

## Los recursos naturales: más allá de la coyuntura económica\*

Mauricio Alviar Ramírez, \*\*

*Introducción. I. El contexto. II. La concentración de la propiedad rural: un obstáculo para la competitividad. III. El uso conflictivo de los suelos. IV. Conclusiones. Referencias. Anexo.*

Primera versión recibida en noviembre de 2005; versión final aceptada diciembre 2005

### Resumen

Este artículo presenta una discusión general sobre dos temas básicos de los recursos naturales en Colombia. En primer lugar, la concentración de la propiedad de la tierra y en segundo lugar, los usos del suelo. Estos dos temas, son claves en las discusiones actuales sobre competitividad, desarrollo rural y reducción de la pobreza en un contexto de tratados de libre comercio, en particular el TLC firmado con los Estados Unidos y la recién aprobada Ley Forestal. De otro lado, el coeficiente de Gini para la tierra se ubica, en Colombia en 0.81, lo cual es bastante alto si se compara con estándares internacionales. De la misma manera, se observa un uso conflictivo de los suelos que está generando pérdidas de productividad y niveles de erosión elevados. Con la ayuda de un modelo económico se puede predecir el uso óptimo de los la tierra entre diferentes actividades económicas.

**Palabras clave:** uso del suelo, concentración de la tierra, TLC, Ley Forestal, erosión, productividad, pobreza rural.

### Abstract

This paper presents a general discussion about two main topics associated with natural resources in Colombia. First, land concentration; second, land use. These two topics are key to the current discussions about competitiveness, rural development and poverty alleviation within a context of free trade agreements and the recent Forest Law. The Gini coefficient for land in Colombia is near 0.81 which is quite high compared to international standards. At the same time, land use in Colombia presents conflict between current and potential use. Such a conflict is generating productivity losses and high levels of soil erosion. Using an economic model, the optimal use of land, among several activities can be predicted.

---

\* Este artículo es un producto de la línea de investigación en valoración económica de los recursos naturales del grupo de Estudios en Medio Ambiente -GEMA- del Centro de Investigaciones Económicas -CIE- Universidad de Antioquia.

\*\* Decano, Facultad de Ciencias Económicas Universidad de Antioquia.  
E-mail: malviar@agustinianos.udea.edu.co

**Key words:** Use of the soil, concentration of the land, TLC, Forest Law, erosion, productivity, rural poverty.

## Introducción

El tema de los recursos naturales siempre ha dado de que hablar entre los economistas, inclusive, entre los más ortodoxos que siempre los han considerado como una variable exógena que hace parte de la dotación “natural” de las economías. Sin embargo, diversas circunstancias se han presentado en las últimas décadas que han hecho que emerjan nuevas ideas y métodos de análisis para entender la dinámica de los recursos naturales dentro de una perspectiva de crecimiento y desarrollo sostenible. El problema de la escasez de los recursos no renovables y el manejo insostenible de los renovables ha hecho que, desde el punto de vista de la política económica, los recursos naturales vuelvan a tener importancia académica y política en los años recientes.

El soporte o sustento de la gran mayoría de los recursos naturales está en la tierra. Bosques, suelos, alimentos, agua, minerales y biodiversidad, están asociados a las características físicas, químicas y geográficas del territorio. En este sentido, hay dos variables que determinan la eficiencia y sostenibilidad de los recursos naturales: la distribución de los derechos de propiedad y el uso de los suelos.

En este artículo se presenta una discusión sobre los recursos naturales renovables y su pertinencia en el desarrollo económico de Colombia. En la primera sección se presenta el contexto y el principio fundamental sobre el cual debe diseñarse una sana

política de recursos naturales renovables. En la segunda sección se hace un análisis del problema de la concentración de la tierra. En la tercera sección se discute el uso racional y sostenible de los suelos y se presentan los resultados de un modelo de optimización entre diferentes actividades productivas asociadas a los recursos naturales. Por último, se presentan algunas conclusiones y recomendaciones.

