

Universidad de Medellín

# DETERMINANTES DE LA REFORESTACIÓN COMERCIAL EN LOS MUNICIPIOS DE ANTIOQUIA\*

Recibido: 21 de mayo de 2013 • Aprobado: 15 de mayo de 2014

Robinson Garcés Marín\*\*

## RESUMEN

La reforestación comercial ofrece beneficios económicos, sociales y ambientales; sin embargo, a pesar de los incentivos del Gobierno nacional, este sector económico no ha logrado desarrollarse en Antioquia. El objetivo de este trabajo es identificar los determinantes de la reforestación comercial en los municipios de este departamento. Se revisa literatura para identificar las variables relacionadas con la reforestación y se estima un modelo de regresión logística para evaluar el efecto de cada uno de ellos. Se encontró que la reforestación comercial en Antioquia guarda fuerte relación con la concentración de la propiedad rural y la intensidad de la ganadería, y en menor medida, con la inversión pública, el desempeño fiscal del municipio y el potencial forestal protector. Se plantea que las acciones del sector público deben dirigirse a mejorar la infraestructura y la regulación ambiental y a generar cultura forestal.

## PALABRAS CLAVE

Reforestación comercial, concentración de la propiedad rural, cultura forestal.

## CLASIFICACIÓN JEL

L73, Q15, Q23, R52

## CONTENIDO

Introducción; 1. Marco teórico; 2. Metodología; 3. Resultados; 4. Conclusiones; Bibliografía.

\* Artículo de investigación es derivado del proyecto titulado "Determinantes de la reforestación comercial en los municipios de Antioquia" el cual fue presentado para optar al grado de Magíster en Economía de la Universidad de Antioquia. Se ejecutó entre 2011 y 2012 con recursos propios bajo la dirección de los profesores de la Universidad de Antioquia Mauricio Alviar Ramírez, miembro del Grupo de Investigación en Microeconomía Aplicada (categoría A1 de COLCIENCIAS) y Harold Cardona Trujillo, miembro del Grupo de Estudios Regionales (categoría B).

\*\* Administrador de Empresas y Magíster en Economía, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Profesor de la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Miembro del Grupo de Estudios Regionales. Dirección postal: Ciudad Universitaria, Calle 70 N.º 52-51, Bloque 13, oficina 412, Apartado Aéreo 1226, Medellín, Colombia. Correo electrónico: [robinalgarcés@gmail.com](mailto:robinalgarcés@gmail.com).

## **DETERMINANTS OF COMMERCIAL REFORESTATION IN THE MUNICIPALITIES OF ANTIOQUIA**

### **ABSTRACT**

Economic reforestation offers environmental, social and economic benefits; nevertheless, despite the national government incentives, this economic sector has not been able to develop itself in Antioquia yet. The objective of this paper is to identify the determinants of commercial reforestation in the municipalities of this department. Literature is reviewed in order to identify those variables that are related to reforestation and a logistics regression model is estimated in order to evaluate the effects that each one of these has. It was found that commercial reforestation in Antioquia maintains a strong relation with the rural property concentration and livestock production intensity, and in a better measure, with public investment, the municipality's fiscal performance and the forestry protection potential. It is concluded that actions in the public sector must be focused on improving infrastructure and environmental regulation and in the generation of a forestry culture.

### **KEY WORDS**

Commercial reforestation, rural property concentration, forestry culture.

### **JEL CLASSIFICATION**

L73, Q15, QWE, R52.

### **CONTENT**

Introduction; 1. Theoretical framework; 2. Methodology; 3. Results; 4. Conclusions; bibliography.

## **DETERMINANTES DA REFLORESTAMENTO COMERCIAL NAS MUNICIPALIDADES DE ANTIOQUIA**

### **RESUMO**

A reflorestamento comercial oferece benefícios económicos, sociais e ambientais; no entanto, apesar dos incentivos do governo nacional, este setor económico não tem logrado se desenvolver em Antioquia. O objetivo deste trabalho é identificar os determinantes do reflorestamento comercial nas municipalidades. A literatura e revista para identificar as variáveis relacionadas com o reflorestamento e um modelo de regressão logística é estimado para avaliar o efeito de cada um deles. Encontrou se que o reflorestamento comercial em Antioquia tem uma forte relação com a concentração da propriedades rural e a intensidades da produção de gado, e em menor medida, com o investimento público, desempenho fiscal da municipalidade e o potencial florestal do setor. Argumenta se que as ações do setor público devem ser dirigidas a melhorar a infraestrutura e a regulação ambiental e em gerar cultura florestal.

### **PALAVRAS CHAVE**

Reflorestamento comercial, concentração da propriedade rural, cultura florestal.

### **CLASSIFICAÇÃO**

L73, Q15, Q23, R52

### **CONTEÚDO**

Introdução; 1. Marco teórico; 2. Metodología; 3. Resultados; 4. Conclusões; Bibliografia.

## INTRODUCCIÓN

Frente al reto de mejorar las condiciones socioeconómicas de la población, autores como Haltia y Keipi (1997), Alviar (1999 y 2008), Hazell y Lutz (2000), Dürr (2002) así como la FAO (2010) sostienen que los bosques representan una alternativa para los países tropicales donde la pobreza rural está relacionada con aislamiento geográfico, degradación ambiental, uso irracional de la tierra, debilidad institucional y acceso limitado a los recursos. Este recurso renovable, además de los productos maderables, ofrece otros servicios como regulación hídrica, albergue de biodiversidad y ecoturismo. De modo que los países tropicales cuentan con ventajas comparativas para generar riqueza y crecimiento económico, siempre y cuando se haga un aprovechamiento con criterios de racionalidad, eficiencia y sostenibilidad.

En Colombia, el sector forestal está poco desarrollado, y por ende, esta actividad no ha mejorado las condiciones de vida de la población rural. El Gobierno nacional y el local, conscientes de ello, han establecido metas de reforestación e incentivos para alcanzarlas. En el ámbito nacional, el MADR (2006, p. 7) se propuso alcanzar 450 703 hectáreas (ha) plantadas en el año 2010, y 1.208.910 ha en 2020; para ello ofrece el Certificado de Incentivo Forestal, el Incentivo a la Capitalización Rural y algunas líneas de crédito. Por su parte, la Gobernación de Antioquia (2005, p. 11) estableció la meta de sembrar 1.500.000 ha para el año 2040 con el uso de los incentivos de la nación para aprovechar las 3.089.433 hectáreas con aptitud entre alta y moderada para la reforestación en el departamento. Sin embargo, según el MADR y la CCI (2009, p. 1) solo se han sembrado 51.920 hectáreas al año 2009.

En lugar de cumplirse las metas, según Machado (2004) y Alviar (2008) prevalecen el uso conflictivo del suelo –en especial la dedicación extensiva a la ganadería–, la degradación ambiental y la debilidad institucional, variables asociadas, a su vez, con la pobreza rural. La tabla 1 muestra la brecha entre el uso actual y el potencial del suelo en Antioquia, marcada por la preponderancia de la ganadería.

**Tabla 1.** Uso actual y potencial del suelo en Antioquia, 2004

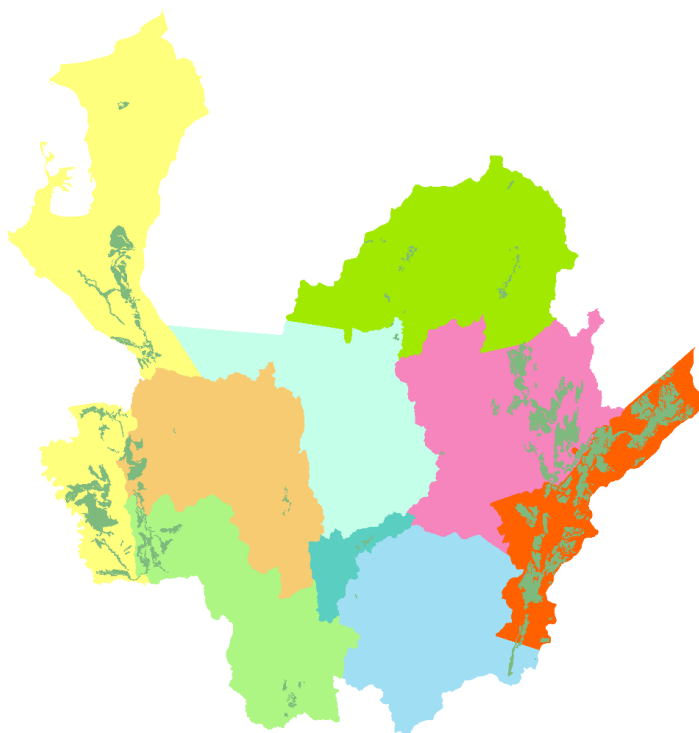
Usos	Uso potencial		Uso actual	
	Ha	%	Ha	%
Bosques	3.092.303	57,8	2.092.303	32,8
Pastos	1.153.524	17,9	3.394.782	53,2
Agricultura: Cultivos permanentes, transitorios, barbechos, descanso y misceláneos.	725.367	11,3	601.834	9,4

Usos	Uso potencial		Uso actual	
	Ha	%	Ha	%
Malezas y rastrojos			104.471	1,6
Urbano y semiurbano	10.395	0,2	10.395	0,2
Aguas y otros usos.	821.602	12,8	174.348	1,2
Total	5.803.191		6.378.133	

Fuente: IGAC (2007, p. 53).

