

## Determinantes de la explotación de maderables en Antioquia entre el 2006 y el 2010: una aproximación desde las instituciones

### *Determinants of Timber Exploitation in Antioquia between 2006 and 2010: An Approach from the Institutions*

Alexander Cuartas Acosta<sup>1</sup>

DOI: 10.13043/DYS.79.4

#### Resumen

Este artículo analiza los determinantes institucionales de la explotación forestal en Antioquia entre el 2006 y el 2010. La hipótesis central argumenta que la informalidad en la tenencia de la tierra genera incentivos para la sobreexplotación de recursos madereros, mediante la omisión o alteración de las instituciones que reglamentan la explotación forestal. De este modo, se estimará la relación entre la explotación maderera en Antioquia y el estado de los derechos de propiedad sobre la tierra.

La propuesta metodológica incorpora un modelo de datos de panel de efectos fijos, permitiendo trazabilidad temporal y longitudinal de la explotación en los municipios productores. Los resultados sugieren que en los municipios con mayor informalidad en la tenencia de la tierra también tiende a darse mayor explotación forestal por la dificultad de las organizaciones para aplicar

---

1 Economista de la Universidad de Antioquia (Medellín, Colombia). Correo electrónico: [alcuartas@gmail.com](mailto:alcuartas@gmail.com)

Este artículo fue recibido el 28 de julio del 2016, revisado el 27 de septiembre del 2016 y finalmente aceptado el 10 de mayo del 2017.

la regulación. El artículo cuantifica la relación entre las instituciones asociadas a la actividad forestal y los derechos de propiedad sobre la tierra.

*Palabras clave del autor:* derechos de propiedad, organizaciones, neoinstitucionalismo, corporaciones autónomas regionales (CAR) (palabras clave del autor).

*Clasificación JEL:* L73, P48, Q12.

## Abstract

The purpose of this article is to analyze the institutional determinants of the forest harvesting in Antioquia between 2006 and 2010. The main hypothesis argues that informality in land tenure creates incentives to overexploit the wood resources through the omission or alteration of the institutions which regulate the forest harvesting. Thereby, in this paper it is estimated the relationship between forest harvesting in Antioquia and the property rights over land.

Methodologically, this work incorporates a fixed effects panel data model, which allows temporal and longitudinal traceability of the wood exploitation in the producing municipalities of Antioquia. The results suggest that high levels of forest harvesting occur in municipalities with high informality in land tenure due to the difficulty of organizations to enforce regulations. This article quantifies the relationship between institutions which regulate the forest harvesting and the property rights over land.

*Key words:* Property rights, organizations, new institutionalism, autonomous regional corporation (CAR) (author's key words).

*JEL classification:* L73, P48, Q12.

## Introducción

Los recursos naturales son un bien de origen mixto que proporciona externalidades ambientales positivas de libre entrada, pero también constituye un insumo fundamental para las actividades productivas de muchos sectores económicos. No obstante, la inadecuada regulación de las organizaciones competentes (Cárdenas, 2004), la distancia entre estas y los lugares de explotación y la proliferación de instituciones informales generan incentivos para el aprovechamiento inadecuado de estos recursos, propiciando la sobreexplotación y su agotamiento, y llegando a lo que se conoce como *tragedia de los comunes* (véase, v. g. Buchanan y Yoon, 2000; Ostrom *et al.*, 2002). Este escenario socialmente ineficiente reduce la función de bienestar social y pone en riesgo la sostenibilidad ambiental de las regiones.

En las últimas décadas, la sostenibilidad ambiental ha tomado gran relevancia como determinante del crecimiento económico (Collier, 2009). Esto se ha visto reflejado en las políticas implementadas en diferentes países con el objetivo de hacer compatible el desarrollo económico con la preservación de los recursos naturales. Una de las preocupaciones medioambientales más destacadas es la tala indiscriminada de árboles que amenaza la estabilidad de muchos ecosistemas, dado que las tasas de deforestación ascienden paulatinamente, debido en gran medida a la expansión de la agricultura de subsistencia y comercial (Ramírez y Orrego, 2011). En efecto, se estima que el 86% de la población de las regiones tropicales vive por debajo de la línea de la pobreza, a esto se le suma el hecho de que la tasa de crecimiento de la población en estas regiones es superior a la tasa mundial (Bhagwat, Willis, Birks y Whittaker, 2008), lo cual incide en que las personas decidan adaptar nuevas tierras para la agricultura aunque esto implique la reducción de bosques nativos. Entre los diferentes factores que podrían explicar la persistencia de los mercados forestales informales, la literatura destaca los derechos de propiedad sobre la tierra. Actualmente, existe un consenso en cuanto a que los derechos de propiedad<sup>2</sup> son un elemento importante en la estructura institucional de una economía y constituyen un incentivo importante para las decisiones económicas de los agentes.

---

2 Los derechos de propiedad se refieren a la capacidad de un propietario para utilizar un activo para consumo o generación de riqueza, así como a la enajenación del bien o su posibilidad para ser usado en un contrato para la renta, compromiso o hipoteca del activo (Besley y Ghatak, 2010).

En Antioquia existen en total 3.089.433,66 ha aptas para la reforestación comercial y para el año 2000 el bosque primario representaba el 7,2%, el secundario el 35,5%, mientras que las plantaciones forestales el 0,6%; sin embargo, la utilización del suelo se concentraba en usos pecuarios —pastos para la ganadería—, constituyendo el 54%, mientras que la tierra apta para tales fines se estimaba en un 12% para el mismo período (Giraldo y Muñoz-Mora, 2012). Lo anterior da cuenta del conflicto de intereses que surge entre la vocación y el uso del suelo, lo que puede explicar las circunstancias que hacen que la explotación forestal se dé en predios informales ante la congestión de los predios rurales utilizados en actividades pecuarias.

Las entidades encargadas de regular la actividad forestal en el departamento son las corporaciones autónomas regionales (CAR), a las que les compete otorgar licencias para el aprovechamiento forestal, además de vigilar su desarrollo desde la producción en finca hasta la movilización para su transformación en productos maderables, estando presentes así a lo largo de la cadena productiva. De allí entonces que la explotación en predios informales pueda afectar los intereses ambientales, además de la percepción de ingresos de los municipios con el impago de tributos prediales. A pesar de esto, se ha estudiado poco acerca de la influencia de los derechos de propiedad y, en particular, de su incidencia como uno de los determinantes institucionales de la explotación de maderables en Antioquia.

Este artículo analiza las instituciones relacionadas con la explotación de maderables en Antioquia para el período 2006-2010. La hipótesis central del trabajo argumenta que en escenarios con instituciones y organizaciones débiles, se configuran incentivos para la sobreexplotación de los recursos forestales en detrimento de la sostenibilidad ambiental. Con información de las CAR sobre explotación, movilización y decomisos forestales, así como una variable *proxy* de los derechos de propiedad en Antioquia (Índice de Informalidad en la Tenencia de la Tierra), se propone un modelo de datos de panel de efectos fijos que brinde controles por diferentes fuentes de variación no observable, tanto temporal como de corte transversal.

Los resultados sugieren que esa informalidad incentiva el aprovechamiento forestal a través de la explotación de especies vedadas, el subregistro o no registro del volumen efectivamente explotado, así como la intermediación de actores que alteran los demás instrumentos de control establecidos por las

corporaciones. Este trabajo contribuye así con la comprensión de los determinantes institucionales de la explotación de los recursos forestales en Antioquia usando metodologías cuantitativas robustas. Asimismo, las estimaciones puntuales halladas proveen una aproximación de la relación entre los derechos de propiedad de la tierra y la explotación maderera y proporcionan información para el mejoramiento de la política ambiental y el fortalecimiento de las organizaciones competentes, mediante la identificación de diversos aspectos estructurales asociados al aprovechamiento forestal.