## I. El contexto

Muchos economistas, han relegado el tema de los recursos naturales, desde la perspectiva del desarrollo, a los estadios primitivos de la actividad económica. En otras palabras, se asocia la producción del sector primario con niveles de atraso, con economías campesinas ineficientes y sociedades agrarias y rurales ligadas a la pobreza. Sin embargo, en las últimas décadas, ha habido un cambio en la concepción e interpretación de los desarrollos que han mostrado algunos países en materia de crecimiento económico y reducción de la pobreza, sobre la base de la acumulación de capital proveniente de su riqueza natural.

En esta perspectiva, es importante explicar el concepto de capital natural. Todo el acervo de recursos naturales de una economía puede ser visto como capital. La razón fundamental para esto es que los recursos naturales se deprecian como el capital y también pueden generar rendimientos. El deterioro y la escasez de los recursos pueden considerarse como su depreciación. Asimismo, su conservación y uso sostenible, pueden verse como sus rendimientos.

La importancia de ver los recursos naturales como capital tiene que ver con la posi-

bilidad de generar valor agregado, usar tecnología, innovar y establecer cadenas productivas. El capital natural desarrollado con una visión moderna y competitiva es fuente generadora de riqueza y de empleo, en particular, en las zonas rurales. La producción agrícola sostenible, el manejo adecuado de los bosques, dadas la topografía y el régimen de lluvias constituyen ventajas comparativas y competitivas para un país como Colombia que podría ampliar la oferta de servicios ambientales que hoy constituyen un mercado dinámico en el mundo.

Hay dos elementos que van a caracterizar la evolución de la economía colombiana en el mediano y largo plazo y que tienen que ver directamente con el sector de recursos naturales. El primero es la Ley Forestal y el segundo es el Tratado de Libre Comercio –TLC– firmado recientemente con los Estados Unidos. Aunque la Ley Forestal (Proyecto de Ley No. 264 de 2004 aprobado el 13 de diciembre de 2005) ha sido objetada por el Presidente de la República y no ha pasado a sanción presidencial definitiva, se pueden discutir algunos elementos importantes que tienen que ver con el futuro del sector forestal como parte esencial de los recursos naturales y uno de los potenciales más significativos que tiene Colombia. En este sentido, una de las mayores críticas que se hizo a la Ley y que fue tenida en cuenta para su objeción, se refiere a los aspectos de aprovechamiento del bosque natural.

Según los opositores a la Ley, el texto que se aprobó atenta contra la sostenibilidad de los bosques naturales y compromete su misma existencia debido a la permisividad de su explotación comercial y aprovechamiento. A simple vista, Colombia no necesitaría exponer sus bosques naturales a la

explotación comercial para producir exclusivamente madera o pulpa de papel. Sería suficiente con un plan forestal de largo plazo que condujera a la reforestación de más de 18 millones de hectáreas que el país dispone para tal fin. De esos 18 millones de hectáreas sólo 208 mil, han sido reforestadas.

De otro lado, y al momento de escribir este artículo, aun no se conocía el texto definitivo del TLC. Sin embargo, en el caso concreto de los recursos naturales incluido el sector agropecuario, Colombia debería asumirlo como una oportunidad para corregir los usos irracionales de los suelos y entrar en una senda de competitividad aprovechando su ubicación geográfica privilegiada de país tropical. En el mercado mundial, hay espacio para generar un comercio eficiente de servicios ambientales y productos maderables de alto contenido en conocimientos y valor agregado. La valoración económica de la biodiversidad, la venta de servicios de fijación de carbono y de maderas de alta calidad, los servicios de ecoturismo y los demás beneficios de los bosques como la regulación de caudales, tienen que generar una dinámica diferente en el sector primario colombiano que involucre a las comunidades rurales, genere desarrollo y reduzca la pobreza.