En la figura 1 se presenta el mapa de Antioquia donde se visualizan (en verde oscuro) las áreas con aptitud para la reforestación con fines comerciales. Las regiones con mayor potencial son el Nordeste, el Magdalena Medio y Urabá.

**Figura 1.** Mapa de aptitud forestal productora por subregión de Antioquia



Fuente: elaboración propia con datos del IGAC (2007)

Los estudios realizados por Louman y Stoian (2002), la Gobernación de Antioquia (2005), el MADR (2006) y USAID (2008) señalan que la explotación del recurso

forestal presenta diversas limitaciones que impiden el desarrollo del sector. Por esta razón, se hace necesario identificar los determinantes de la decisión de reforestar, con el ánimo de formular políticas que contribuyan a superar dichas restricciones.

No obstante, es notorio el predominio de estudios sobre la deforestación y sus determinantes por la relación que existe entre esta y las condiciones rurales, entre ellas la pobreza, en particular en países en desarrollo, según señalan Alviar (1999), Dürre (2002) y USAID (2008). Por su parte, la literatura sobre reforestación es menos amplia porque, en general, las decisiones de reforestación son de carácter privado y están condicionadas a los determinantes de la inversión. En este sentido, Alviar (2004) expresa que no ha habido una documentación sistemática amplia sobre los proyectos de inversión forestal que permita hacer análisis rigurosos.

El objetivo del presente trabajo es identificar los determinantes de la reforestación comercial en los municipios de Antioquia. Este documento está dividido en cuatro secciones: la primera contiene el marco teórico en el cual se exploran los determinantes; la segunda, la metodología, y la tercera, los resultados, y la última presenta las conclusiones.

## 1. MARCO TEÓRICO

### 1.1. La reforestación comercial

La FAO (2010) define las actividades de forestación y reforestación. Mientras la primera busca ampliar el área de bosques mediante la plantación y/o siembra en zonas no clasificadas como forestales, la segunda no siempre contribuye a aumentar el área de bosque, pues se realiza en lugares con aptitud forestal que han sido reducidos a causa de los incendios u otros fenómenos. Dado que estas definiciones no tienen en cuenta el uso final de las plantaciones, puede entenderse que la reforestación comercial alude a la forestación o la reforestación con fines productivos.

La reforestación comercial, además de favorecer las industrias del papel y la madera, genera beneficios ambientales, sociales y económicos. Para mencionar los ambientales, es preciso tener en cuenta que las plantaciones forestales en la actualidad no se establecen a expensas del bosque natural, sino en áreas que antes no tenían bosque; por lo tanto, no prestan los mismos servicios que De Groot, Wilson y Boumans (2002), MA (2005) y Fisher y Turner (2008) atribuyen a un bosque natural, pero cumplen las funciones descritas por Maini (1992), a saber: recuperar suelos degradados, asegurar pendientes inestables, capturar carbono y reducir la presión sobre los bosques naturales; entre los beneficios sociales, Haltia y Keipi (1997), Alviar (1999), Dürre (2002) y la FAO (2010) identifican la generación de empleo

y el apoyo a la superación de las condiciones de pobreza; y entre los económicos, Alviar (1999 y 2008) reconoce la contribución al cambio en los patrones de uso del suelo y de los recursos naturales, así como de la estructura productiva agropecuaria.

## 1.2. Determinantes de la reforestación comercial

La presente investigación siguió la estructura de análisis planteada por Nascimento y Tomaselli (2005), quienes proponen analizar variables del orden suprasectorial, intersectorial e intrasectorial para encontrar los determinantes de la inversión en el sector forestal. Las suprasectoriales corresponden a aspectos macroeconómicos que afectan a todos los sectores económicos de un país; las intersectoriales son variables de otros sectores económicos que de alguna manera afectan los negocios forestales; y las intrasectoriales son las propias del sector.

Para identificar los determinantes del ámbito intersectorial se revisó literatura sobre competitividad y desarrollo rural, y los intrasectoriales se extrajeron de estudios que relacionan el comportamiento de la reforestación o la deforestación con variables de tipo socioeconómico, biofísico e institucional. Los aspectos suprasectoriales, no se consideraron porque estos no presentan variabilidad entre los municipios. No obstante, se reconoce que podrían hacerse interesantes estudios en el nivel del predio o dentro de cada municipio, incorporando variables como la tasa de descuento privada y/o pública en proyectos de reforestación.

Para efectos del análisis, las variables encontradas en esta revisión se clasificaron en las cinco categorías sugeridas por Nagendra (2007), las cuales se explican más adelante.

### 1.2.1. Variables asociados a la competitividad

Luego de que Porter (1991) introdujera el concepto de competitividad en la década de los ochenta, se han propuesto variadas definiciones y formas de medición. Por ejemplo, el FEM (2012, p. 4) la define como "... *el conjunto de instituciones, políticas y factores que determinan el nivel de productividad de un país*", que a su vez incide sobre la rentabilidad de las inversiones y el crecimiento económico. Por su parte, Lozano y Yoshida (2008) relacionan la competitividad con la capacidad de una comunidad para generar condiciones de producción que promuevan el desarrollo sostenido, de manera que se mejoren el ingreso y el bienestar de las generaciones presentes y futuras. Desde esta perspectiva, indagar sobre los factores de competitividad contribuye a identificar los determinantes de la inversión de un sector particular, en este caso, la reforestación.

La cantidad de variables asociadas con la competitividad y la complejidad de las relaciones entre las mismas plantea la necesidad de construir indicadores que den cuenta de la situación competitiva de un territorio. Los reportes de competitividad más conocidos en el escenario mundial son los elaborados por el FEM (2010), el IMD (2010) y el Banco Mundial (2009). Las mediciones regionales son más abundantes; por ejemplo, en Colombia se producen escalafones de competitividad departamental<sup>1</sup>, y municipal (Loteró, Moreno y Díaz, 2006). Finalmente, en el ámbito sectorial, Lozano y Yoshida (2008) usan variables relacionadas con el sector y la institucionalidad cafetera para proponer un indicador de competitividad regional cafetero.

La tabla 2 recoge las principales variables identificadas en los estudios de competitividad.

**Tabla 2.** Variables identificados en los estudios de competitividad

Categoría/ variable	IMD (2010)	Banco Mundial (2009)	FEM (2010)	Ramírez, Osorio y Parra-Peña (2007)	Loteró et. al (2006)	Lozano y Yoshida (2008)	Nascimento y Tomaselli (2005)
Recursos					Distancia a los mercados	Distancia a los mercados	
	Infraestructura tecnológica		Habilidad tecnológica y disponibilidad de TIC	Tecnología, información y comunicación			
	Infraestructura científica		Innovación	Inversión y am- biente científico			
				Estado del medio ambiente Tierras con voca- ción forestal	Área de bosque	Área forestal	Recurso forestal
	Finanzas	Obtención de crédito	Desarrollo de mercados financieros	Servicios finan- cieros	Captaciones bancarias por población económicamente activa		Acceso al crédito
	Infraestructura básica	Servicios públicos	Infraestructura	Infraestructura	Infraestructura		Infraestruc- tura
	Transporte						
Usuarios					Población pobre		
	Mercado laboral		Eficiencia en el mercado de trabajo				Mano de obra
	Empleo						
	Salud		Salud	Salud		Afilación a seguridad social	

<sup>1</sup> Ver los trabajos de Restrepo, Ortiz y Hernández (1999); Perfetti, Taborda y Ortiz (2003); Reinel, de Lombaerde y García (2002); Ramírez, Osorio y Parra-Peña (2007).

Categoría/ variable	IMD (2010)	Banco Mundial (2009)	FEM (2010)	Ramírez, Osorio y Parra-Peña (2007)	Lotero et. al (2006)	Lozano y Yoshida (2008)	Nascimento y Tomaselli (2005)
	Educación	Educación Educación pri- maria	Educación supe- rior y entrena- miento	Educación	De s e m p e ñ o ICFES		
Sistema de gobierno						Condiciones de seguridad	
	Estructu- ra institu- cional	Instituciones	Instituciones				Instituciones
Relaciones sistema de gobierno- recursos							Apoyo a los negocios foresto-industriales
							Restricciones a las plan- taciones o los aprove- chamientos
	Concen- tración de la riqueza				Concen- tración de pro- piedad rural		
	Registro de pro- piedades						
	Manejo de per- misos de construc- ción				Políticas públicas ambientales		Políticas agropecuarias
Obten- ción de electrici- dad							
Finanzas públicas	Efectividad del gobierno			Desempeño fiscal	Desempeño fiscal		
Relaciones usuario- recursos	Producti- vidad						
			Tamaño de los mercados		Densidad pobla- cional		Tamaño del mercado
					Grado de urbani- zación		
				Deterioro ambien- tal por actividad humana			
				Área cultivada	Área agrícola		

Fuente: elaboración propia con base en Nagendra (2007, p. 15220)



### 1.2.2. Variables asociadas al desarrollo rural

A pesar de que Schejtman y Berdegú (2004) consideran que la literatura existente sobre desarrollo rural no ha logrado configurar un cuerpo teórico sólido que contribuya a una adecuada planificación, de esta revisión se extrajeron variables que coinciden con las identificadas previamente (ver tabla 3).