El artículo está dividido en siete secciones, incluyendo la introducción. La primera sección revisa un marco teórico de referencia para el análisis de las instituciones en el aprovechamiento forestal; la segunda aborda las instituciones forestales y las organizaciones competentes en Antioquia. En el tercer apartado se introducen los datos. Posteriormente, la cuarta sección detalla la estrategia empírica que utiliza este trabajo, para así, en la sección número cinco, presentar y comentar los resultados de las estimaciones. Finalmente, la sexta sección concluye.

## I. Marco teórico

De manera general, las instituciones pueden ser definidas como "[...] las prescripciones que los humanos usan para organizar todas las formas de interacciones repetitivas y estructuradas [...]" (Ostrom, 2005, p. 3). La literatura económica ha sugerido que estas tienen un papel fundamental en el desarrollo económico, en cuanto definen y delimitan las reglas de juego que garantizan el desarrollo eficiente de las relaciones económicas entre los agentes (v. g., Acemoglu y Robinson, 2012; De Janvry, Sadoulet y Murgai, 2002; Dercon y Krishnan, 2010; Feder y Feeny, 1991). En este sentido, diseños institucionales eficientes inciden en la conformación de incentivos políticos, sociales y económicos que modifican las preferencias de los individuos para alcanzar los máximos niveles de bienestar social (North, 1990).

Las instituciones pueden ser formales o informales. Las primeras hacen referencia a las reglas de carácter vinculante, asociadas a los procesos regulatorios y con sistema de cumplimiento claramente definido (*i. e.*, con penalizaciones por incumplimiento). Por su parte, las informales se refieren a las actividades de carácter rutinario, usualmente no escritas, cuyo cumplimiento se da por

fuera de los canales oficialmente sancionados (Helmke y Levitsky, 2004). Aunque ambas instituciones podrían incidir en la formación de preferencias de los individuos, la literatura económica favorece a las instituciones formales como potenciadoras del desarrollo económico. La existencia y validación escrita de las instituciones formales permite garantizar el cumplimiento de las reglas a través de canales legales, los cuales generan incentivos para el desarrollo de relaciones económicas eficientes (North, 1990). En este sentido, el impacto de las instituciones formales, tales como las reformas al sistema político y la creación de derechos de propiedad suelen generar las condiciones necesarias para el crecimiento económico sostenible (Leite, Silva y Afonso, 2014).

Entre las instituciones formales de mayor relevancia en las economías en desarrollo se encuentran los derechos de propiedad. Estos otorgan a su tenedor el derecho a disponer de un bien o activo para el consumo, la generación de ingresos y transferencia a un tercero, lo cual afecta a su vez la distribución intergeneracional de la riqueza (Besley y Ghatak, 2010). Su existencia y la claridad en su definición son determinantes para el desarrollo de actividades productivas al reducir el riesgo de expropiación y los costos asociados a la protección de los bienes, además de facilitar su uso en el mercado secundario o financiero (Besley y Ghatak, 2010). Por el contrario, derechos de propiedad débiles o mal definidos generan desincentivos a la inversión y el uso productivo de los bienes crea en el largo plazo círculos de pobreza y subdesarrollo (Acemoglu y Robinson, 2012). Asimismo, desde la economía política, una definición incompleta de los derechos de propiedad de las pequeñas unidades productivas rurales podría ser utilizada por las élites locales (usualmente terratenientes) para garantizar salarios bajos y asegurarse una cantidad de fuerza laboral suficiente (Fergusson, 2013).

El diseño eficiente de los derechos de propiedad es de particular relevancia en bienes de naturaleza mixta como los recursos naturales. Estos bienes son a su vez públicos, al proveer externalidades positivas de libre acceso (e. g. la calidad del medio ambiente); y privados, al generar rentas a partir de su explotación. En este sentido, una mala definición de los derechos de propiedad puede propiciar una inadecuada explotación, lo cual puede tener consecuencias nefastas para un país (v. g. "la maldición de los recursos naturales"<sup>3</sup>). La dependencia de

---

3 La maldición de los recursos naturales es un fenómeno en el cual países y regiones con recursos naturales abundantes tienen poco desarrollo y poco crecimiento económico, esto se debe principalmente a que la economía depende altamente de estos recursos (Shao y Yang, 2014).

las actividades extractivas puede sesgar el crecimiento económico de un país o región hacia actividades cuyos retornos son temporales y que tienen como consecuencia la apreciación del tipo de cambio, lo cual, a su vez, contribuye a desincentivar otros sectores como el manufacturero. En presencia de instituciones débiles (v. g., reglas de juego mal diseñadas o derechos de propiedad mal definidos), dicha dependencia excede las implicaciones económicas y puede afectar la estabilidad política de los regímenes democráticos; una consecuencia de esto son los incrementos en el gasto público orientados a favorecer a determinados grupos de interés, mientras que se hacen disminuciones en otros rubros de inversión como infraestructura y educación. De hecho:

[...] en ausencia de rentas procedentes de recursos [naturales], un sistema de gobierno completamente democrático rinde cerca de un dos por ciento anual más que una autocracia despótica. Cuando esas rentas representan más o menos un ocho por ciento del total de la renta nacional, la democracia deja de suponer una ventaja en términos de crecimiento [...]. (Collier, 2009)

Lo anterior sugiere que las instituciones y sus mecanismos de control tienen un papel fundamental en el manejo eficiente de las rentas provenientes de la explotación de recursos naturales.

Así pues, fenómenos como la "maldición de los recursos naturales" pueden entenderse como fallas del mercado, ya que este por sí mismo no puede garantizar el uso eficiente de los recursos naturales y, por tanto, se requiere la formulación de reglas claras que regulen las actividades productivas para garantizar que la explotación de estos recursos se acerque al óptimo social. Por tanto, dado que en estos mercados se procura alcanzar un uso eficiente de los recursos agotables que garantice tanto su asignación intergeneracional óptima, como un beneficio económico, el papel de las instituciones es significativo para atender estas fallas de mercado, puesto que permite aclarar las condiciones necesarias para el desarrollo de actividades productivas, bien sea por medio de su función regulatoria a cargo entidades gubernamentales, o contractual, acordado entre los involucrados en dichas actividades (Aguilera y Alcántara, 1994).

Dentro de las actividades productivas basadas en bienes ambientales se destacan las actividades agroforestales<sup>4</sup>. En este campo, el diseño de instituciones eficientes desempeña un papel fundamental para su uso racional y sostenible, ya que estas actividades están fuertemente influenciadas por factores institucionales como la seguridad en la tenencia de la tierra, condiciones de mercado favorables, facilidades de crédito y costos de transacción (Rasul y Thapa, 2006). Cuando estos factores son débiles o fallan, los agricultores prefieren tener cultivos de subsistencia, que son poco rentables, en vez de incursionar en proyectos productivos agroforestales con mayores beneficios en el largo plazo. Así, las instituciones tienen una función relevante en la determinación de las prácticas económicas de los agentes, como en la modificación que estas decisiones sufren a lo largo del tiempo, lo cual se da debido a que las instituciones son endógenas a la interacción entre actores, lo que, a su vez, configura su carácter dinámico (Tsebelis, 1990, citado en Rivas, 2003).

En conclusión, el desarrollo de actividades agroforestales está profundamente ligado a las instituciones formales en la medida en que estas son en sí mismas incentivos a la explotación de estos recursos ambientales. Dentro de las instituciones formales se destacan los derechos de propiedad, que de acuerdo con Feder y Feeny (1991) son necesarios dado que asignan las pérdidas y ganancias de la acción de los agentes, y además tienen un efecto tanto en los incentivos como en los límites de las transacciones en el mercado de la tierra y el acceso a crédito. Por tanto, la existencia o no de derechos de propiedad claramente definidos y métodos de control para garantizar su cumplimiento es un determinante a la hora de decidirse por modelos de explotación agroforestal y, particularmente, por la explotación de recursos maderables, teniendo en cuenta el período de tiempo que requiere su explotación, entre otros factores. En este orden de ideas, en este artículo se analiza la incidencia de las instituciones débiles en el aprovechamiento de los recursos maderables y la sobreexplotación que surge debido a la dificultad de las organizaciones encargadas de hacer cumplir las reglas de juego.