Una visión moderna de los recursos naturales que los conciba como una fuente de acumulación de capital, como una oportunidad para generar valor agregado y desarrollar conocimientos y transferencia de tecnología, es el nuevo contexto en el cual Colombia debe jugar si realmente se quiere insertar en los mercados mundiales de recursos naturales. Tanto la Ley Forestal como el TLC imponen un marco

regulatorio que a todas luces debe traducirse en oportunidades para el país. Uno de los aspectos positivos de la Ley Forestal es lo que tiene que ver con investigación forestal y con el hecho de considerar a este sector como estratégico para el desarrollo del país. En la sociedad del conocimiento, se abre una posibilidad extraordinaria para la investigación científica básica y aplicada en materia de recursos naturales en Colombia, lo cual incluye la biodiversidad y todo el material genético que de allí se deriva.

Sin embargo, la modernización del sector de los recursos naturales y el desarrollo de políticas tendientes a fortalecer su competitividad tienen que pasar indiscutiblemente por el principio fundamental según el cual a la tierra hay que darle el uso para el cual sea más apta y mayor beneficios genere a las generaciones presentes y futuras. Lo anterior no es más que el principio de la sostenibilidad. Para lograr la aplicación plena de este principio, Colombia tiene que resolver dos problemas que trataremos a continuación: la concentración de la propiedad rural y el uso conflictivo de los suelos.

## II. La concentración de la propiedad rural: un obstáculo para la competitividad

La literatura económica sobre la eficiencia del sector agrícola en particular y del sector de recursos naturales en general, plantea que los predios de un tamaño promedio de entre 5 y 20 hectáreas, son más eficientes que los predios de más de 500 hectáreas (Rosas, 2005 y Heath, et al, 1998). Esta evidencia pone de manifiesto dos temas importantes y relacionados entre sí: la concentración de la propiedad rural y la

reforma agraria. Sobre el primer tema, Colombia presenta indicadores preocupantes. Un reporte oficial del Instituto Geográfico Agustín Codazzi en 2004 señalaba que el 0,4% de los propietarios rurales poseían el 67% de los predios. Con el agravante de que en la década del 1960 esas mismas cifras eran 4% y 60% respectivamente.

En la literatura sobre la concentración de la tierra se ha mostrado como la distribución equitativa de la propiedad está estrechamente ligada a la distribución equitativa del ingreso. En las actuales condiciones de concentración es muy difícil lograr avances significativos en competitividad agrícola y forestal y mucho menos en reducción de la pobreza rural.

La concentración de la propiedad rural en Colombia, que no es un asunto reciente y tampoco se debe exclusivamente al accionar de grupos ilegales y de narcotráfico, ha llevado al país a una situación de dualidad del campo. A esta dualidad también han contribuido los intentos fallidos de reforma agraria. Como lo sostiene Machado, citado por Rosas (2005), el reparto ineficiente de tierras ha llevado al país a concentrar la tierra en dos extremos. Por un lado, en grandes predios dedicados a la ganadería extensiva y por otro lado en un sin número de pequeñas explotaciones en manos de campesinos ubicadas, en su mayoría, en zonas de ladera y con pendientes mayores del 20% que contribuyen a la degradación de los suelos y aumentar la pobreza.

Para argumentar los intentos fallidos de reforma agraria, basta observar la cifra del coeficiente de Gini. En 1974, era de 0.74,

en 1984 bajó a 0.70 y en 1996 se ubicó en 0.81. Esto prueba que la reforma agraria en Colombia ha sido una ilusión con sabor a demagogia y coyunturas políticas muy pasajeras. La cifra del coeficiente de Gini resulta aún más alta si se compara con la que presentan países como Corea (0.35) o Japon (0.38) (Deininger, 2004). La reforma agraria cobra más importancia ahora que nunca en este contexto de competitividad, de tratados de libre comercio y de compromiso para reducir la pobreza y la desigualdad en concordancia con las metas del milenio. El cuadro 1 muestra una serie de variables de concentración de la propiedad entre 1984 y 1996. Por su parte

el cuadro 2 muestra la situación en 2001. Se puede observar la tendencia a la concentración de la propiedad. En 1984, el número de predios menores de 5 hectáreas representaban el 67% de los propietarios y el 5% de la superficie. En 1996 aumentó el porcentaje de los predios (68%) y la superficie disminuyó a 4.3%. En 2001 la situación se ha empeorado. Predios menores de 3 hectáreas correspondían al 57% de los propietarios y solo representaban el 1.7% de la superficie. Entre tanto, los predios de más de 500 hectáreas que representaban solo el 0.4% de los propietarios, ocupaban el 61% de la superficie (Rosas, 2005).