**Tabla 3.** Variables identificadas en los estudios sobre desarrollo rural

<i>Categoría/variable</i>	<i>Donaldson (1991)</i>	<i>Hazell y Lutz (2000)</i>	<i>Heath y Binswanger (2000)</i>	<i>Alviar (2008)</i>
Recursos				
Usuarios		Pobreza	Mano de obra rural	
Sistema de gobierno				
Relaciones sistema de gobierno- recursos	Desarrollo comercial e institucional			Definición de derechos de propiedad
Relaciones usuario – recursos		Técnicas para aumentar la productividad	Uso eficiente de la tierra	
		Densidad poblacional		

Fuente: elaboración propia con base en Nagendra (2007, p. 15220)

Donaldson (1991) plantea que la política rural es una estrategia para el desarrollo agrícola y que este se asocia con desarrollo comercial e institucional, innovación tecnológica e inversión, aunque se ha considerado que ninguna política sectorial es suficiente para el desarrollo rural y que lo más importante es generar condiciones macroeconómicas adecuadas. Timmer (1991) y Hazell y Lutz (2000) sugieren que los problemas agrícolas están asociados con técnicas ineficientes para aumentar la productividad, pobreza y densidad poblacional. Heath y Binswanger (2000) plantean que las acciones deben estar orientadas a la absorción de mano de obra rural y el uso eficiente de la tierra. Por su parte, Alviar (2008) considera que la adecuada definición de los derechos de propiedad conduce a un uso racional de los recursos.

### 1.2.3. Estudios sobre deforestación y reforestación

Los estudios sobre cambios en la cobertura forestal se refieren en general a la deforestación. Analizar esta literatura puede contribuir a identificar los determinantes de la reforestación, ya que en algunos casos el mismo determinante, por ejemplo la pobreza rural, puede afectar la decisión de deforestar o reforestar pero en sentidos opuestos.

Los estudios tanto de deforestación como de reforestación han considerado diferentes ámbitos de análisis. En el escenario local, regional o del predio, Southworth y Tucker (2001) y Nagendra (2007) hacen análisis del cambio en la cobertura de bosque. En el ámbito de los núcleos forestales, López, Velázquez y Merino (2010) estudian aspectos institucionales y de gestión; y en los países, Haltia y Keipi (1997) estudian aspectos de financiación; Clapp (1995), la política forestal, y Louman y Stoian (2002), Nascimento y Tomaselli (2005) y USAID (2008), la competitividad del sector forestal. Los principales estudios se describen a continuación:

Clapp (1995) evalúa las políticas implementadas durante varios períodos en Chile para promover el sector forestal, y concluye que dichas políticas generaron ventaja competitiva para este país; no obstante, señala que esta es artificial y, por ende, otros países podrían aplicar políticas similares para competir en los mercados internacionales.

Haltia y Keipi (1997) sugieren una relación entre bosques y pobreza rural en Latinoamérica, puesto que allí los propietarios de los bosques son en su mayoría comunidades de indígenas o poblaciones campesinas pobres. Consideran que el Gobierno debe ofrecer incentivos para promover la inversión en reforestación, dado que la rentabilidad se obtiene en plazos más largos que en otros sectores, y que los campesinos disponen de limitado acceso a información y tecnología adecuada.

Southworth y Tucker (2001) utilizaron sistemas de información geográfica para analizar los determinantes socioeconómicos del cambio en la cobertura forestal en una comunidad de montaña en el occidente de Honduras. Analizaron fotografías digitales del área de estudio tomadas en 1996, recolectaron datos sobre los bosques entre 1997 y 1998, y luego relacionaron estos datos con los obtenidos en las encuestas y entrevistas en profundidad llevadas a cabo entre 1993 y 1995. Los hallazgos sugieren que la privatización de los terrenos contribuye a aumentar el área reforestada, pues los terrenos privados presentaron tasas más altas de reforestación y más bajas tasas de deforestación en relación con las propiedades comunales.

Louman y Stoian (2002) relacionaron el valor de usos agrícolas y forestales del suelo con la distancia al mercado y los costos de asegurar los derechos de cada uso. Encontraron que se pueden generar condiciones para un manejo forestal sostenible gracias a factores como los precios de la madera, combinados con mejoras en caminos e infraestructura. Y sugieren que la política de Estado debe estar orientada a controlar la tala ilegal, promover mecanismos que permitan a los dueños del bosque capturar los valores de los servicios ambientales, e involucrar a las comunidades en el manejo del bosque.

Por su parte, Nagendra (2007) estudió 55 bosques en Nepal para encontrar los determinantes del cambio en la cobertura de bosques en este país. Realizó un análisis de correlación a partir de un conjunto de variables distribuidas en cinco grupos, a saber: i) atributos del sistema de recursos, ii) del grupo de usuarios, iii) del sistema de gobierno, iv) relacionados con la interacción entre el grupo de usuarios y los recursos, y v) relacionados con la interacción entre el sistema de gobierno y los recursos. Encontró que los determinantes de la reforestación en esta comunidad son el régimen de tenencia de la tierra y el monitoreo de los bosques, y que estas variables están relacionadas con el manejo de conflictos, la adopción de nuevas tecnologías para reducir la presión sobre los bosques y la inclusión de los usuarios en las actividades de mantenimiento.

López, Velázquez y Merino (2010) llevaron a cabo un estudio en 16 núcleos forestales repartidos en dos Estados de México para explorar los determinantes socioculturales e institucionales del éxito de empresas forestales comunitarias. Propusieron un índice de la dinámica de la cobertura vegetal como *proxy* del desempeño del capital natural, con base en seis variables socioeconómicas consideradas detonadoras y cinco variables de respuesta, relacionadas con la dinámica de las coberturas y usos del suelo en el área de estudio entre los años 1986 y 2000. Encontraron que el buen manejo forestal se asocia con el desarrollo económico y la gobernabilidad de los núcleos forestales; mientras que el decrecimiento del capital natural está asociado con la pérdida de la propiedad comunal, la parcelación, la emigración y la antigüedad del plan de manejo forestal.

Por su parte, Machado (2004), refiriéndose al caso colombiano, plantea que en el país existe un alto potencial de desarrollo forestal, sin embargo, prevalece un uso irracional del suelo, en el cual se da prevalencia a la ganadería extensiva. A lo anterior se suma el hecho de que la tenencia de la tierra está altamente concentrada. Ambas variables pueden condicionar la decisión de reforestar.

En la tabla 4 se recogen las variables identificadas en este grupo de estudios; puede verse que algunas coinciden con las encontradas en las secciones anteriores.

**Tabla 4.** Variables identificados en los estudios sobre deforestación y reforestación

Categoría/ variable	Haltia y Keipi (1997)	Southworth y Tucker (2001)	Louman y Stoian (2002)	Nagendra (2007)	López y otros (2010)	Machado (2004)
Recursos			Infraestructura			
Usuarios					Desarrollo de la comunidad	
					Migración	
Sistema de gobierno				Manejo del conflicto		
Relaciones sistema de gobierno-recursos	Incentivos					
		Estructura de tenencia de la tierra		Régimen de tenencia de la tierra	Estructura de propiedad de la tierra (comunal o privada)	Tenencia de la tierra
			Controles ambientales			
			Valoración económica del bosque			
Relaciones usuario-recursos			Manejo del bosque	Monitoreo de los bosques	Antigüedad del plan de manejo forestal	
				Involucramiento en mantenimiento	Gobernabilidad del núcleo forestal	
				Adopción de nuevas tecnologías		
						Ganadería extensiva

Fuente: elaboración propia con base en Nagendra (2007, p. 15220)

## 1.2.4. Efectos de las variables sobre la reforestación comercial

### a) Recursos

Según lo observado en las tablas 2, 3 y 4, en la categoría de recursos se encuentran variables asociadas con el aislamiento geográfico, la infraestructura, los recursos financieros y los recursos naturales.

Autores como Maillat (1995), Audretsch y Feldman (1996), Diamond (1997) y Vásquez-Barquero (2007) argumentan que la proximidad geográfica a los mercados contribuye no solo a la generación de encadenamientos hacia adelante y hacia atrás, sino que condiciona la difusión de conocimiento y la tecnología y, por lo tanto, es impulsora de la competitividad nacional y regional. Asimismo, Krugman (1998), Gallup, Sachs y Mellinger (1999) y Henderson, Shalizi, y Venables (2001) consideran que el aislamiento geográfico impone costos adicionales a las actividades económicas y, por tanto, resta competitividad a las regiones donde estas se llevan a cabo.