- 
- 4 Estas actividades son entendidas como un enfoque integral sobre el uso de la tierra, donde los cultivos de maderables coexisten con aquellos de tipo herbáceo y pecuario en algún arreglo espacial o temporal específico (Lai, 1991), además de implicar interacciones ecológicas y económicas (Zomer, Coe, Place, Van Noordwijk y Xu, 2014). Esta aproximación reconoce la multiplicidad de actividades que pueden realizarse paralelamente en las unidades productivas rurales, siendo aquellas dedicadas a la explotación de maderables en las que se hará énfasis. En este sentido, la adopción de prácticas agroforestales puede ser justificada a partir de consideraciones relacionadas con la innovación tecnológica, las estrategias de subsistencia de los cultivadores y sus familias, así como sus decisiones para reducir el riesgo y la incertidumbre (Scherr, 1995).



## II. Institucionalidad forestal en Antioquia

La protección y regulación del aprovechamiento de los recursos naturales en Colombia se encuentran contempladas en la Constitución de 1991<sup>5</sup> y son reglamentadas por la Ley 99 de 1993 (Ley Ambiental General). Este marco jurídico creó las corporaciones autónomas regionales (CAR) como autoridades ambientales encargadas por velar el cumplimiento de la ley ambiental en jurisdicciones territoriales homogéneas<sup>6</sup>. En Antioquia existen tres CAR: 1) Corantioquia, con jurisdicción en 80 municipios; 2) Cornare, cuya jurisdicción comprende 26 municipios, y 3) Corpourabá, que integra los 19 municipios restantes. El Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) es la autoridad ambiental que actúa sobre 9 de los 10 municipios que conforman el Valle de Aburrá para efectos de planificación del territorio, transporte masivo y ejecución de obras de interés metropolitano, dados los procesos de conurbación; no obstante, este análisis se centra en los municipios vinculados a las tres primeras CAR, ya que es allí donde se concentra la explotación maderera en Antioquia (figura 1).

En relación con la explotación de maderables, a las CAR les compete garantizar el cumplimiento de la regulación y mecanismos de vigilancia existentes para las diferentes fases de la cadena productiva<sup>7</sup>. En primer lugar, están encargadas de emitir permisos y concesiones de aprovechamiento forestal.

---

5 El artículo 8 aclara que el Estado debe "proteger las riquezas naturales de la nación"; el 79 le asigna como competencia "proteger la diversidad e integridad del ambiente y conservar las áreas de especial importancia ecológica". Las actividades económicas basadas en el aprovechamiento de los recursos naturales son consideradas por la Constitución en el artículo 334 y facultan al Estado para intervenir y garantizar el uso sostenible de los recursos ambientales, entre otros.

6 El artículo 23 de la mencionada ley estipula: "Las corporaciones autónomas regionales son entes corporativos de carácter público, creados por la ley, integrados por las entidades territoriales que por sus características constituyen geográficamente un mismo ecosistema o conforman una unidad geopolítica, biogeográfica o hidrogeográfica, dotados de autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y personería jurídica, encargados por la ley de administrar, dentro del área de su jurisdicción, el medio ambiente y los recursos naturales renovables y propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y las políticas del Ministerio del Medio Ambiente".

7 En la cadena productiva de la explotación forestal se pueden identificar las siguientes fases: determinación del uso de la madera, selección de especies, recolección de semillas, construcción del vivero de árboles, siembra o plantación (preparación del terreno para reforestar, trazado o ahoyado), manejo silvicultural de la plantación (limpia, poda, entresaque, troceado, desrame, entre otras) para llegar finalmente a la producción de madera en pie (Agrocadenas, 2005).

Figura 1. Jurisdicciones territoriales de las CAR en Antioquia



Fuente: Giraldo y Muñoz-Mora (2012).

Estos permisos son solicitados por las personas interesadas en explotar cultivos madereros o las áreas de bosque primario o secundario. El objetivo central de estos permisos es la regulación del tipo de cultivos en cuanto a variedad y ubicación de la explotación. En segundo lugar, una vez el recurso maderable es extraído, se debe solicitar un salvoconducto para la movilización de la madera por las vías del país. Su objetivo es certificar que el recurso forestal ha sido explotado en predios con permisos forestales y de características generales de la madera, entre ellas, que sea una especie permitida (no vedada). Además de esto, en coordinación con la unidad ambiental de la policía nacional, las CAR realizan controles para la incautación de productos forestales que presenten inconsistencias con la legalización de los documentos<sup>8</sup>, ejerciendo sus

8 Cabe anotar que los decomisos pueden ser preventivos o definitivos. En el primer caso se especifican los detalles de la incautación (especímenes, cantidad, identificación de la persona a quien se le decomisa, entre otros) y se deja a disposición de la corporación responsable para dar inicio a las medidas a las que haya lugar (proceso sancionatorio ambiental, indagación preliminar o levantamiento de la medida cautelar).

facultades para sancionar a través de los decomisos preventivos o permanentes, según la naturaleza de la infracción.

A pesar de este marco institucional, hay prácticas informales para incrementar los rendimientos económicos de la explotación forestal. Estas prácticas son usualmente realizadas por intermediarios del mercado maderero, quienes contactan a pequeños campesinos sin permisos de aprovechamiento forestal —debido a restricciones monetarias o de localización— para desarrollar la explotación de los predios rurales (generalmente, sin derechos de propiedad). Las dos modalidades principales para la tala son: la primera, en la que los intermediarios son quienes cortan la madera y se encargan de movilizarla y comercializarla<sup>9</sup>; y, la segunda, recibiendo la tala directamente de los propietarios u ocupantes de los predios y solucionando las últimas dos etapas del proceso. Asimismo, en los casos en los que se cuenta con permiso de aprovechamiento, se incurre en la explotación de volúmenes superiores a los declarados (en los salvoconductos) o el aprovechamiento de especies vedadas (Giraldo y Muñoz-Mora, 2012).

### III. Datos y estadística descriptiva

Este estudio se basa en datos municipales proporcionados por las CAR de Antioquia, reportados para el aprovechamiento forestal, la movilización y los decomisos de maderables entre el 2006 y el 2010. Estas cifras son recolectadas por las CAR a través del registro de permisos y salvoconductos solicitados, así como el reporte de madera incautada. Esta información tiene una alta variabilidad en su calidad y disponibilidad debido, entre otros factores, a: 1) la naturaleza de la producción maderera que hace que la producción se comporte de manera cíclica y estacional; 2) falta de reporte de las unidades territoriales en los municipios, y 3) el manejo de la información de manera no sistemática por parte de las CAR<sup>10</sup>. No obstante, con el fin de obtener la información que permita realizar la mejor inferencia posible, los datos han sido constatados con los reportes de la

---

9 En este punto, los operadores de motosierra se vuelven los principales actores de la intermediación, dando lugar a la figura de los aserradores trashumantes, quienes se caracterizan por estar continuamente movilizándose para realizar el aprovechamiento informal en predios aislados.

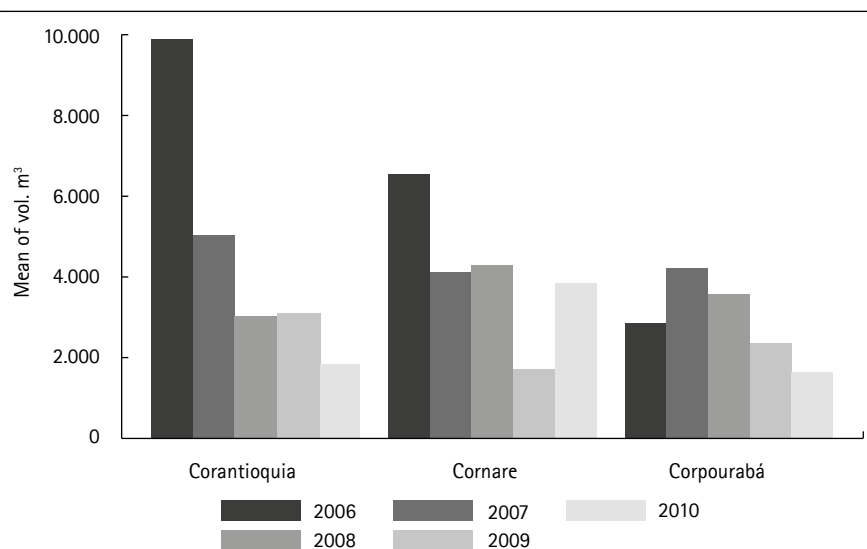
10 Por ejemplo, resulta llamativo el caso de La Ceja, que registra en el 2006 y el 2008 explotación por encima de los 8.000 m<sup>3</sup>, pero el resto de años no hay registros. Asimismo, Rionegro reporta 12.937 m<sup>3</sup> en el 2006, 2.815 en el 2008 pero no aparecen registros en los años restantes.