**Cuadro 1**  
**Distribución de la propiedad rural 1984 y 1996**

TRAMOS (HECTAREAS)	1984			1996		
	No. Predios (%)	No. Propietarios (%)	Superficie (hectareas) (%)	No. Predios (%)	No. Propietarios (%)	Superficie (hectareas) (%)
<5	1.282.885 (67.3)	1.597.673 (5.0)	1.769.593 (5.0)	1.642.998 (68.1)	2.184.991 (66.8)	2166370 (4.3)
5—20	358.494 (18.8)	476.574 (19.6)	3.537.320 (10.0)	448.585 (18.6)	633.128 (19.3)	4.462.598 (8.8)
20—50	140.888 (7.5)	186.623 (7.7)	4.427.279 (12.4)	176.890 (7.3)	244.382 (7.5)	5.547.031 (10.9)
50—200	98.022 (5.1)	133.356 (5.5)	8.967.172 (25.2)	116.890 (4.9)	165.180 (5.1)	10.502.034 (20.7)
200—500	17.612 (0.9)	26.171 (1.0)	5.176.662 (14.6)	18.331 (8.8)	29.165 (0.9)	5.400.281 (10.6)
>500	6.845 (0.4)	11.136 (0.5)	11.612.884 (32.7)	7.459 (0.3)	11.570 (0.4)	22.631.747(44.6)
<b>Total</b>	<b>1.904.746 (100.0)</b>	<b>2.431.533 (100.0)</b>	<b>35.490.910 (100.0)</b>	<b>2.410.596 (100.0)</b>	<b>3.268.816 (100.0)</b>	<b>50.710.066 (100.0)</b>

Fuente: Salgado Prada (2000) citado por Rosas (2005)

**Cuadro 2**  
**Relación entre el área predial rural nacional y los propietarios, según tamaño de predios 2001**

TAMAÑO DE PREDIO (hectáreas)	PROPIETARIOS	SUPERFICIE (área predial rural registrada)
>3	57.3 %	1.7 %
>3,<100	39.7 %	22.5 %
>100,<500	2.6 %	14.6 %
>500	0.4 %	61.2 %
<b>Total porcentaje</b>	<b>100,00%</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: IGAC, Corpoica (2002, volumen 4, página 83) citado por Rosas (2005)

En estas condiciones, no es fácil lograr desarrollos importantes en materia de equidad económica y social en el campo y en el país. La experiencia internacional en materia de desconcentración de la propiedad señala que el reparto de tierras de forma más democrática no es suficiente para lograr una mejor distribución del ingreso. Es necesario desarrollar procesos de empresarismo e innovación entre los productores agrícolas, forestales y pecuarios. En otras palabras se requiere convertir a los productores en verdaderos empresarios del campo.

Los procesos de reforma agraria en casi toda América Latina y África han fracasado en gran medida, porque se han limitado, en el mejor de los casos, al reparto de tierras. La cuestión aquí no es solo de repartición de hectáreas sino de los usos sostenibles del suelo y la comercialización doméstica e internacional de los productos y servicios con valor agregado y conocimientos.

### III. El uso conflictivo de los suelos

En 1999 y de acuerdo con las cifras del Anuario Estadístico del Ministerio de Agricultura, Colombia presentaba una situación de conflicto entre diferentes usos del suelo. Así mientras el potencial para uso agrícola era de 12.6% del territorio, el uso actual era de 3.9%. En el caso de los bosques, 68.6% del área del país debe tener cobertura vegetal y en particular bosques. El uso forestal actual es del 57% incluyendo los bosques naturales. Por su parte, la porción del territorio nacional con potencial para pastos y ganadería es 19.2% y, sin

embargo, hoy se usa más de 40% para este fin (Ministerio de Agricultura, 1999).