La infraestructura, comprende la cobertura de servicios públicos, la malla vial y las comunicaciones. Aschauer (1989), Gramlich (1994), Canning y Pedroni (2004), Rosas y Mendoza (2004) y Ganesan, Malter y Rindfleisch (2005) demuestran que dichas variables impactan el desempeño económico de una región al mejorar el ambiente de negocios y reducir el efecto de la distancia física sobre el desempeño de las organizaciones. Esto implica que, además de mejorar las condiciones de vida, la cobertura de los servicios públicos contribuye a incrementar la productividad del territorio al generar condiciones favorables para cualquier tipo de inversión.

Las variables de capital financiero dan cuenta del dinamismo del sector financiero, que se traduce en oportunidades de acceso al ahorro y al crédito. Estos, según Alessandrini, Presbitero y Zazzaro (2009), ayudan a reducir los efectos del aislamiento geográfico, por la vía de la reducción en los costos de transacción y de información, y el acceso a recursos para la inversión.

Finalmente, Van der Ploeg (2011) señala que la literatura plantea evidencia tanto del impacto positivo del capital natural sobre el crecimiento, como de la hipótesis contraria, conocida como la "*maldición de los recursos naturales*", la cual determina que la posesión de recursos naturales está asociada con mal desempeño económico; sin embargo, otros autores como Sachs y Warner (2001), Rodrik, Subramanian y Trebbi (2002) indican que la diferencia entre los países que han logrado beneficiarse de la tenencia de recursos naturales y los que no radica en la calidad de las instituciones. Para los propósitos de este estudio, el capital natural, medido como la aptitud forestal, se puede presentar de dos maneras: productora o protectora. El IGAC (2007) plantea una distinción entre ambas y sus efectos sobre la reforestación: la primera,

medida como la cantidad de hectáreas con aptitud biofísica para el establecimiento forestal orientado a satisfacer la demanda industrial, puede representar una ventaja del territorio y, por tanto, se relaciona de manera positiva con la reforestación. Y la segunda, concebida como el área no apropiada para usos agropecuarios, agroforestales o forestales de producción constituye una restricción para el desarrollo de la reforestación comercial.

#### **b) Usuarios**

Las condiciones de los usuarios del recurso forestal aluden al capital humano, considerado una fuente de productividad por Solow (1956 y 1957), Kendrick (1961) y Jorgenson y Griliches (1967). Esta categoría de análisis se compone de salud, educación y pobreza, así como de las condiciones del mercado laboral y del fenómeno de migración. De acuerdo con los hallazgos de Lucas (1988), Lall (2001) y Freeman (2004), mejoramientos en las condiciones de salud, educación e infraestructura tecnológica contribuyen a incrementar la competitividad nacional y regional. Por su parte, Dürr (2002) e Ibáñez y Querubín (2004) plantean que altos niveles de pobreza se asocian con bajos niveles educativos, infraestructura precaria y debilidad institucional. Finalmente, los estudios de Heath y Binswanger (2000) y López, Velázquez y Merino (2010) muestran que la emigración reduce la disponibilidad de mano de obra local, y por ende, las posibilidades de desarrollo del sector forestal.

#### **c) Sistema de gobierno**

Esta categoría tiene que ver con la seguridad, el manejo de los conflictos y la calidad de las instituciones. Al respecto, Querubín (2004) sugiere una relación negativa entre las diferentes formas de violencia y el crecimiento económico; por tanto, se espera que las acciones para promover la seguridad favorezcan la reforestación. Por otra parte, según los planteamientos de North (1992), Rodrik, Subramanian y Trebbi (2002) y Acemoglu, Johnson, y Robinson (2004), la calidad de las instituciones, es decir, el establecimiento y acatamiento de las reglas de juego, contribuye a la competitividad al crear un ambiente estable y propicio para los negocios. Así, la definición de los derechos de propiedad en el sector rural motiva a los agentes a invertir para aumentar la productividad y el uso racional de la tierra, según los hallazgos de Epp y Malone (1981), Timmer (1991), Antle (1999), Hazell y Lutz (2000), Deininger y Feder (2001), Alviar (2008), Holden, Deininger y Ghebru (2009).

#### **d) Relaciones entre el sistema de gobierno y los recursos**

Los gobiernos puede crear un ambiente propicio para atraer la inversión o, por el contrario, limitarlo, de acuerdo con su desempeño en relación con el apoyo a los

negocios forestales, las acciones en relación con la concentración de la propiedad rural, la promoción de la asociatividad, la política ambiental, la política agropecuaria y el desempeño fiscal.

El apoyo a los negocios forestales implica políticas y mecanismos de soporte, tales como incentivos a la inversión en este sector. El saber económico tradicional sugiere que los subsidios estimulan el crecimiento del sector, por cuanto a través de este mecanismo se otorgan compensaciones por las externalidades que generan las plantaciones forestales y por el amplio plazo de recuperación de la inversión. No obstante, Haltia y Keipi (1997), en su estudio de la financiación de las inversiones forestales en Latinoamérica, concluyen que en los casos exitosos de la región los subsidios no ocuparon un papel tan importante para promover las inversiones forestales, como lo hicieron las políticas macroeconómicas.

La concentración de la propiedad rural ha sido considerada como una limitante para el desarrollo rural, por su relación con la baja productividad agrícola y el uso irracional de la tierra, el conflicto y la migración, de acuerdo con Donaldson (1991), Cardona y otros (2007), Bandiera (2004), Ibáñez y Querubín (2004), Mora y Muñoz (2007), Vollrath (2007) y Alviar (2008). Para Birdsall y Londoño (1997) y Wolf (2005), la distribución inequitativa de la tierra también tiene efectos sobre la concentración de la riqueza. No obstante, en relación con la competitividad del sector forestal, pueden encontrarse estudios que aportan evidencia a dos ideas contrarias: por una parte, Southworth y Tucker (2001) plantean que el cambio a esquemas privados y de concentración de tenencia de la tierra conduce al aumento de la reforestación, mientras que López, Velázquez y Merino (2010) sugieren que este hecho puede conducir a la reducción de la masa forestal.

La presencia de instituciones ambientales tiende a favorecer la competitividad; no obstante, la política ambiental que busque la conservación de los recursos naturales, o por lo menos un uso racional de los mismos, puede implicar restricciones para el desarrollo de la reforestación comercial cuando esta no es planeada con parámetros de sostenibilidad.

Por su parte, el desempeño fiscal de los entes territoriales da cuenta de la gestión pública para la generación de rentas propias en procura de la autonomía y la descentralización, que permita cubrir los gastos de funcionamiento de la administración y, además, disponer de recursos para la inversión social. Las finanzas públicas saludables contribuyen a aumentar la seguridad pública, las obras de infraestructura y los recursos que por habitante se destinan a rubros como salud, educación, vivienda y seguridad social, los cuales, como se ha dicho, potencian la competitividad.

### e) Relaciones entre los usuarios y los recursos

Los bosques, como prestadores de una variedad de servicios, constituyen un factor de competitividad en la medida que la disponibilidad y calidad de los mismos contribuye a la generación de beneficios ambientales, sociales y económicos. En esta categoría se incluyen variables relacionadas con la productividad, el tamaño de los mercados, los diferentes usos del suelo y la gestión de los bosques.

El tamaño de los mercados puede medirse a través de la densidad poblacional y el grado de urbanización. La primera ofrece indicios sobre la presión de los usuarios sobre el *stock* de los recursos. La concentración urbana, por su parte, parece tener una relación ambigua con la competitividad y el bienestar de la población. Así lo indican los estudios de Krugman (1998), Gallup, Sachs y Mellinger (1999), Henderson, Shalizi y Venables (2001), los cuales señalan, por una parte, que la concentración urbana beneficia los mercados, y por otra, impone costos de contaminación y congestión que pueden jugar en contra de la competitividad o la atracción de la inversión.

Sobre los usos del suelo, se plantea que el uso irracional de este recurso, que conduce a degradación, resta competitividad a las regiones, por cuanto reduce la calidad y la disponibilidad del capital natural. En este sentido, Alviar (2004) aporta evidencia a la idea de que la expansión de la frontera agrícola y el incremento de la ganadería extensiva en zonas aptas para la reforestación generan desequilibrios y usos conflictivos que desestimulan la disponibilidad de tierras para la actividad forestal productiva.

Finalmente, los estudios de Southworth y Tucker (2001), Louman y Stoian (2002), Nagendra (2007) y López, Velázquez y Merino (2010) señalan que el involucramiento de los usuarios del bosque en la gestión del mismo conduce a un mejor uso del recurso y, por ende, reduce la deforestación y posibilita la reforestación.

## 2. BASE DE DATOS Y METODOLOGÍA

El propósito de este estudio es identificar los determinantes de la reforestación comercial en los municipios de Antioquia. Aunque resulta deseable explicar la cantidad de hectáreas reforestadas, dicha modelación no es posible con la información existente por dos razones: en primer lugar, mientras la información de las variables independientes se encuentra disponible para la unidad de análisis, el municipio, los datos de las hectáreas reforestadas se obtuvieron para predios, y tratar de explicar la reforestación en el predio con variables del orden municipal podría arrojar relaciones interesantes, pero no permitiría profundizar en el análisis de cómo los propietarios deciden darles diferentes usos a sus predios, porque no se dispone



de información más detallada de cada predio. Segundo, tampoco se dispone de información sobre precios y costos asociados a las especies forestales cultivables en cada municipio, ni de la rentabilidad de otras actividades económicas, que permita hacer una simulación de cómo un propietario representativo asigna hectáreas de su predio a cada actividad para maximizar su beneficio. Dicha información debería levantarse en campo, lo que daría lugar a una nueva idea de investigación.