Secretaría de Medio Ambiente de la Gobernación y depurados para tener los reportes más fiables y contribuir así con la solución de posibles problemas de variables omitidas o causalidad inversa, relacionados con la calidad de los datos reportados.

La figura 2 presenta el volumen de aprovechamiento forestal extraído y reportado por las respectivas CAR, medido en metros cúbicos ( $m^3$ ), para 61 municipios del departamento. En general, se observa una gran variabilidad en los datos (cuadro 1), lo cual es producto de la existencia de valores atípicos que alteran su comportamiento. La figura sugiere un comportamiento descendente en el aprovechamiento forestal, siendo el 2006 el año de mayor explotación para Corantioquia y Cornare. Esto se justifica por los altos niveles de explotación de Amalfi y Sopetrán (este último solo reporta aprovechamiento en el 2006) para la primera CAR. El aprovechamiento forestal de esos municipios no guarda relación con los años subsiguientes, que son sustancialmente menores. El caso de Cornare se explica por el comportamiento de El Peñol, donde el aprovechamiento para el 2006 supera el del 2007 en 604 veces, el del 2008 en 286 y el del 2009 en 8.540.

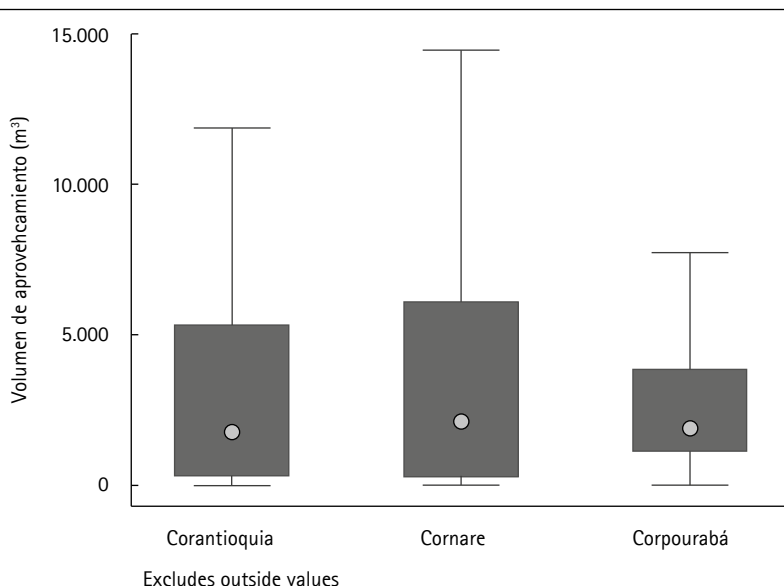
Ahora, si se mira de manera agregada el volumen extraído por corporación (figura 3), resulta llamativo que en los municipios de Cornare se dé un aprovechamiento promedio casi tan alto como el registrado en los municipios de Corantioquia, aun cuando esta última sea la corporación que mayor cantidad de municipios tiene bajo su jurisdicción. Esto se explica en alguna medida por los altos valores de aprovechamiento de algunos municipios del oriente, entre ellos El Peñol, que coincide con el valor máximo de aprovechamiento del cuadro 1.

Como se mencionó, el reporte de los datos puede implicar que no haya seguimiento permanente a la explotación o que no haya existido explotación. Sin embargo, el último caso es improbable si se revisan los reportes históricos por municipios. Esto dificulta la trazabilidad de la información forestal en el departamento, obstaculizando los análisis y la toma de decisiones sobre esta actividad productiva, tanto para las entidades reguladoras (sector público) o potenciales interesados en el negocio (agentes privados). Cabe anotar que estas dificultades se observan también en las demás variables forestales estudiadas.

**Figura 2.** Volumen de aprovechamiento forestal anual ( $\text{m}^3$ ) por CAR

Nota: explotación de madera según la jurisdicción de las CAR para el período 2006-2010

Fuente: elaboración propia a partir de la información reportada por las CAR.

**Figura 3.** Aprovechamiento forestal total ( $\text{m}^3$ )

Nota: aprovechamiento forestal en los municipios agrupado según la respectiva jurisdicción de la CAR. Se excluyen los valores atípicos

Fuente: elaboración propia a partir de la información suministrada por las CAR.

Con respecto a los decomisos, vale la pena resaltar que Corpourabá es la autoridad ambiental que mayor cantidad de decomisos tiene con un registro entre el 2006 y el 2010 de una incautación promedio de 229 m<sup>3</sup>, contra 39,07 m<sup>3</sup> de Corantioquia y 38,83 m<sup>3</sup> de Cornare. Dicha tendencia en los municipios cuya jurisdicción compete a Corpourabá se ve influenciada debido a que Turbo es el municipio que mayor incautación registra (valor máximo), tanto en el 2008 como en el 2010, cuando vuelve a reportar la mayor incautación (299,47).

Por otro lado, como una aproximación al estado de los derechos de propiedad en Antioquia, se utiliza el Índice de Informalidad en la Tenencia de la Tierra incluido en el *Gran atlas de la propiedad de la tierra*, de la Universidad de los Andes y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)<sup>11</sup> (2012). Este índice es la ratio de predios sin matrícula inmobiliaria y el área catastral total privada<sup>12</sup>. Esto es:

$$Informalidad_{it} = \frac{\text{Área}(h) \text{ de municipio sin títulos de propiedad}_t}{\text{Área}(h) \text{ catastral total privada}_t} \quad (1)$$

El índice está entre 0 y 1, lo cual indica que en la medida en que se acerque a 1, el municipio es altamente informal y se constituye como un territorio con derechos de propiedad débiles. Caso contrario si el valor del índice tiende a 0.

En los municipios en los que se registró aprovechamiento forestal, San Francisco es el que mayor informalidad presenta entre el 2006 y el 2009 (0,916, 0,916, 0,916 y 0,906, respectivamente) y su promedio de aprovechamiento para los años analizados es 6.206,32 m<sup>3</sup>, cifra superior al promedio agregado. Esto sugiere, entonces, una posible relación entre la informalidad en la tenencia de la tierra y el aprovechamiento de los recursos forestales.

Además, para el análisis se utilizarán variables de control de tipo fiscal, así como de distribución con el fin de analizar la incidencia de otros factores asociados al fortalecimiento institucional de las entidades territoriales. En cuanto a las primeras, se utiliza la proporción de los ingresos percibidos por el predial, con respecto a los ingresos totales como una variable que permite hacer una

11 El IGAC es la entidad que produce la información catastral y cartográfica oficial de Colombia.

12 Las matrículas inmobiliarias representan el título de propiedad del predio y sirve, entre otras, para obtener permisos de aprovechamiento forestal y desarrollo de actividades productivas, además de constituir el colateral para el mercado financiero. Es requisito para la enajenación del activo.

aproximación a la realidad fiscal de los municipios, con el fin de afianzar el enfoque del trabajo a partir de la principal variable explicativa, toda vez que en la medida en que la participación de los ingresos tributarios por predial sea considerable, se puede pensar en la fortaleza institucional de las entidades territoriales en la fiscalización tributaria y la actualización catastral.

