	ln(oil)	ln(oil)*IDF	IDF	ln(oil)	ln(oil)*IDF	IDF	ln(oil)	ln(oil)	ln(oil)	ln(oil)
Prospect	9.150*** (0.615)	576.474*** (43.659)	14.941** (6.622)	9.150*** (0.620)	576.443*** (44.135)	14.941** (6.744)				
Dist_mercados	0.006*** (0.001)	0.389*** (0.051)	-0.026*** (0.008)	0.006*** (0.001)	0.389*** (0.052)	-0.026*** (0.008)				
Prospect*Dist_merc										
Prospect <sup>2</sup>	-1.082 (1.881)	-46.704 (133.491)	-23.369 (20.249)	-1.080 (1.898)	-46.571 (134.948)	-23.370 (20.621)	23.449*** (0.611)	23.456*** (0.696)		
Dist_mercados <sup>2</sup>	-6.12e-06*** (8.08e-07)	-0.000*** (.000)	0.000*** (8.70e-06)	-6.12e-06*** (8.15e-07)	-0.000*** (0.000)	0.000*** (8.86e-06)				
Constante	-1.390*** (0.151)	-88.649*** (10.689)	63.714*** (1.621)	-1.390*** (0.152)	-88.637*** (10.806)	63.713*** (1.651)	0.200*** (0.024)	0.200*** (0.027)		
Observaciones	10,937	10,937	10,937	10,937	10,937	10,937	11,686	11,686		11,686
Num. municipios	1,044	1,044	1,044	1,044	1,044	1,044	1,084	1,084		1,084
Chi2 (grados libertad)	1354 (4)	1092 (4)	39 (4)	1329 (4)	1069 (4)	37 (4)	1472 (1)	1472 (1)		1137 (1)

Standard errors in parentheses. \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Fuente: Cálculos propios con datos de la ANH, DNP e ICFES

Tabla 8. Primera etapa del modelo de destrucción de capital humano por MC2E

VARIABLES	Homicidios			Ataques			Homicidios		Ataques	
	ln(oil)	ln(oil)*IDF	IDF	ln(oil)	ln(oil)*IDF	IDF	ln(oil)	ln(oil)	ln(oil)	ln(oil)
Prospect				8.892*** (0.554)	541.395*** (35.664)	13.354*** (3.772)				
Dist_mercados	0.003*** (0.001)	0.204*** (0.062)	-0.030*** (0.011)	0.006*** (0.001)	0.366*** (0.042)	-0.026*** (0.004)				
Prospect*Dist_merc	0.017*** (0.002)	1.091*** (0.111)	0.013 (0.020)							
Prospect <sup>2</sup>	9.460*** (1.550)	574.771*** (108.528)	4.928 (19.484)	-1.703 (1.692)	-87.288 (108.983)	-21.726* (11.528)	22.471*** (0.646)	22.213*** (0.641)		
Dist_mercados <sup>2</sup>	-4.37e-06*** (9.85e-07)	-0.000*** (0.000)	0.000** (0.000)	-5.91e-06*** (7.27e-07)	-0.000*** (.000)	0.000*** (4.95e-06)				
Constante	-0.545*** (0.179)	-34.724*** (12.525)	63.202*** (2.248)	-1.338*** (0.136)	-83.323*** (8.731)	62.036*** (0.923)	0.187*** (0.025)	0.198*** (0.025)		
Observaciones	7,854	7,854	7,854	7,977	7,977	7,977	8,424	8,456		
Num. municipios	1,045	1,045	1,045	1,039	1,039	1,039	1,086	1,057		
Chi2 (grados libertad)	809 (4)	627 (4)	15 (4)	1509 (4)	1376 (4)	103 (4)	1211 (1)	1202 (1)		

Standard errors in parentheses. \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Fuente: Cálculos propios con datos de la ANH, DNP e INS

Tabla 9. Segunda Etapa de los modelos de acumulación y destrucción de capital humano por MC2E

VARIABLES	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	Mat_uncond	Leng_uncond	Homic_uncond	Ataques_uncond	Matemática	Lenguaje	Homicidios	Ataques
Log_producción petróleo	0.036 (0.031)	0.081** (0.034)	-7.024*** (2.388)	2.006*** (0.629)	5.066 (11.470)	0.666 (9.642)	-606.643 (3,850.280)	0.589 (113.276)
Log_producción*IDF					-0.080 (0.180)	-0.012 (0.151)	9.654 (62.366)	0.026 (1.840)
Índice Desempeño Fiscal					0.080* (0.044)	0.175*** (0.037)	4.718 (10.549)	0.024 (0.389)
Constante	-0.794*** (0.032)	-0.924*** (0.034)	62.169*** (2.324)	10.143*** (0.618)	-5.516** (2.569)	-11.082*** (2.159)	-198.645 (577.524)	8.674 (21.628)
Observaciones	11,686	11,686	8,424	8,456	10,937	10,937	7,854	7,977
Numero municipios	1,084	1,084	1,086	1,057	1,044	1,044	1,045	1,039
R2	0.000718	0.000693	0.00162	0.0246	0.00164	0.0605	0.000342	0.0253
	Test exogeneidad				Test Sobreidentificación (Hansen J Test)			
	Ho: ln(oil) es exógena al error				Ho: Los instrumentos excluidos son válidos			
Z   Chi-sq(1)	0.16	-1.7	-0.02	-0.33	3.291	2.696	0.110	1.157
P_value	0.869	0.09	0.988	0.739	0.070	0.1006	0.7399	0.2821

Standard errors in parentheses. \*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1

Fuente: Cálculos propios con datos de la ANH, DNP, INS e ICIFES