Se propone, entonces, modelar la ocurrencia de la reforestación en el municipio. Al hacer esto, se pierde la información de cada predio pero hay correspondencia entre la unidad de análisis y las variables independientes, de manera que las estimaciones permitirían concluir si una variable es determinante de la reforestación o no y, además, cuantificarían su efecto. Dicha transformación se describe a continuación:

Sea  $E(R_p) = \sum_{i=1}^n x_i E(R_i)$  el número total de hectáreas reforestadas en el municipio  $x_i$  en el año 2009. Como se explicará la ocurrencia de la reforestación, se establece que:

$$E(R_i)$$

La variable dependiente toma el valor de  $\sigma_p = \sqrt{\sum_{i=1}^N x_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i x_j \sigma_{ij}}$ ,  $i \neq j$  si

se hizo reforestación en el municipio  $\sigma_p$  en el año 2009, y  $\sigma_{ij}$ , en caso contrario. Este dato se tomó del "Resumen de plantaciones" de la Secretaría Técnica de la Cadena Forestal de Antioquia (2009) y del "Inventario de plantaciones forestales" de la Secretaría de Agricultura de la Gobernación de Antioquia, elaborado por el MADR y la CCI (2009).

La base de datos de variables independientes se conformó con estadísticas de las variables identificadas en el marco teórico, las cuales fueron seleccionadas de acuerdo con su disponibilidad en el terreno municipal para el año 2009, de manera que se constituyó una base de datos inicial, integrada por 30 variables. En la tabla 5 se indica la fuente y la metodología para calcular cada una de ellas<sup>2</sup>.

Una técnica apropiada para este tipo de datos es la regresión logística, la cual ha sido usada para estimar la ocurrencia de incendios forestales a escala local en estudios como los de Martínez, Chuvieco y Martín (2004), Vilar del Hoyo, Martín y Martínez (2008), Mondugo, Serra y Badia (2008). También ha sido usada por Rosero-Bixby y Palloni (1998), García y otros (2006) y Pineda y otros (2009) para explicar los cambios en el uso del suelo y la deforestación, por medio de cartografía digital.

<sup>2</sup> El autor suministrará a los lectores interesados la base de datos completa de este estudio. En caso de requerirla, pueden solicitarla al correo electrónico [robingarces@gmail.com](mailto:robingarces@gmail.com).

Según explican Kutner y otros (2005), este método es preferible a los modelos de probabilidad lineal porque estos asumen relaciones lineales entre la variable dependiente y las independientes, lo cual no tiene sentido práctico y, además, no es posible garantizar que las probabilidades oscilen entre cero y uno. A diferencia de otras técnicas de análisis multivariado, la regresión logística no requiere asumir relación lineal entre la variable dependiente y las independientes, no exige que la variable dependiente siga una distribución normal ni que sea homocedástica, y en relación con las variables explicativas, estas pueden ser cuantitativas o categóricas; la única condición es que estas no tengan correlación alta entre sí.

En este caso, se estimará:

$$\sigma_{ij} \quad (1)$$

Donde es una combinación lineal de las variables independientes, estimadas por el método de máxima verosimilitud, así:

$$\text{Cov}(i, M) \quad (2)$$

Donde  $\text{Var}(M)$  es el intercepto,  $E(R_i) = R_f + \beta_i (E(R_M) - R_f)$  el coeficiente de la variable  $R_i$  y  $R_f$  la variable independiente. Al igual que en la regresión lineal múltiple, los coeficientes estimados indican la influencia relativa de las variables consideradas. Puesto que  $E(R_M)$  convierte las estimaciones de  $z$  en valores que oscilan entre 0 y 1, esta puede interpretarse como una función de probabilidad de ocurrencia de la reforestación.

La interpretación de los resultados de este modelo suele hacerse a partir del cociente de posibilidades (*odds ratio*, OR). Si se aplica la función exponencial a  $\hat{\beta}_i$ , el coeficiente estimado para la variable  $i$ , se tiene:

$$\beta_i \quad (3)$$

Este valor determina cuánto aumenta la probabilidad de que se reforeste en el municipio ante un aumento de una unidad en la variable  $X_{k_i}$ , si se asume que las demás variables permanecen constantes.

Para detectar problemas de multicolinealidad entre las variables independientes, se condujo un análisis de correlaciones bivariadas de Pearson. Para cada par de variables con correlación superior a 0,7 en valor absoluto se calculó su correlación con la variable dependiente con el fin de descartar de manera sistemática las variables poco relacionadas con la reforestación comercial o que presentan alta correlación con otras regresoras. Así, por ejemplo, se observaron correlaciones altas y significativas entre las variables de infraestructura y el aislamiento geográfico, y entre esta y el índice de logro educativo; se conservó la variable que describe el aislamiento geográfico –y se descartaron las demás–, porque esta presenta la mayor

correlación con la variable dependiente. Lo mismo sucedió con otros grupos de variables, de modo que al final del proceso se conservaron las once que se muestran sombreadas en la tabla 5.

Finalmente, usó el *método por pasos hacia atrás de Wald* para estimar el modelo con la ayuda de la versión 9 del programa estadístico SAS. Para verificar la bondad del ajuste del modelo se aplicó el test de Lemeshow y Hosmer (1982), que evalúa qué tanto las probabilidades predichas se aproximan a las esperadas, caso en el cual se concluye que el modelo tiene una especificación adecuada.

**Tabla 5.** Listado de variables

Categoría	Factor	Variable/indicador	Unidad de medida	Fuente
Recursos	Capital natural	Potencial forestal productor	Hectáreas con aptitud forestal productora como porcentaje del área del municipio	Cálculos propios en ArcGIS 9.3 con datos de Gobernación de Antioquia (2010a) e IGAC (2007)
		Potencial forestal protector	Hectáreas con aptitud forestal protectora como porcentaje del área del municipio	Cálculos propios en ArcGIS 9.3 con datos de Gobernación de Antioquia (2010a) e IGAC (2007)
	Infraestructura	Aislamiento geográfico	Distancia a Medellín en kilómetros	Gobernación de Antioquia (2010a)
		Cobertura acueducto	Porcentaje de viviendas con disponibilidad de acueducto	Gobernación de Antioquia (2010a)
		Cobertura alcantarillado	Porcentaje de viviendas con disponibilidad de alcantarillado	Gobernación de Antioquia (2010a)
		Cobertura energía	Porcentaje de viviendas con disponibilidad de energía eléctrica	Gobernación de Antioquia (2010a)
		Densidad telefónica	Líneas telefónicas por cada 100 habitantes	Gobernación de Antioquia (2010a)
		Penetración de internet	Suscriptores internet conmutado y dedicado por 100 habitantes	MINTIC (2010)
	Capital financiero	Captaciones bancarias por Población Económicamente Activa	Miles de pesos por persona	Cálculos propios con datos de Gobernación de Antioquia (2010a y 2010b)
		Cajeros per cápita	Cajeros per cápita	Cálculos propios con datos de Gobernación de Antioquia (2010a), A toda Hora S. A. (2010) y Servibanca S. A. (2010)

<i>Categoría</i>	<i>Factor</i>	<i>Variable/indicador</i>	<i>Unidad de medida</i>	<i>Fuente</i>
Usuarios (capital humano)	Educación	Colegios de nivel alto, superior, muy superior según el examen de estado	Porcentaje de colegios de nivel alto, superior, muy superior según el examen de estado como porcentaje de los colegios del municipio	ICFES (2010)
	Salud	Infraestructura hospitalaria	Número de camas por 1000 habitantes	Gobernación de Antioquia (2010a)
		Población afiliada a régimen subsidiado	Afiliados como porcentaje del número de habitantes	Gobernación de Antioquia (2010a)
		Población afiliada a régimen contributivo	Afiliados como porcentaje del número de habitantes	Gobernación de Antioquia (2010a)
		Tasa de mortalidad infantil	Defunciones de niños de cada mil nacimientos vivos registrados, durante el primer año de su vida	Gobernación de Antioquia (2010b)
	Seguridad	Homicidios	Número de homicidios por cada 100.000 habitantes	Gobernación de Antioquia (2010b)
		Accidentes de tránsito	Número de accidentes por cada 100.000 habitantes	Gobernación de Antioquia (2010b)
		Desplazamiento humano	Número de personas expulsadas del municipio	Gobernación de Antioquia (2010b)
	Sistema de gobierno	Finanzas públicas	Dependencia de transferencias	Transferencias como porcentaje de los ingresos del municipio
Dependencia de recursos propios			Recursos propios como porcentaje de los ingresos del municipio	Gobernación de Antioquia (2010a)
Inversión per cápita			Inversión del municipio por habitante	Cálculos propios con datos de Gobernación de Antioquia (2010a)
Indicador de Desempeño Fiscal			Indicador [0,100]	Gobernación de Antioquia (2010a)
Relaciones sistema de gobierno-recursos	Distribución de los recursos	Estructura de tenencia de la tierra	Coeficiente GINI de concentración de la propiedad rural [0,1]	Gobernación de Antioquia (2010a)