Asimismo, se incorpora el Índice de Desempeño Fiscal (IDF), el cual diferencia los gastos de funcionamiento respecto de los de inversión mediante seis componentes<sup>13</sup>, y hace referencia a los gastos recurrentes de las entidades territoriales y su capacidad para afrontar el sostenimiento y mejorar el bienestar social, dando cuenta de la fortaleza institucional, fiscal y financiera de los municipios. El indicador va de 0 a 100, siendo esta última la mejor calificación posible en el manejo de los recursos públicos.

Por otro lado, en cuanto a la distribución, se incluye el Gini de terrenos como una medida de la repartición equitativa de la propiedad. Para su cálculo se tiene en cuenta la información estadística reportada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y se basa en las hectáreas de los predios.

El cuadro 1 contiene las principales estadísticas descriptivas de las variables mencionadas.

**Cuadro 1.** Principales estadísticas descriptivas

Variables	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Aprovechamiento forestal	4.139,85	6.104,57	3	42702
Movilización	2.472,95	3.401,21	3	14.945.080
Decomisos	108,66	354,69	0	3.328.740
IDF	61.782	9.484	34.188	92.660
Índice de informalidad	0,228	0,192	0,0001	1
Gini terrenos	0,695	0,090	0,49	0,920
Predial	0,053	0,049	0	0,248

Nota: principales estadísticas descriptivas de las variables de interés en el modelo. Las primeras tres están medidas en metros cúbicos, la última es un valor entre 0 y 1.

Fuente: realización propia a partir de los datos reportados por las CAR para el período 2006-2010 e IGAC (2012).

13 Estas proporciones miden: 1) autofinanciamiento de los gastos de funcionamiento, 2) respaldo del servicio de la deuda, 3) dependencias de las transferencias de la nación y las transferencias, 4) generación de recursos propios, 5) magnitud de la inversión y 6) capacidad de ahorro.

## IV. Estrategia empírica

### A. Ecuación a estimar

Se pretende estimar un modelo de datos de panel para la actividad forestal en el departamento de Antioquia entre el 2006 y el 2010. No obstante, dada la naturaleza de la información, se tiene un panel desbalanceado donde los datos faltantes son en su mayoría aleatorios (*missing at random*), lo que se subsana procediendo inicialmente con un proceso de imputación e incluyendo controles que aporten información que controle la ausencia de datos, con el fin de asegurar que las estimaciones obtenidas sean robustas. Así, los determinantes del aprovechamiento forestal del municipio  $i$ , que pertenecen a la CAR  $c$ , en el año  $t$  están definidos por:

$$\text{Explotación forestal}_{ict} = \alpha_1 + \beta_1 \text{Informalidad}_{ict} + X_{ict}\beta + \alpha_i + \mu_{ict} \quad (2)$$

Se tendrá como variable dependiente el volumen de aprovechamiento forestal ( $m^3$ ). Sin embargo, debido a que el interés del trabajo está relacionado con las instituciones formales forestales, también se replicará el ejercicio para las variables *movilización* y *decomisos*, para diferenciar la incidencia de la informalidad sobre la producción y el tránsito de la madera, así como la incautación debido a irregularidades en el proceso de aprovechamiento y movilización. Mientras que la primera variable da cuenta de la cantidad de madera explotada, la movilización registra la madera transportada entre el sitio de producción y el de transformación o sitio de finalización. Los decomisos, por su parte, indican la cantidad de madera incautada por la autoridad ambiental debido a irregularidades en el proceso de explotación.

Como principal variable explicativa se tiene el Índice de Informalidad de la Tenencia de la Tierra  $\text{Informalidad}_{ict}$ . Se espera que en ausencia de derechos de propiedad o en territorios donde su definición e implementación sea débil, la incidencia de la informalidad en la tenencia de la tierra desincentive la explotación forestal dada la inseguridad sobre los predios destinados a la producción, esto es que  $\beta_1 < 0$ . No obstante, como se encuentra en parte de la literatura económica sobre la explotación de recursos naturales, la incidencia de la informalidad puede estar incentivando el aprovechamiento forestal ilegal, debido a los costos de oportunidad, localización e incluso pecuniarios



que implica el trámite de permisos gubernamentales. En este sentido, no es improbable obtener un valor positivo del parámetro.

En lo que respecta a la movilización, se espera una relación inversa con la informalidad; Sin embargo, como se observa en otros estudios de tipo exploratorio, en presencia de intermediarios que intentan manipular los salvoconductos, los permisos de movilización pueden verse alterados para legalizar explotaciones que inicialmente no contaban con permisos de aprovechamiento (v. g., Giraldo y Muñoz-Mora, 2012). Finalmente, para los decomisos, dada la regulación que les compete a las CAR, se espera que ante la inspección eficiente de las autoridades ambientales, donde existan irregularidades para la explotación (ausencia de derechos de propiedad) y aun así se ejerza la actividad, incrementen los decomisos. En este sentido, entonces, en presencia de informalidad se cree que el coeficiente estimado de la informalidad es positivo en todas las ecuaciones.

Además, se incluye un vector de controles  $X_{ict}$  que contiene el Índice de Desempeño Fiscal, el Gini de terrenos y la proporción de los ingresos por predial del total de ingresos de las entidades territoriales y el vector de coeficientes estimados ( $\beta$ ).

## B. Metodología

La técnica de datos de panel consiste en la observación de una misma sección cruzada o corte transversal, con  $N$  individuos ( $i = 1, 2, 3, \dots, N$ ) en un lapso de tiempo  $T$  (i. e.  $t = 1, 2, 3, \dots, T$ ), lo cual produce una muestra de  $N \times T$  observaciones. Cada variable estudiada se identifica para cada individuo,  $i$ , en un momento de tiempo,  $t$ :  $y_{it}$ . Así, la fuente de variación está conformada por dos aspectos: 1) los efectos individuales específicos, y 2) los efectos temporales. Mientras que los primeros afectan de manera desigual a los individuos, los segundos afectan por igual a todos. El objetivo de esta metodología es establecer una relación lineal controlando la heterogeneidad no observable. El modelo de datos de panel puede expresarse de la siguiente manera:

$$y_{it} = \beta_1 x_{it1} \dots + \beta_k x_{itk} + \alpha_i + \mu_{it} \quad (3)$$

Donde  $x_{ij}$  es la variable explicativa  $j$  ( $\forall j = 1, \dots, k$ ), para el individuo  $i$  ( $\forall i = 1, \dots, N$ ), en el tiempo  $t$  ( $\forall t = 1, \dots, T$ )  $\cdot \beta_j$ , es la estimación puntual

de la relación con las variables independientes  $j; \alpha_i$  es el componente idiosincrático —efecto inobservable— que caracteriza a cada individuo  $i$ , e incorpora atributos permanentes en el tiempo. Y, finalmente,  $\mu_{it}$  es el término de error para el individuo  $i$  en el tiempo  $t$ .

Ahora bien, la estimación de efectos fijos o aleatorios implica distintas consideraciones, siendo la correlación serial entre las variables explicativas y el efecto inobservable el factor determinante. La elección del modelo de efectos fijos se justifica si en el análisis existen factores que se consideran constantes, es decir, se pretende llegar a análisis de tipo *ceteris paribus*; mientras que la estimación de efectos aleatorios es usualmente empleada cuando se tiene respaldo acerca de la distribución aleatoria de las variables, lo que lleva a pensar en la no correlación con el efecto inobservable (Wooldridge, 2010).

El test de Hausman es un criterio que permite concluir cuál de estas dos estimaciones es la apropiada. Esta prueba evalúa la ortogonalidad de la estimación del efecto aleatorio y de los regresores, es decir, prueba la ausencia de combinaciones lineales entre las variables (multicolinealidad). La hipótesis nula de la prueba implica que la estimación de MCO combinados y MCG son consistentes, mientras que la de MCO no es eficiente. Por otro lado, la hipótesis alternativa de la prueba sugiere que la estimación por MCO es consistente y la de MCG no (Greene, 2003). Es preciso anotar que la prueba de Hausman se contrasta utilizando la distribución chi cuadrado ( $\chi^2$ ) con  $n$  grados de libertad<sup>14</sup>.