La distribución inequitativa de la tierra está asociada con su uso insostenible. Deininger (2004) en un estudio para el Banco Mundial mostró una fuerte y positiva correlación entre la tenencia desigual de la tierra y los usos conflictivos del suelo, en especial el sobrepastoreo. La ganadería extensiva en zonas planas aptas para la agricultura comercial y en zonas montañosas aptas para los bosques ha hecho un enorme daño no sólo a la sostenibilidad de los sistemas agroecológicos y de recursos naturales, sino que también ha contribuido a profundizar la pobreza rural (Alviar, 1983). La tala indiscriminada de los bosques en zonas de pendiente pronunciada, como la región andina ha hecho que la cobertura vegetal se haya perdido en perjuicio de la capacidad de la tierra de retener agua y dosificar la oferta del líquido para varios usos. (Alviar, 2004). Un suelo con alta pendiente y sin cobertura vegetal es proclive a la erosión máxima cuando está localizado en el trópico con altos niveles de precipitación. Esta situación se traduce en pérdidas de productividad de los suelos que, a su vez, implican pérdidas constantes de ingreso y bienestar de la población rural.

En este sentido es importante resaltar que los usos insostenibles no solo tienen impactos ambientales sino económicos y sociales. En otras palabras, el deterioro de los recursos naturales, como el suelo, se traduce irremediablemente en pérdida de ingresos. De ahí la importancia de valorar económicamente las externalidades negativas asociadas al uso conflictivo de los suelos y a las prácticas no sostenibles en los sistemas agropecuarios.

Alviar (2004), usando el modelo EPIC<sup>1</sup>, estimó para la cuenca hidrográfica de Rionegro en el oriente antioqueño, los niveles de erosión generados por diferentes usos del suelo como bosques, pastos y agricultura tradicional. El Cuadro 3 muestra los resultados generales de las simulaciones desarrolladas usando el EPIC. Allí se puede ver claramente que la agricultura tradicional, es decir, el cultivo limpio en pendientes mayores al 12% genera niveles

de erosión alto. Usando el cultivo del maíz como representativo de esta zona particular, se observa que a mayor pendiente mayor el nivel de erosión. Vale decir que en la zona andina no es sorprendente encontrar cultivos de maíz en pendientes mayores de 50%. Asimismo, en la medida en que el suelo tiene mayor cobertura vegetal como en el caso del pasto y el bosque los niveles de erosión se acercan a cero, en particular cuando hay cobertura boscosa.

**Cuadro 3.**  
**Resultados de la simulación en EPIC para un horizonte de 100 años (promedios)**

Land Use	A. Slope length 10m		
	40% Slope	30% Slope	20% Slope
Natural Forest			
Soil Erosion (tons/ha)	8.72	4.27	1.64
Runoff (mm)	286.85	258.96	219.26
Soil Organic Carbon (kg/ha)	263.34	270.25	275.64
Biomass (tons/ha)	212.21	236.18	237.28
Shifting Cultivation			
Corn			
Soil Erosion (tons/ha)	196.56	155.87	101.33
Runoff (mm)	540.00	510.09	471.51
Soil Organic Carbon (kg/ha)	135.92	151.29	170.08
Yield (tons/ha)	0.77	1.00	1.15
Pasture and Secondary Forest			
Soil Erosion (tons/ha)	24.28	13.55	6.23
Runoff (mm)	571.73	542.38	503.35
Soil Organic Carbon (kg/ha)	128.58	146.01	166.52
Pasture Yield (tons/ha)	1.63	1.72	1.82
Sec.Forest Biomass (tons/ha)	28.15	28.18	28.07
Agroforestry			
Soil Erosion (tons/ha)	31.29	20.35	9.14
Runoff (mm)	410.83	373.37	324.29
Soil Organic Carbon (kg/ha)	90.56	110.73	136.14
Corn Yield (tons/ha)	0.80	1.12	1.35
Biomass (tons/ha)	261.36	270.78	276.19

Fuente: Doctoral Dissertation, Alviar (2004)

<sup>1</sup> EPIC es un programa de computador diseñado para medir la erosión de los suelos usando tres componentes esenciales: calidad de los suelos, usos del suelo y variables climáticas.