Categoría	Factor	Variable/indicador	Unidad de medida	Fuente
Relaciones usuarios-recursos	Uso del capital financiero	Aprovechamiento de incentivos	Variable dicotómica = [0: no se aprovechó el certificado de incentivo forestal en el municipio;1: se aprovechó]	Cálculos propios con datos de la Secretaría Técnica de la Cadena Forestal de Antioquia (2009)
	Presión sobre los recursos	Intensidad de la ganadería	Bovinos por hectárea	Cálculos propios con datos de Gobernación de Antioquia (2010c)
		Densidad poblacional	Número de habitantes por kilómetro cuadrado	Cálculos propios con datos de Gobernación de Antioquia (2010a)
		Área agrícola total (2008)	Hectáreas en uso agrícola como porcentaje de la extensión del municipio	Cálculos propios con datos de Gobernación de Antioquia (2010a) e IGAC (2010)
		Área en erosión y erosión muy severa	Hectáreas erosionadas como porcentaje de la extensión del municipio	Cálculos propios con datos de Gobernación de Antioquia (2010a) e IGAC (2010)
		Grado de urbanización	Porcentaje de la población urbana dentro de la población total de su respectivo municipio	Gobernación de Antioquia (2010a)

Nota: Las variables sombreadas, son las seleccionadas para el análisis de regresión.

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presentan las estadísticas descriptivas para este conjunto de datos. En la tabla 6 se presentan las frecuencias observadas para las variables cualitativas. Se observa que el 43,2 % de los 125 municipios reforestó en el año 2009, mientras que el 15,2 % lo hizo con apoyo del Certificado de Incentivo Forestal.

**Tabla 6.** Estadística descriptiva para las variables cualitativas

Variable	Frecuencia absoluta (frecuencia relativa)	
	Sí	No
Reforestación	54 (43,2 %)	71 (56,8 %)
Aprovechamiento incentivos	19 (15,2 %)	106 (84,8 %)

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 7 se presentan las estadísticas descriptivas para las variables cuantitativas. En la mayoría de los casos se observa una amplia dispersión de los datos, lo que da cuenta de la heterogeneidad de los municipios de Antioquia.

**Tabla 7.** Estadística descriptiva de las variables cuantitativas

<i>Variable</i>	<i>Media</i>	<i>Mediana</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Curtosis</i>	<i>Coefficiente de asimetría</i>	<i>Rango</i>
Potencial forestal protector	28,72	26,42	21,91	-0,83	0,45	81,84
Aislamiento geográfico	133,56	109,00	101,59	2,70	1,56	522,00
Colegios de nivel alto, superior, muy superior según el examen de estado	10,70	0,00	20,84	5,64	2,36	100,00
Infraestructura hospitalaria	0,69	0,59	0,51	1,81	1,06	2,62
Población afiliada a régimen contributivo	23,29	16,38	18,61	1,28	1,30	84,46
Tasa de mortalidad infantil	24,63	22,93	8,87	2,30	1,17	53,01
Inversión per cápita	640,99	543,99	357,40	13,27	3,04	2404,38
Indicador de desempeño fiscal	59,09	58,46	8,52	1,03	0,19	54,27
Intensidad de la ganadería	52,17	38,84	39,83	3,76	1,54	244,75
Estructura de tenencia de la tierra	0,63	0,66	0,14	3,13	-1,61	0,83

Fuente: elaboración propia

### 3. RESULTADOS

El método de selección hacia atrás descartó algunas de las variables consideradas anteriormente. Se incorporaron al modelo las que resultaron significativas, a saber: el potencial forestal protector, la inversión per cápita, el Indicador de Desempeño

Fiscal (IDF), la estructura de tenencia de la tierra y la intensidad ganadera. En la tabla 8 se muestran los coeficientes estimados, su error estándar, su significancia, así como las *odd ratios*.

**Tabla 8.** Coeficientes de regresión y ajuste del modelo

Parámetro	Estimación	Error estándar	Wald	Significancia	
Intercepto	-4,95	2,4	4,23	0,04	0,01
Potencial forestal protector	-0,03	0,01	7,96	0,00	0,97
Población afiliada al régimen contributivo	-0,02	0,01	1,45	0,23	0,98
Inversión per cápita	-0,00	0,00	6,90	0,01	1,00
Indicador de desempeño fiscal	0,08	0,03	5,32	0,02	1,080
Estructura de tenencia de la tierra	5,13	1,90	7,30	0,01	169,88
Intensidad de la ganadería	-0,01	0,00	4,58	0,03	0,99
-2 Log de la verosimilitud	R cuadrado de Cox y Snell		R cuadrado de Nagelkerke		
154,182 (a)	0,186		0,250		

Nota: (a) La estimación ha finalizado en el número de iteración 4 porque las estimaciones de los parámetros han cambiado en menos de ,001.

Fuente: elaboración propia.

El test de Hosmer y Lemeshow arrojó un estadístico chi-cuadrado de 11,133 con una valor-p asociado de 0.1915, lo que indica que la especificación es adecuada. Asimismo, como se observa en la tabla 9, la especificación tiene una capacidad de clasificar con éxito el 68 % de los casos, lo cual se considera aceptable.

**Tabla 9.** Contingencia acierto/error de la clasificación por regresión logística

Observado	Pronosticado			
	Aprovechamiento forestal		Porcentaje correcto	
	0	1		
Aprovechamiento forestal	0	54	17	76,1
	1	23	31	57,4
Porcentaje global				68
Nota: El valor de corte es ,500				

Fuente: elaboración propia

Estos resultados sugieren que, aunque las variables seleccionadas por el modelo resultaron significativas, estas tienen una incidencia baja en la decisión de reforestar en el municipio, con excepción del indicador del desempeño fiscal y la estructura de tenencia de la tierra. Así, mientras un aumento de una unidad en el indicador de desempeño fiscal (mejor gestión de los recursos por parte de la Administración municipal) incrementa en 8 % la probabilidad de que un municipio dado reforeste, asumiendo que las demás variables permanecen constantes, un incremento en la concentración de la propiedad rural incrementa 170 veces las posibilidades de ocurrencia de este fenómeno.

Este último hallazgo es compatible con el de Nagendra (2007). Aunque esto puede ir en contra de los planteamientos del desarrollo rural, puede indicar que la reforestación comercial es un negocio que se sirve de las economías de escala en el sentido de que los beneficios de esta actividad se observan en grandes extensiones de tierra. También podría implicar que el propietario de un predio grande, a diferencia del pequeño propietario, tiene la posibilidad de fraccionar su territorio para destinar cada parte a una actividad económica diferente, incluida la forestal, dado que no depende de los ingresos de esta actividad.

El potencial forestal protector, tal como se esperaba, tiene una influencia negativa sobre la decisión de reforestar con fines comerciales, pues las áreas con aptitud para la protección no podrían dedicarse a usos agrícolas, pecuarios o incluso agroforestales o forestales productivos.

La inversión municipal per cápita, contrario a lo esperado, también presenta un efecto negativo sobre la reforestación comercial. Este resultado puede indicar que la inversión en los municipios de Antioquia ha mejorado, en efecto, las condiciones de infraestructura en general, pero ha impulsado la competitividad en otros sectores económicos diferentes al forestal, o que la mejora en las condiciones económicas y sociales del municipio estimulan las actividades económicas de corto plazo y no las de largo plazo como las forestales.

Por su parte, mayor proporción de población en el régimen contributivo es un indicador de que la población está empleada. Su relación negativa con la reforestación comercial puede deberse a que participar del mercado laboral reduce el tiempo que los propietarios de predios podrían dedicar a esta actividad.

Finalmente, la intensidad de la ganadería, que hace referencia a la cantidad de cabezas de ganado por hectárea, presenta una relación negativa con la reforestación comercial, tal como se esperaba. La ganadería compite con la agricultura y la reforestación, puesto que las áreas dedicadas a la primera limitan las áreas que



pueden dedicarse a la segunda, a menos que se desarrolle el silvopastoreo como actividad predominante.

#### 4. CONCLUSIONES

Se ha planteado que los países tropicales como Colombia tienen la oportunidad de aprovechar el capital natural que representan sus bosques para mejorar las condiciones de vida de su población. Antioquia es uno de los departamentos de este país con mayor aptitud para la reforestación; no obstante, este potencial no ha sido aprovechado en su totalidad, pese a que son conocidos los beneficios ambientales, sociales y económicos de esta actividad. El análisis de los determinantes de la reforestación suministra elementos para la formulación de políticas que conduzcan a la utilización del capital natural con criterios de racionalidad y eficiencia.