14 Formalmente, la prueba de Hausman es la siguiente:

$$H = (\beta_c - \beta_e)' (V_c - V_e)^{-1} (\beta_c - \beta_e), H \sim \chi_n^2 \quad (4)$$

Donde:

$\beta_c$  es el vector de estimaciones del estimador consistente.

$\beta_e$  es el vector de estimaciones del estimador eficiente.

$V_c$  es la matriz de covarianzas del estimador consistente.

$V_e$  es la matriz de covarianzas del estimador eficiente.

$n$  son los grados de libertad de la distribución  $\chi_n^2$ .

Las pruebas de hipótesis serán entonces:

$$h_0 : \text{cov}(X_{ijt}, a_i) = 0, t = 1, 2, \dots, T, y j = 1, 2, \dots, k$$

$$h_a : \text{cov}(X_{ijt}, a_i) \neq 0, t = 1, 2, \dots, T, y j = 1, 2, \dots, k$$

El cuadro 2 muestra los resultados de la prueba.

**Cuadro 2.** Test de Hausman

	$(\beta_c)$	$(\beta_e)$	$(\beta_c - \beta_e)$	$(V_c - V_e)^{-1}$
Índice de informalidad	1,554	3,160	-1,606	1,989
2007	-0,578	-0,799	0,221	0,079
2008	-0,757	-0,809	0,052	0,050
2009	-1,159	-1,220	0,061	0,074
2010	-1,769	-1,743	-0,027	0,086

Nota: el nivel de significancia se asume en 5%, es decir,  $\alpha = 0,05$

Fuente: cálculos propios a partir de la información suministrada por las CAR.

$$\chi^2_5 : (\beta_c - \beta_e)' [V_c - V_e]^{-1} (\beta_c - \beta_e) = 13,68 \quad (5)$$

$$P_{valor} = 0,0178$$

$$P_{valor} < \alpha$$

Lo anterior permite concluir que el modelo más ajustado para describir la explotación forestal es el de efectos fijos, lo cual es consistente con la intuición que motiva este trabajo, toda vez que se cree que existen factores asociados a prácticas informales, entre otros, que inciden en la formalización de los predios destinados a la explotación. En este sentido, entonces, se constata que las actividades informales inciden sobre las reglas de juego forestales y generan efectos que terminan fuera de las competencias regulatorias de las CAR.

## V. Resultados

El cuadro 3 presenta los resultados de la estimación de la relación entre la explotación forestal y los derechos de propiedad. Los cuadros contienen cinco especificaciones del modelo y en todas ellas se incluyen efectos fijos anuales con el fin de controlar efectos no observados que afectaron los municipios de manera homogénea. La primera columna presenta la relación de la informalidad en la tenencia de la tierra con respecto al aprovechamiento forestal. En la segunda columna se le incorporan los distintos controles fiscales y de distribución de la tierra que pueden incidir en la explotación maderera. Las tres

últimas columnas cuantifican la contribución marginal de cada una de las CAR en la implementación de las tres actividades (instituciones) que les son competencia, a través de la interacción de la variable de interés (Índice de Informalidad) y una variable categórica. Así, la tercera columna estima la incidencia de la informalidad en la jurisdicción de Corantioquia, la cuarta columna hace lo propio para Cornare y la quinta para Corpourabá.

Con el fin de estabilizar la varianza se realiza una transformación lineal logarítmica a la variable explotación forestal, por tanto, las estimaciones puntuales se interpretarán como variaciones porcentuales y captan la relación de las variables explicativas sobre la explicada. Cabe aclarar que dadas las características de la aproximación empírica, los resultados constituyen una aproximación exploratoria a los determinantes, en ningún caso establecen relaciones de causalidad, toda vez que, como se mencionó en la sección III: Datos y estadística descriptiva, aunque se realizaron las depuraciones estadísticas pertinentes, algunos datos reportados por las CAR tienen deficiencias, sobre todo por la omisión de registros a lo largo del tiempo, lo que imposibilita establecer precisiones causales sobre el fenómeno estudiado. Esto se comenta con mayor detalle en las conclusiones del trabajo.

Los resultados obtenidos sugieren que existe una relación directa entre la ausencia de derechos de propiedad sobre la tierra y la explotación maderera en el departamento, ya que el Índice de Informalidad es significativo en todas las especificaciones excepto en la columna 3. La segunda columna sugiere que en municipios con fortaleza institucional, más precisamente con un aparato fiscal robusto, donde los ingresos tributarios por predial son significativos y la concentración de la tierra es moderada (19,7), el aprovechamiento forestal no se ve incentivado por territorios con informalidad en la tenencia de la tierra, por el contrario, pareciera ser que en municipios donde se hayan adelantado procesos de actualización catastral, fiscalización tributaria y políticas de redistribución de la tierra, hay condiciones propicias para que los mecanismos de control de las CAR sean ejercidos de manera óptima; de allí se deriva, entonces, la explicación para el parámetro estimado de la variable informalidad, la cual es significativa y da cuenta de una relación inversa entre esta y la explotación forestal (-9,665).

Llama la atención que en la columna tres, cuando la entidad ambiental es Corantioquia, la informalidad no incentiva la explotación forestal. Esto puede deberse a varias cosas, entre ellas, que esa CAR ejerce un control más riguroso

de las instituciones que le son competencia o que los municipios que hacen parte de su jurisdicción no son lo suficientemente informales y por ello se pierde el efecto que se encuentra en las demás estimaciones.

Además de lo anterior, resulta interesante señalar que cuando se analiza la incidencia de las respectivas CAR, se encuentra que no hay un efecto adicional en ninguna de ellas en un municipio que sea informal, es decir, parecen no existir indicios para pensar que, aun cuando la informalidad esté relacionada en alguna medida con el aprovechamiento forestal, existan corporaciones que por aspectos operativos, administrativos o de otra índole, generen un efecto agregado sobre el aprovechamiento forestal, de acuerdo con lo identificado a partir de las tres últimas especificaciones de los resultados.

Ahora bien, al realizarse un ejercicio similar para los salvoconductos (cuadro 4), medido a través del logaritmo natural de los salvoconductos aprobados, se obtienen resultados diferentes a los encontrados en el cuadro 3. Esto sugiere que la informalidad no influye al menos en la movilización reportada por las corporaciones, lo cual tiene sentido, toda vez que los salvoconductos se expiden para explotaciones legales y al realizar el aprovechamiento en predios que carecen de derechos de propiedad, se estaría ejecutando una acción ilícita que no puede contar con permiso de movilización.

Sin embargo, aunque los resultados validan la intuición asociada al transporte de la madera y es coherente con lo que se espera que realicen las CAR, su alcance se agota allí, es decir, permite inferir que la carga regulatoria de las corporaciones se ejerce, al parecer, de manera equilibrada, llevando a posteriores actividades de comercialización con permisos certificados por las autoridades competentes. No obstante, aunque la movilización sea legal, esto no es garantía de que la explotación lo sea también, sobre todo, al conocerse las distintas prácticas de los intermediarios en el mercado, como se señala en el segundo apartado.

De nuevo, la obtención de un parámetro negativo (columna dos) para la informalidad es coherente con escenarios de explotación donde haya fortaleza institucional, y ello da cuenta de la importancia de fomentar acciones que hagan más robustas a las organizaciones en relación con la implementación de las instituciones a su cargo dentro de las entidades territoriales para la operación eficiente de la regulación ambiental. Esta estimación debe ser considerada en prospectiva.