Desde el punto de vista del uso del suelo, lo que revelan las estimaciones es la aplicación del principio según el cual a la tierra hay que darle el uso para el cual ella sea más adecuada y que mayores beneficios produzca a las generaciones presentes y futuras. Una aproximación intuitiva a este principio plantea la posibilidad de que si el bosque genera el menor impacto en términos de erosión y si además de esto, produce otros bienes y servicios ambientales como regulación de caudales y hábitat para la biodiversidad, entre otros, entonces la sociedad estaría mejor conservando sus bosques porque estos generarían mayor bienestar que la agricultura tradicional. Es decir, en una función de utilidad social, el valor presente de los beneficios netos se debería maximizar al contabilizar los beneficios de cada una de las actividades que se quiere comparar incluyendo el costo de los daños asociados a los diferentes niveles de erosión.

Un aspecto en el que vale la pena insistir es el de la relación entre concentración de la propiedad y usos conflictivos del suelo. Una estructura de la propiedad de la tierra en la cual predominan las grandes extensiones en pocas manos estimula o mejor promueve la proliferación de los minifundios en muy poca cantidad de hectáreas y muchas veces ubicados en zonas de altas pendientes y pocas posibilidades de acceder a los adelantos científicos que posibilitarían prácticas sostenibles.

Una vez se estiman los parámetros físicos de la erosión, en toneladas por hectárea,

para cada uso del suelo, es posible y deseable predecir cual es la asignación óptima del terreno teniendo en cuenta los ingresos netos que genera cada actividad (agricultura tradicional sujeto a una serie de restricciones que van desde la oferta laboral pasando por restricciones de erosión, escorrentías y tierra disponible. En el anexo<sup>2</sup> se presenta el modelo que se utilizó para optimizar el uso del suelo, dada una función objetivo y una serie de restricciones (Alviar, 2004).

Los resultados del modelo de optimización señalan que a menores niveles de erosión deseada, el uso más recomendado del suelo es el de bosque, bien sea plantado o natural. El resultado parece obvio, pero es consistente y significativo al señalar que toda el área en una pendiente particular, por ejemplo, 40%, debe estar cubierta de bosque para proteger la productividad del suelo. El Cuadro 4 muestra los resultados relevantes del modelo de optimización lineal. Asimismo, si la sociedad es más tolerante a la erosión esto quiere decir que está dispuesta a sacrificar calidad de suelos y por esa vía se permitirían cultivos limpios, empezando por las zonas menos pendientes hasta las más pendientes dependiendo del nivel de tolerancia y la tasa de descuento social.

El modelo se estimó con varios niveles de tolerancia a la erosión y tres tipos de tasas de descuento que representan diferentes valoraciones que la sociedad hace sobre el presente y el futuro.

---

<sup>2</sup> Este anexo, se toma de la tesis doctoral: Environmental Effects of Land Use: A Case Study in Colombia