Como una vía para comprender por qué no se ha aprovechado todo el potencial, se identificaron los determinantes de la reforestación comercial en el ámbito municipal en Antioquia. En este trabajo se aportó evidencia según la cual la reforestación comercial se asocia, en términos de Nagendra (2007) con los recursos, los usuarios, el Gobierno, y las interacciones tanto entre el Gobierno y los recursos, como entre los usuarios y los recursos. Se encontró que las seis variables incorporadas en el modelo de regresión logística tienen efectos sobre la reforestación comercial, pero solo la concentración de la propiedad rural y el desempeño fiscal tienen efectos significativos.

No obstante, el análisis econométrico consideró que variables como aprovechamiento de los incentivos y aislamiento geográfico no tienen relación con la decisión de reforestar en el nivel de municipio.

Lo anterior evidencia la necesidad de seguir desarrollando estudios para mejorar la comprensión de los determinantes de la reforestación con fines comerciales. Específicamente es importante generar información sobre cómo los propietarios deciden asignar porciones de sus predios a esta actividad y los efectos de los incentivos y el aislamiento geográfico en dicha decisión. También será necesario empezar a involucrar variables del orden supra-sectorial como las tasas de descuento públicas y/o privadas o incluso, como señala Giraldo (2011), asuntos culturales.

## BIBLIOGRAFÍA

- A Toda Hora S. A. (2010). Servicios ATH. [En línea] A toda hora S. A., Bogotá, D. C. [Consultado: 27 de febrero de 2013].
- Acemoglu, D.; Johnson, S. y Robinson, J. (2004). Institutions as the Fundamental Cause of Long-Run Growth. En: Handbook of Economic Growth, Vol. 1, Parte A., pp. 1-111.
- Alessandrini, P.; Presbitero, A. F. y Zazzaro, A. (2009). Banks, distances and firms' financing constraints. En: Review of Finance, Vol. 13, N.º 2, pp. 261-307.
- Alviar, M. (1999). Ecology for economists: lessons for tropical countries. Trabajo presentado en la Conferencia Internacional: La Conservación y el Desarrollo, Quito, Ecuador.
- Alviar, M. (2004). Economic and Environmental Effects of Land Use on Water Yield and Sediment: A Case Study in Colombia (tesis doctoral). Stillwater, Oklahoma, Oklahoma State University, 166 pp.
- Alviar, M. (2008). Pobreza y medio ambiente. [Videograbación] Cátedra abierta Jorge Cárdenas Nannetti. Undécimo ciclo: pobreza, equidad y protección social, Medellín, Universidad de Antioquia.
- Antle, J. M. (1999). The New Economics of Agriculture. En: American Journal of Agricultural Economics, Vol. 81, N.º 5, pp. 933-1010.
- Aschauer, D. A. (1989). Does public capital crowd out private capital? En: Journal of monetary economics, Vol. 24, N.º 2, pp. 171-188.
- Audretsch, D. B. y Feldman, M. P. (1996). R&D Spillovers and the Geography of Innovation and Production. En: The American Economic Review, Vol. 86, N.º 3, pp. 630-640.
- Banco Mundial (2009). Resumen Doing Business 2010, reformar en tiempos difíciles. Washington, D. C., Banco Mundial, Corporación Financiera Internacional y Palgrave MacMillan, 26 pp.
- Bandiera, O. (2004). Land Tenure, Incentives and the Choice of Techniques: Evidence from Nicaragua. Londres, London School of Economics, 35 pp.
- Birdsall, N. y Londoño, J. L. (1997). Asset inequality does matter: lessons from Latin America. Washington D. C., Banco Interamericano de Desarrollo, 28 pp.
- Canning, D. y Pedroni, P. (2004). The Effect of Infrastructure on Long Run Economic Growth. Cambridge, Harvard University, Cambridge, 30 pp.
- Cardona, M.; Barrero, Y. M.; Gaviria, C. F.; Álvarez, E. y Muñoz, J. C. (2007). Aportes teóricos al debate de la agricultura desde la economía. En: Borradores Departamento de Economía, Vol. 27, pp. 1-17.
- Clapp, R. A. (1995). Creating Competitive Advantage: Forest Policy as Industrial Policy in Chile. En: Economic Geography, Vol. 71, N.º 3, pp. 273-296.
- De Groot, R.; Wilson, M. A. y Boumans, R. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. En: Ecological Economics, Vol. 41, N.º 3, pp. 393-408.
- Deininger, K. y Feder, G. (2001). Land institutions and land markets. En: Handbook of agricultural economics, Vol. 1, pp. 288-331.

- Diamond, J. M. y Ordunio, D. (1997). *Guns, germs, and steel*. Nueva York, Norton, 157, pp.
- Donaldson, G. (1991). *Government-Sponsored Rural Development: Experience of the World Bank*. Ithaca, New York, Cornell University, 36 pp.
- Dürr, C. (2002). El papel del bosque y de los árboles en la lucha contra la pobreza. Berna, Suiza, Intercooperation, 24 pp.
- Epp, D. J. y Malone, J. W. (1981). *Introduction to Agricultural Economics*. Nueva York, Macmillan Publishing Co., Inc., 416 pp.
- FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2010). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. [En línea] FAO, Roma, 346p. [Consultado: 9 de febrero de 2013].
- FEM - Foro Económico Mundial (2012). *Reporte Mundial de Competitividad 2012-2013*. Ginebra, Suiza, FEM, 528 pp.
- Fisher, B. y Turner, K. (2008). Ecosystem services: classification for valuation. En: *Biological Conservation*, Vol. 14, N.º 5, pp. 1167-1169.
- Freeman, C. (2004). Technological infrastructure and international competitiveness. En: *Industrial and Corporate Change*, Vol. 13, N.º 3, pp. 541-569.
- Gallup, J. L.; Sachs, J. D. y Mellinger, A. (1999). Geography and Economic Development. En: *International Regional Science Review*, Vol. 22, N.º 2, pp. 179-232.
- Ganesan, S.; Malter, A. J. y Rindfleisch, A. (2005). Does distance still matter? Geographic proximity and new product development. En: *Journal of Marketing*, Vol. 69, N.º 4, pp. 44-60.
- García Martín, A.; Pérez Cabello, F. y De la Riva Fernández, J. (2006). Evaluación de los recursos de biomasa residual forestal mediante imágenes del satélite Landsat y SIG. En: *GeoFocus*, N.º 6, pp. 205-230.
- Giraldo, V. (2011). ¿Por qué no se reforesta en Colombia? [En línea] Fedemaderas – Federación Nacional de Industriales de la Madera, Bogotá, D. C. [Consultado: 27 de febrero de 2013].
- Gobernación de Antioquia. (2005). *Antioquia forestal. Plan de desarrollo forestal para el Departamento, 2005-2040*. Medellín, Gobernación de Antioquia, 87 pp.
- Gobernación de Antioquia. (2010a). Anuario Estadístico de Antioquia 2009. [En línea] Gobernación de Antioquia, Medellín. [Consulta: 16 de enero de 2013].
- Gobernación de Antioquia. (2010b). Carta de generalidades de Antioquia 2009. [En línea] Gobernación de Antioquia, Medellín. [Consulta: 16 de enero de 2013].
- Gobernación de Antioquia. (2010c). Anuario estadístico del sector agropecuario de Antioquia 2009. [En línea] Secretaría de Agricultura, Medellín. [Consulta: 16 de enero de 2013].
- Gramlich, E. M. (1994). Infrastructure investment: A review essay. En: *Journal of economic literature*, Vol. 32, N.º 3, pp. 1176-1196.
- Haltia, O. y Keipi, K. (1997). El financiamiento de las inversiones forestales en América Latina: El uso de los incentivos. Washington, D. C., Banco Interamericano de Desarrollo, 29 pp.