Cuadro 3. Determinantes de la explotación forestal en Antioquia, 2006-2010

Variable dependiente: Log(explotación forestal m³)					
Variables	Sin controles	Con controles	Interacción Corantioquia	Interacción Cornare	Interacción Corpourabá
Índice de informalidad	1,554** (0,745)	-9,665* -5,028	-20,62 (16,69)	1,604** (0,703)	1,919*** (0,608)
IDF		0,0557*** (0,0202)			
Proporción ingresos por predial		8,714* -4,977			
Gini terrenos		19,71* (11,25)			
2007	-0,578 (0,370)	-0,408 (0,358)	-0,674* (0,365)	-0,585 (0,352)	-0,667* (0,398)
2008	-0,757*** (0,282)	-0,625** (0,255)	-0,893*** (0,290)	-0,776*** (0,272)	-0,851*** (0,303)
2009	-1,159*** (0,368)	-1,010*** (0,337)	-1,372*** (0,358)	-1,187*** (0,326)	-1,312*** (0,397)
2010	-1,769*** (0,396)		-1,960*** (0,395)	-1,803*** (0,368)	-1,874*** (0,418)
Interacción Corantioquia			22,63 (16,71)		
Interacción Cornare				-7,367 (36,43)	
Interacción Corpourabá					-27,47 (17,32)
Constante	7,578*** (0,286)	-6,928 -7,139	11,09*** -2,640	8,245** -3,248	9,358*** -1,262
Observaciones	170	138	170	170	170
R-cuadrado	0,208	0,271	0,225	0,209	0,226
Número de CodMpio	56	53	56	56	56

Nota: errores estándar robustos entre paréntesis

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

**Cuadro 4.** Determinantes de la movilización forestal en Antioquia, 2006-2010.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Variable dependiente: Log(salvoconductos de movilización m³)					
Variables	Sin controles	Con controles	Interacción Corantioquia	Interacción Cornare	Interacción Corpourabá
Índice de informalidad	6,570	-22,42	41,42	5,450	7,179
	-5,796	(19,83)	(39,40)	-4,570	-6,299
IDF		0,0280			
		(0,0313)			
Proporción ingresos por predial		8,151			
		(10,58)			
Gini terrenos		9,819			
		(17,51)			
2009	-0,333*	-0,454*	-0,257	-0,208	-0,354*
	(0,194)	(0,243)	(0,229)	(0,234)	(0,197)
2010	-1,043***		-0,920***	-0,801**	-1,061***
	(0,321)		(0,332)	(0,306)	(0,320)
Interacción Corantioquia			-36,06		
			(38,82)		
Interacción Cornare				86,82*	
				(47,60)	
Interacción Corpourabá					-29,76*
					(15,52)
Constante	5,168***	3,403	-0,741	-2,212	7,516***
	-1,551	(10,86)	-6,892	-4,491	-1,791
Observaciones	116	71	116	116	116
R-cuadrado	0,242	0,151	0,262	0,308	0,249
Número de CodMpio	52	42	52	52	52

Nota: errores estándar robustos entre paréntesis

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

Finalmente, utilizando las mismas especificaciones para estimar el comportamiento de los decomisos en presencia de informalidad en la tenencia de la tierra (cuadro 5), se tienen resultados consistentes con la primera estimación para la informalidad, siendo estadísticamente significativo este parámetro. De manera general, los resultados en todas las especificaciones, excepto en el número dos, son coherentes con lo esperado ya que al generarse explotación de maderables en predios sin títulos de formalización, se conforman causales de incautación y es competencia de la autoridad ambiental realizar los decomisos correspondientes. Además, llama la atención que el IDF, la proporción de ingresos percibidos por impuesto predial y el Gini de terrenos sean no significativos, lo que sugiere que el fortalecimiento fiscal y el mejoramiento en la distribución de la tierra en las entidades territoriales no incide directamente en el control que lleva a la incautación de madera ante violaciones de la reglamentación forestal.

Por otro lado, la columna uno implica que al incrementar la informalidad en un 1% (el municipio se vuelve 0,01 veces más informal), los decomisos lo hacen más que proporcionalmente, aumentando, en el margen, un 3,2%, tendencia que se incrementa si el municipio, además de ser informal, tiene como autoridad ambiental competente a Corantioquia, registrando un 3,9% adicional (especificación 3). Cabe anotar que aunque los resultados mencionados son significativos, lo son en distintos niveles de significancia.

En lo que respecta a la columna dos, el hecho de que los parámetros estimados sean no significativos hace que el parámetro estimado para el Índice de Informalidad (-30,37) resulte no problemático, toda vez que es un contrasentido pensar que ante la existencia de territorios informales donde se lleva a cabo la explotación y movilización de madera, se disminuya el nivel de incautaciones forestales.

Es llamativo que con la inclusión de los controles considerados se obtenga un parámetro estimado negativo para la informalidad, lo cual tiene relevancia estadística solo para la explotación forestal. Esto da cuenta de una relación inversa entre la informalidad y las instituciones forestales y se debe a la eficacia de los instrumentos de política fiscal (estatutos tributarios y reglamentos internos de cartera ajustados y actualizados con la dinámica económica municipal) y de redistribución (expropiación y enajenación de tierras ociosas a través de créditos blandos y población objetivo focalizada), que podría generar ambientes favorables para la operación de las instituciones forestales.



**Cuadro 5.** Determinantes de los decomisos forestales en Antioquia, 2006–2010.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Variable dependiente: Log(decomisos de madera m³)					
Variables	Sin controles	Con controles	Interacción Corantioquia	Interacción Cornare	Interacción Corpourabá
Índice de informalidad	3,178**	-30,37	-32,80*	3,020**	4,077***
	-1,231	(19,64)	(18,39)	-1,329	(0,663)
IDF		-0,0268			
		(0,0578)			
Proporción ingresos predial		3,875			
		(11,19)			
Gini terrenos		-2,840			
		-7,378			
2007	0,816	0,582	0,521	1,065	0,630
	(0,616)	(0,786)	(0,595)	(0,684)	(0,569)
2008	0,685	0,218	0,193	0,918	0,184
	(0,635)	(0,794)	(0,675)	(0,677)	(0,633)
2009	-0,0974	-0,834	-0,685	0,343	-0,526
	(0,812)	(0,949)	(0,864)	(0,867)	(0,807)
2010	-0,281		-0,868	0,0545	-0,819
	(0,620)		(0,614)	(0,661)	(0,557)
Interacción Corantioquia			36,68*		
			(18,27)		
Interacción Cornare				52,75	
				(49,22)	
Interacción Corpourabá					-55,92***
					(12,22)
Constante	2,351***	13,79*	9,942**	-2,644	8,631***
	(0,585)	-7,226	-3,954	-4,712	-1,713
Observaciones	100	76	100	100	100
R-cuadrado	0,108	0,130	0,161	0,139	0,221
Número de CodMpio	36	33	36	36	36

Nota: errores estándar robustos entre paréntesis

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

En este orden de ideas es pertinente señalar que el comportamiento de las tres estimaciones es sistemático si se tiene en cuenta que los resultados esperados en cada una de ellas difieren, es decir, no se espera el mismo tipo de incidencia por parte de la informalidad. Existe, entonces, validación empírica para la intuición que motiva este trabajo, aportando evidencia que permite inferir que el fortalecimiento de los derechos de propiedad puede impactar positivamente el aprovechamiento forestal y que puede optimizar el desempeño de las CAR en lo que a su función reguladora de la actividad maderera corresponde.

## VI. Conclusiones

El mercado de productos forestales ocupa el tercer lugar después del petróleo y el gas, concentrando transacciones anuales cercanas a los 80 billones de dólares (Agrocadenas, 2005). Los resultados del trabajo hallan respaldo estadístico para afirmar que la ausencia de derechos de propiedad ha incidido en la explotación forestal (informal) en Antioquia para el período 2006-2010, de acuerdo con las variables analizadas. Esto llama la atención sobre la necesidad de garantizar la sostenibilidad ambiental y la no saturación del mercado ante aumentos desmedidos en la oferta, es decir, se torna imprescindible redefinir las instituciones y el papel de las organizaciones mediante estrategias cooperativas de autoridades ambientales y otras entidades regulatorias a escalas local y nacional, para aprovechar eficientemente los bienes forestales.