**Cuadro 4.**

**Principales resultados del proceso de Optimización**

Code	Activities	* E<=12			E<=24			E<=36			E<=48			
		**	6%	15%	25%	6%	15%	25%	6%	15%	25%	6%	15%	25%
<b>Slope 20%</b>														
Sc2	Shifting Cultivation													
Af2	Agroforestry	9,506	9,506	9,506										
Fn2	Natural Forest													
sa220	Conversion after 20 years				9,506	9,506	9,506	9,506	9,506	9,506	9,506	9,506	9,506	9,506
sa240	Conversion after 40 years													
sa260	Conversion after 60 years													
<b>Slope 30%</b>														
Sc3	Shifting Cultivation													
Af3	Agroforestry	5,648	5,648	7,116	4,972	9,611	9,611	2,083	16,622	16,622	2,083	16,622	16,622	
Fn3	Natural Forest	6,466	6,466	8,018										
sa320	Conversion after 20 years	4,662	4,662	1,643	11,804	7,165	7,165	14,693	154	154	14,693	154	154	
sa340	Conversion after 40 years													
sa360	Conversion after 60 years													
<b>Slope 40%</b>														
Sc4	Shifting Cultivation													
Af4	Agroforestry				11,650	7,010	7,010	14,539			14,539			
Fn4	Natural Forest	14,539	14,539	14,539	2,889	2,267	2,267							
sa420	Conversion after 20 years					1,934	1,934		14,539	14,539		14,539	14,539	
sa440	Conversion after 40 years													
sa460	Conversion after 60 years					3,328	3,328							
<b>Objective</b>		<b>581,577</b>	<b>226,573</b>	<b>135,054</b>	<b>959,154</b>	<b>350,604</b>	<b>204,704</b>	<b>1,015,385</b>	<b>365,788</b>	<b>212,708</b>	<b>1,015,385</b>	<b>365,788</b>	<b>212,708</b>	
<b>Function \$US (1000)</b>														

Fuente: Doctoral Dissertation, Alviar 2004.

\* E: Representa los niveles de tolerancia a la erosión

\*\* Representa diferentes niveles de tasas de interés

#### IV. Conclusiones

La concentración de la propiedad y el uso conflictivo de los suelos, son obstáculos para el desarrollo rural, la competitividad y la dinámica del sector de recursos naturales. En este sentido, con un coeficiente de Gini de 0.81 no se puede esperar un desarrollo acelerado del campo y mucho menos lograr una inserción exitosa en el mercado mundial.

La Ley Forestal, aun en espera de la sanción presidencial, y el recién firmado TLC, deben verse como una oportunidad, en vez de una amenaza. La protección de los recursos naturales no se refiere necesariamente a su no uso sino a la manera adecuada para explotarlos racional y sosteniblemente.

En el contexto actual de libre comercio y en las actuales circunstancias de Colombia, el sector de recursos naturales con su potencial tiene que desarrollarse con una visión moderna, creativa e innovadora buscando y logrando ventajas comparativas y competitivas que le da su situación privilegiada en biodiversidad, geografía y régimen de lluvias. El país debe involucrarse en el desarrollo de su capital natural pero sobre la base de generación de valor agregado y de conocimientos.

Es claro que mientras Colombia no aplique el principio según el cual a la tierra hay que darle el uso para el cual sea más adecuada, no va a ser fácil lograr los objetivos de la sostenibilidad y reducción de la pobreza.

#### Referencias

- ALVIAR R. Mauricio (2004). Environmental and Economic effects of Land Use. A case study in Colombia. *Doctoral Dissertation*. Oklahoma State University.
- ALVIAR R. Jairo (1983). Uso racional del suelo en Antioquia. *Tesis de grado*. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.
- DEININGER K. (2004). Colombia: una política de tierras en transición. World Bank. Documento CEDE. No. 20, Agosto.
- HEATH, J. and HANS P. Binswanger (1998). "Policy-Induced Effects of Natural Resource Degradation: The Case of Colombia". In: Lutz, E. (ed.). *Agriculture and the Environment: Perspectives on Sustainable Rural Development*. A World Bank Symposium. Washington D.C.: The World Bank.
- LAL, R. (1995). Sustainable Management of Soil Resources in the Humid Tropics. Tokyo. United Nations University Press.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA (1999). Anuario Estadístico Agropecuario.
- PARKS, P. (1995). Explaining "Irrational" Land Use: Risk Aversion and Marginal Agricultural Land. *Journal of Environmental Economics and Management*. 28, páginas, 34-47.
- ROSAS V., Gabriel. (2005). "Reforma Agraria: no más dilaciones". *Economía Colombiana*. No. 309. Junio-Julio, Bogotá.