- Hazell, P. y Lutz, E. (2000). Integración de los temas de sostenibilidad y ambiente a las políticas de desarrollo rural. En *Agricultura y medio ambiente. Perspectivas sobre el desarrollo rural sostenible*. Washington, D. C.: Banco Mundial, pp. 9-21.
- Heath, J. y Binswanger, H. P. (2000). Efectos de la degradación de los recursos naturales inducidos por políticas: El caso Colombia. En *Agricultura y medio ambiente. Perspectivas sobre el desarrollo rural sostenible*. Washington, D. C.: Banco Mundial, pp. 22-35.
- Henderson, J. V.; Shalizi, Z. y Venables, A. J. (2001). Geography and development. En: *Journal of Economic Geography*, Vol. 1, N.º 1, pp. 81-105.
- Holden, S. T.; Deininger, K. y Ghebru, H. (2009). Impacts of low-cost land certification on investment and productivity. En: *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 91, N.º 2, pp. 359–373.
- Ibáñez, A. M. y Querubín, P. (2004). Acceso a tierras y desplazamiento forzado en Colombia. En: Documento CEDE, N.º 23, pp. 1-114.
- ICFES - Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (2010). Clasificación de plantelres. [En línea] ICFES, Bogotá, D. C. [Consultado: 27 de febrero de 2013].
- IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2007). Estudio general de suelos y zonificación de tierras departamento de Antioquia. Tomo 3. Bogotá, D. C., Imprenta Nacional de Colombia, 1070 pp.
- IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2010). Sistema de información geográfica para la planeación y el ordenamiento territorial - SIGOT. [En línea] IGAC, Bogotá, D. C. [Consultado: 27 de febrero de 2013].
- IMD - Instituto Internacional para la Gestión del Desarrollo (2010). Anuario de competitividad global. [En línea] Lousane, Suiza,
- Jorgenson, D. W. y Griliches, Z. (1967). The explanation of productivity change. En: *The Review of Economic Studies*, Vol. 34, N.º 3, pp. 249-283.
- Kendrick, J. W. (1961). *Productivity Trends in the United States*. Cambridge, Princeton University Press, 52 pp.
- Krugman, P. (1998). *The role of Geography in Development*. Washington, D.C., Banco Mundial, 35 pp.
- Kutner, M.; Nachtsheim, C.; Neter, J. y Li, W. (2005). *Applied Linear Statistical Models* Quinta edición. Nueva York, McGraw-Hill/Irwin, 1396 pp.
- Lall, S. (2001). *Competitiveness, Technology and Skills*. Willinston, Vermont, Edward Elgar Publishing Inc., 509 pp.
- Lemeshow, S. y Hosmer, D. W. (1982). A review of goodness of fit statistics for use in the development of logistic regression models. En: *American Journal of Epidemiology*, Vol. 115, N.º 1, pp. 92-106.
- López, F.; Velázquez, A. y Merino, L. (2010). Explorando los determinantes del buen manejo forestal comunitario. En: *Interciencia*, Vol. 35, N.º 8, pp. 560-567.

- Louman, B. y Stoian, D. (2002). Manejo forestal sostenible en América Latina: ¿económicamente viable o una utopía? En: Revista Forestal Centroamericana, N.º 39-40, pp. 25-32.
- Lozano, A. y Yoshida, P. (2008). Índice de competitividad regional cafetero. En: Ensayos sobre economía cafetera, Vol. 21, N.º (24), pp. 103-131.
- Lotero, J. A.; Moreno, A. I. y Díaz, W. (2006). Indicadores de competitividad de Antioquia y sus regiones. Medellín, Universidad de Antioquia, 34 pp.
- Lucas, R. E. (1988). On the mechanics of economic development. En: Journal of monetary economics, N.º 22, pp. 3-42.
- MA - Millennium Ecosystem Assessment. (2005). Millennium Ecosystem Assessment, General Synthesis Report. Washington, D. C., Island Press, 137 pp.
- Machado, A. (2004). Tenencia de tierras, problema agrario y conflicto. En Desplazamiento forzado, dinámicas de guerra, exclusión y desarraigo. Bogotá, D.C., Oficina del Alto Comisionado para los Refugiados, ACNUR, pp. 81-96.
- MADR - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2006). Apuesta Exportadora Agropecuaria 2006-2020. Bogotá, D. C, MADR, 19 pp.
- MADR - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y CCI - Corporación Colombia Internacional. (2009). Oferta agropecuaria 2009. Medellín, Gobernación de Antioquia, 10 pp.
- Maillat, D. (1995). Territorial dynamic, innovative milieus and regional policy. En: Entrepreneurship & Regional Development: An International Journal, Vol. 7, N.º 2, pp. 157-165.
- Maini, J. S. (1992). Desarrollo sostenible de los bosques. En: Unasyuva, N.º 43, pp. 3-8.
- Martínez, J., Chuvieco, E., y Martín, P. (2004). Estimación de factores de riesgo humano de ignición en España mediante regresión logística. Trabajo presentado en el II Simposio Internacional sobre Políticas, Planificación y Economía de los Programas Contra Incendios Forestales, Córdoba, España.
- MINTIC - Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (2010). Cifras históricas del sector - servicio de acceso a internet. [En línea] MINTIC, Bogotá, D. C. [Consultado: 27 de febrero de 2013].
- Mondugo, S.; Serra, P. y Badia, A. (2008). Dinámica del riesgo de ignición en un área de interfase urbano-forestal. En Tecnologías de la Información Geográfica para el Desarrollo Territorial. Las Palmas de Gran Canaria, Servicio de Publicaciones y Difusión Científica de la ULPGC, pp. 650-659
- Mora, T. M. y Muñoz, J. C. (2007). Concentración de la propiedad de la tierra y producto agrícola en Antioquia 1995-2004. En: Ecos de Economía, N.º 26, pp. 71-108.
- Nagendra, H. (2007). Drivers of Reforestation in Human-Dominated Forests. En: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Vol. 104, N.º 39, pp. 15218-15223.
- Nascimento, J. R. y Tomaselli, I. (2005). Cómo medir y mejorar el clima para las inversiones en negocios forestales sostenibles. Washington, D. C., Banco Interamericano de Desarrollo, 58 pp.

- North, D. C. (1992). The new institutional economics and development. En: American Economic Association, (págs. 1-8).
- Perfetti, M.; Tabora, B. A. y Ortiz, O. A. (2003). Ranking de competitividad de los departamentos colombianos. Manizales, CRECE, 183 pp.
- Pineda Jaimes, N. B.; Bosque Sendra, J.; Gómez Delgado, M. y Plata Rocha, W. (2009). Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes: Una aproximación a los procesos de deforestación. En: Investigaciones geográficas N.º 69, pp. 33-52.
- Porter, Michael E. (1991). La ventaja competitiva de las naciones. Buenos Aire, Plaza y Janés, 1056 pp.
- Querubín, P. (2004). Crecimiento departamental y violencia criminal en Colombia. En: Documentos CEDE, N.º 12, pp. 1-49.
- Ramírez, J. C.; Osorio, H. y Parra-Peña, R. I. (2007). Escalafón de la competitividad de los departamentos en Colombia. En: SERIE Estudios y perspectivas, CEPAL, N.º 16, 139 pp.
- Reinel, J.; de Lombaerde, P. y García, J. G. (2002). Informe final Proyecto equipo negociador del ALCA en su componente. Sistemas de Indicadores de Competitividad. Bogotá, D. C., Universidad Nacional de Colombia, 119 pp.
- Restrepo, B. E; Ortiz, O. A. y Hernández, J. F. (1999). Programa de competitividad para Caldas. Manizales, CRECE, 100 pp.
- Rodrik, D.; Subramanian, A. y Trebbi, F. (2002). Institutions rule: The primacy of institutions over geography and integration in economic development. Cambridge, Harvard University, 44 pp.
- Rosas, A. y Mendoza, J. (2004). The economic effects of geography: Colombia as a Case Study. En: Documentos de Economía, N.º 11, pp. 1-39.
- Rosero-Bixby, L. y Palloni, A. (1998). Población y deforestación en Costa Rica. En: Conservación del bosque en Costa Rica, N.º 1, pp. 131-150.
- Sachs, J. D. y Warner, A. M. (2001). Natural Resources and Economic Development. The curse of natural resources. En: European Economic Review, Vol. 45, pp. 827-838.
- Schejtman, A. y Berdegú, J. A. (2004). Desarrollo territorial rural. En: Debates y temas rurales, N.º 1, pp. 1-53.
- Secretaría Técnica de la Cadena Forestal de Antioquia (2009). Resumen de plantaciones 2009 - Antioquia. [Archivo digital] Medellín.
- Servibanca S.A. (2010). Red de cajeros. [En línea] Servibanca S. A., Bogotá. [Consulta: 27 de febrero de 2013].
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. En: The quarterly journal of economics, Vol. 70, N.º 1, pp. 65-94.
- Solow, R. M. (1957). Technical change and the aggregate production function. En: The review of Economics and Statistics, Vol. 39, N.º 3, pp. 312-320.

- Southworth, J. y Tucker, C. (Agosto de 2001). The Influence of Accessibility, Local Institutions, and Socioeconomic Factors on Forest Cover Change in the Mountains of Western Honduras. En: Mountain Research and Development, Vol. 21, N.º 3, pp. 276-283.
- Timmer, C. P. (1991). Agriculture and the state: growth, employment, and poverty in developing countries. Ithaca, New York, Cornell University Press, 323 pp.
- USAID -Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (2008). Una perspectiva de competitividad forestal de Colombia. Bogotá, D. C., Talleres Litográficos de ESCALA S. A., 123 pp.
- Van der Ploeg, F. (2011). Natural resources: Curse or blessing? En: Journal of Economic Literature, Vol. 49, N.º 2, pp. 366-420.
- Vásquez-Barquero, A. (2007). Endogenous development. En Development on the ground: Clusters, networks and regions in emerging economies. Londres, Routledge, pp. 23-43.
- Vilar del Hoyo, L.; Martín, M. D. y Martínez, J. (2008). Empleo de técnicas de regresión logística para la obtención de modelos de riesgo humano de incendio forestal a escala regional. En: Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, N.º 47, pp. 5-29.
- Vollrath, D. (2007). Land distribution and international agricultural productivity. En: American Journal of Agricultural Economics, Vol. 89, N.º 1, pp. 202–216.
- Wolf Isaza, L. F. (2005). La inequidad en la distribución de la tierra en Antioquia. En: Ensayos de economía, Vol. 15, N.º 27, pp. 95-126.