En Colombia, garantizar la carga regulatoria sobre la producción forestal les compete a las CAR; no obstante, y pese a que en Antioquia coexisten tres autoridades ambientales que reglamentan la producción, movilización e incautación cuando se identifican explotaciones ilícitas, se observan deficiencias en el procesamiento de información (municipios sin reporte o incompletos) que afectan posibles decisiones de proyectos, programas y políticas que incentiven la actividad forestal en el departamento, además de sugerir que se estén declarando niveles de explotación inferiores a los efectivos y que las corporaciones no cuenten con la capacidad de constatarlo. En este sentido, es útil pensar en un proceso de reingeniería de las CAR, que además de fortalecer su presencia en las zonas rurales más distantes, les permita implementar acciones para optimizar los tiempos y requisitos necesarios para la autorización del aprovechamiento forestal, además de emprender nuevas acciones de fiscalización y sanción aleccionadoras.

Además de esto, los datos sugieren que en presencia de derechos de propiedad débiles o inexistentes de los predios rurales con dificultad para acceder debido al estado de las vías terciarias, y ante deficiencias catastrales, la regulación forestal resulta insuficiente para el aprovechamiento óptimo de los recursos, situación que se torna más compleja en los municipios de categoría cuarta, quinta o sexta, que para el 2010 constituían el 91% del territorio antioqueño (Departamento Nacional de Planeación, 2010), dados los limitados recursos para la actualización catastral y posterior fiscalización tributaria de los predios rurales.

Teniendo en cuenta que este trabajo se concentra en analizar la incidencia entre las variables consideradas para identificar incentivos y desincentivos a la producción alrededor de la regulación forestal, futuros trabajos podrían implementar métodos de identificación (v. g. experimentos naturales) que permitan establecer una relación de causalidad sobre la posible incidencia de las instituciones, tanto formales como informales, en el aprovechamiento forestal. Para esto podrían incorporarse otro tipo de controles que complementen las variables incluidas aquí, con el fin de analizar otras dimensiones del fenómeno, así como realizar ejercicios de recolección primaria de información en los municipios, para subsanar las dificultades relacionadas con la calidad de la información reportada por las CAR en los territorios de su respectiva jurisdicción.

## Agradecimientos

Este artículo se deriva de un trabajo de investigación que, cordialmente, acompañó Juan Carlos Muñoz-Mora, a quien agradezco por el tiempo dedicado, recomendaciones, múltiples lecturas y, sobre todo, por su permanente disposición. Para la realización del artículo no se contó con financiación externa.

## Referencias

1. Acemoglu, D., & Robinson, J. (2012). *¿Por qué fracasan los países?* Barcelona: Deusto S. A. Ediciones.
2. Agrocadenas. (2005). *La cadena forestal y madera en Colombia: una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005*. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

3. Aguilera K., F., & Alcántara, V. (1994). De la economía ambiental a la economía ecológica. En F. Aguilera K., & V. Alcántara (comps.), *De la economía ambiental a la economía ecológica* (pp. 9-20). Barcelona: Icaria: Fuhem.
4. Baltagi, B. H. (2001). *Econometric analysis of panel data*. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons.
5. Besley, T., & Ghatak, M. (2010). *Property rights and economic development. Handbook of development economics* (1st ed., vol. 5). Elsevier BV. <http://doi.org/10.1016/B978-0-444-52944-2.00006-9>
6. Bhagwat, S. A., Willis, K. J., Birks, H. J. B., & Whittaker, R. J. (2008). Agroforestry: A refuge for tropical biodiversity? *Trends in Ecology and Evolution*, 23(5), 261-267. <http://doi.org/10.1016/j.tree.2008.01.005>
7. Buchanan, J. M., & Yoon, Y. J. (2000). Symmetric tragedies: Commons and anticommons. *Journal of Law and Economics*, 1-13.
8. Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (2005). *Microeconometrics methods and applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
9. Cárdenas, J. C. (2004). Norms from outside and from inside: An experimental analysis on the governance of local ecosystems. *Forest Policy and Economics*, 229-241.
10. Collier, P. (2009). *El club de la miseria. Qué falla en los países más ricos del mundo*. Madrid: Turner.
11. De Janvry, A., Sadoulet, E., & Murgai, R. (2002). Rural development and rural policy. *Handbook of Agricultural Economics* (vol. 2, 2, pp. 1596-1658).
12. Departamento Nacional de Planeación (2010). Conpes Social 136, anexo 19. Bogotá.
13. Dercon, S., & Krishnan, P. (2010). Land rights revisited. En T. Besley, & R. Jayaraman (eds.), *The microeconomics of institutions* (pp. 1-30). Cambridge, USA: MIT Press.

14. Feder, G., & Feeny, D. (1991). Land tenure and property rights: theory and implications for development policy. *The World Bank Economic Review*, 5(1), 135-153. Retrieved from <http://wber.oxfordjournals.org/content/5/1/135.short>
15. Fergusson, L. (2013). The political economy of rural property rights and the persistence of the dual economy. *Journal of Development Economics*, 103(1), 167-181. <http://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2013.02.009>
16. Giraldo, J., & Muñoz Mora, J. C. (2012). *Informalidad e ilegalidad en la explotación de oro y madera en Antioquia*. Medellín: Universidad Eafit, Fundación Proantioquia.
17. Greene, W. (2003). *Econometric analysis*. New Haven: Prentice Hall.
18. Helmke, G., & Levitsky, S. (2004). Informal institutions and comparative politics: A research agenda. *Perspectives on Politics*, 725-740.
19. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2012). *Atlas de la distribución de la propiedad rural en Colombia*. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.
20. Lai, C. K. (1991). Design of agroforestry systems: Some examples and lessons from Bangladesh. *Forest Ecology and Management*, 45(1-4), 193-198. [http://doi.org/10.1016/0378-1127\(91\)90217-J](http://doi.org/10.1016/0378-1127(91)90217-J)
21. Leite, D. N., Silva, S. T., & Afonso, O. (2014). Institutions, economics and the development quest. *Journal of Economic Surveys*, 28(3), 491-515. <http://doi.org/10.1111/joes.12038>
22. North, D. (1990). *Institutions, institutional change and economic performance*. Cambridge: Cambridge University Press.
23. Ostrom, E., Dietz, T., Dolsak, N., Stern, P. C., Stonich, S., & Weber, E. U. (eds.) (2002). *The drama of the commons*. Committee on the Human Dimensions of Global Change. National Academy Press. Washington.
24. Ostrom, E. (2005). *Understanding institutional diversity*. Princeton: Princeton University Press.

25. Ramírez, C., & Orrego, S. (2011). Modelación económica con información espacialmente explícita de la deforestación en Urabá, Colombia, 1980-2000. *Semestre Económico*, 31-52.
26. Rasul, G., & Thapa, G. B. (2006). Financial and economic suitability of agroforestry as an alternative to shifting cultivation: The case of the Chittagong Hill Tracts, Bangladesh. *Agricultural Systems*, 91(1-2), 29-50. <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2006.01.006>
27. Rivas, J. A. (2003). El neoinstitucionalismo y la revalorización de las instituciones. *Reflexión Política*, 5(9), 37-46.
28. Scherr, S. J. (1995). Economic factors in farmer adoption of agroforestry: Patterns observed in Western Kenya. *World Development*, 23(5), 787-804. [http://doi.org/10.1016/0305-750X\(95\)00005-W](http://doi.org/10.1016/0305-750X(95)00005-W)
29. Shao, S., & Yang, L. (2014). Natural resource dependence, human capital accumulation, and economic growth: A combined explanation for the resource curse and the resource blessing. *Energy Policy*, 74, 632-642. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.07.007>
30. Tietenberg, T., & Lewis, L. (2011). *Environmental & natural resource economics*. Nueva Jersey: Pearson.
31. Wooldridge, J. (2010). *Introducción a la econometría. un enfoque moderno*. México D. F.: Cengage Learning.
32. Zomer, R., Coe, R., Place, F., Van Noordwijk, M., & Xu, J. (2014). Trees on farms: An update and reanalysis of agroforestry's global extent and socio-ecological characteristics (n.º 179). Jawa Barat. Retrieved from <http://www.worldagroforestry.org/downloads/publications/PDFs/WP14064.PDF>