## Anexo

### The Model

From the perspective of the social planner, it is relevant to optimally allocate land among the uses so as to obtain the highest net present value of income for the watershed area. In order to provide the social planner with a tool to design of soil conservation policies, a linear programming model was developed. Farmers are assumed to maximize net income derived from different land management activities and society is assumed to maximize net social benefits. The model captures both objectives though not necessarily at the same time by including two constraints that are associated with on-site and off-site environmental effects of erosion and runoff, in addition to land and labor constraints. The form of the model used

to estimate agricultural income with constraints on erosion and runoff uses the constraints on the left. The form of the model used to estimate the value of electricity, carbon sequestration and agricultural income uses the erosion and runoff constraints on the right.

(2) Max

$$z = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^6 \sum_{t=1}^{100} \frac{C_{ijt} x_{ijt}}{(1+r)^t} + \sum_{t=1}^{100} \frac{E_t}{(1+r)^t}$$

Subject to:

(3) Land Use

$$\sum_{j=1}^6 x_{ij} = H_i \quad i = 1, 2, 3$$

(4) Erosion

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^6 s_{ijt} x_{ijt} \leq S_t \quad t = 1, \dots, 100 \quad \text{or} \quad \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^6 sv_t + E_t \leq 180 \text{ Mm}^3 \quad t = 1, \dots, 100$$

(5) Runoff

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^6 q_{ijt} x_{ijt} \geq Q_t \quad t = 1, \dots, 100 \quad \text{or} \quad \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^6 -q_{ijt} x_{ijt} + E_t \leq 0 \quad t = 1, \dots, 100$$

(6) Total labor

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^6 l_{ijt} x_{ijt} \leq L_t \quad t = 1, \dots, 100$$

(7) Planting labor

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^6 pl_{ijt} x_{ijt} \leq PL_t \quad t = 1, \dots, 100$$

(8) Harvesting labor

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^6 hl_{ijt} x_{ijt} \leq HL_t \quad t = 1, \dots, 100$$

(9)  $x_{ij} \geq 0 \quad i=1,2,3; \quad j=1,\dots,6 \quad t=1,\dots,100$

where  $c_{ijt}$  is the average gross margin obtained from the activities;  $\bar{x}$  is the net discounted revenue;  $E$  is the value of electricity generate from 1 cubic meter of water;  $sv$  represent the amount of sediment delivered to the reservoir.  $180 Mm^3$  is the useful volume of the reservoir.  $H$  represent the number of hectares in each soil type;  $x$  are the decision variables representing the number of hectares of soil type  $i$  under land use management  $j$  ( $i = 1, 2, 3; j = 1, \dots, 6$ ).

Soil type 1 = Slope 20%

Soil type 2 = Slope 30%

Soil type 3 = Slope 40%

Land use 1 = Natural Forest

Land use 2 = Agroforestry

Land use 3 = Shifting cultivation

Land use 4 = Conversion from shifting cultivation to agroforestry beginning after year 20

Land use 5 = Conversion from shifting cultivation to agroforestry beginning after year 40

Land use 6 = Conversion from shifting cultivation to agroforestry beginning after year 60

Electricity = Generation of hydropower from runoff. It depends on the reservoir capacity and sediment.

The following table shows a list of the eighteen activities considered as decision variables with the corresponding codes that were used to run the model.

### Rionegro watershed. Activities in the LP model

Code	Activities	Slope
Sc2	Shifting Cultivation	20%
Af2	Agroforestry	20%
Fn2	Natural Forest	20%
Sc3	Shifting Cultivation	30%
Af3	Agroforestry	30%
Fn3	Natural Forest	30%
Sc4	Shifting Cultivation	40%
Af4	Agroforestry	40%
Fn4	Natural Forest	40%
sa220	Conversion after 20 years	20%
sa320	Conversion after 20 years	30%
sa420	Conversion after 20 years	40%
sa240	Conversion after 40 years	20%
sa340	Conversion after 40 years	30%
sa440	Conversion after 40 years	40%
sa260	Conversion after 60 years	20%
sa360	Conversion after 60 years	30%
sa460	Conversion after 60 years	40%
Elec	Generation of electricity every year	

Fuente: Doctoral Dissertation, Aliviari (2004)