

Incidencia del desarrollo socioeconómico en la perennidad del páramo

Effect of socioeconomic development in the sustainability of the páramo

Recibido para evaluación: 29 de Julio de 2010
Aceptación: 30 de Marzo de 2011
Recibido versión final: 13 de Abril de 2011

Jorge Andrés Polanco López de Mesa¹

RESUMEN

La globalización compromete al desarrollo socioeconómico con un modo de producción, en el cual la conciencia ambiental y solidaria de las comunidades locales es escasa. Este texto propone analizar el impacto de este desarrollo sobre el Sistema de Páramos Alto- Andinos de Antioquia, con el ánimo de estimar el efecto de la puesta en funcionamiento del túnel de Occidente en la calidad de vida de la población y en este ecosistema estratégico. Se adopta un método espacial multiobjetivo para representar la relación entre desarrollo y medio ambiente, teniendo en cuenta la frontera agropecuaria, las necesidades básicas insatisfechas de la población y la fuerza centrípeta de Medellín. Se observa que esta frontera avanza especialmente en los municipios más “ricos” y cercanos a la ciudad. La frontera se despliega aún más hacia el páramo en aquellos municipios beneficiados con la nueva obra de infraestructura, en la medida en que se “enriquecen” por su acercamiento a Medellín.

Palabras clave: Globalización, Desarrollo, Medio Ambiente, Infraestructura vial, Andes colombianos.

ABSTRACT

Globalization compromises local communities in their ways to socioeconomic development triggering forms of interaction that are mainly determined by productivism and seldom promoting solidarity and environmental awareness. In this text, the impact of developmental practices in the High-Andean Páramo System of the Antioquia Department are analysed, in order to estimate the effect of the tunnel of Occidente and associated road infrastructure on welfare and the status of the strategic páramo ecosystem. Multicriteria spatial analysis is adopted to represent the interactions between the environment and development taking into consideration the mobility of crops' border, unsatisfied basic needs and the centripetal force of Medellín. Results indicate that the agricultural border advances significantly for the wealthiest municipalities which are also the closest to Medellín. The Paramo System is more prone to experience advance of the border in municipalities benefited by the new road infrastructure because they “get richer” as they get closer to Medellín.

Key words: Globalization, Development, Environment, Road infrastructure, Colombian Andes

1. Doctor en Socioeconomía del desarrollo
Profesor del departamento de economía de la Universidad de Antioquia

Clasificación JEL del artículo:
Q 560 (Environment and Development)

Este trabajo corresponde a un aparte de la tesis doctoral del autor, titulada “L’Etat décentralisé à l’épreuve de la gouvernance. Développement économique, protection de l’environnement et incertitude dans un territoire émergent”. La tesis fue defendida en octubre de 2007 en la Escuela de Altos Estudios en Ciencias Sociales de París. Para la realización de este artículo se incorporaron nuevos trabajos relacionados con el tema.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo socioeconómico de la zona asociada al Sistema de Páramos Alto- Andinos de Antioquia (SPANA) está basado en una actividad agropecuaria practicada por pequeños productores para el consumo local y el aprovisionamiento de alimentos a la ciudad de Medellín (Figura 1). Se trata de una economía monocéntrica, ya que esta ciudad es un centro manufacturero y de servicios, alrededor del cual los municipios rurales del Norte se desarrollan.

Este desarrollo se basa en una producción agropecuaria principalmente lechera, aunque también existen criaderos de cerdos y de truchas a menor escala (Ramírez, 2009). El modelo productivo dominante de esta zona no es del tipo "Sistemas productivos locales" (Pecqueur, 2000; Garofoli, 2007; Vázquez Barquero, 2007). Más bien está dentro de una tendencia de reconversión productiva en la cual la Cooperativa Lechera de Antioquia impone sus condiciones a los ganaderos bovinos, y en la cual las entidades territoriales (municipios y departamento de Antioquia) manifiestan dificultades de regulación (Loteró y Hernández, 2002).

Dicho desarrollo se adapta mal a las características del SPANA y depende del nivel de equipamiento vial. Por un lado, las actividades agropecuarias intensivas degradan el suelo y deforestan las cuencas de los ríos Chico y Grande en el Norte, y el turismo de sol cambia la estructura de la economía del valle medio del río Cauca, modificando de paso los usos del suelo en el Occidente (Loteró y Cardona, 2010).

Especialmente en el Norte, las actividades agropecuarias causan un conflicto de usos del suelo, que parece sensible a la globalización económica. Es decir que el uso intensivo del suelo podría derivarse de una lógica agroindustrial caracterizada por rendimientos crecientes mal distribuidos y por una fuerte competencia del mercado de la leche. Al mismo tiempo, esta lógica agroindustrial comprometería a los pequeños productores en un modo de producción tal que explicaría la inexistencia observada de conciencia ambiental y de relaciones de solidaridad.

Por otro lado, el desarrollo depende del nivel de equipamiento vial y, en este caso, de la puesta en funcionamiento del túnel de Occidente, puesto que esta infraestructura acerca los municipios beneficiados a Medellín y modifica los costos de transporte de mercancías. Vista desde el modelo clásico de von Thünen, según Fujita *et al* (1999), esta relación entre desarrollo e infraestructura vial se estudia aquí, considerando esencialmente la renta de la tierra agrícola y la distancia de ésta a la ciudad (Polanco, 2007 y 2009).

De acuerdo a este modelo, la renta de la tierra es igual al ingreso agropecuario menos el costo de producción. Ya que este ingreso disminuye y el costo de producción aumenta en la medida en que la tierra está ubicada más lejos de la ciudad; su renta también tiene una tendencia decreciente. Es decir que la tierra agrícola ubicada a proximidad de la ciudad es más rentable, suponiendo que la fertilidad de la tierra es constante en la zona agropecuaria. A partir de estas premisas y de los estudios de Sánchez y Núñez (1999) y de Schuschny y Gallopin (2004), se formulan varias hipótesis que buscan relacionar las actividades agropecuarias con las especificidades del SPANA.

En efecto, puede ser deseable para un campesino estar cerca de Medellín para incrementar sus ingresos agropecuarios. En el caso en el cual el incremento de ingresos necesite del aumento de la superficie en pastos, la presión de la cría bovina sobre las coberturas forestales paramunas aumenta. Es entonces posible, por un lado, que la producción agropecuaria realizada cerca de Medellín se despliegue de manera creciente hacia las coberturas forestales del SPANA y, por el otro, que las tierras ubicadas cerca de Medellín creen más riqueza, en términos de ingresos, que aquellas ubicadas más lejos de la ciudad.

El mejoramiento de la calidad de vida de la población, satisfaciendo sus necesidades básicas con los ingresos de la producción de leche, parece asegurarse en detrimento del medio ambiente, es decir, poniendo en peligro la perennidad del bosque del ecosistema estratégico estudiado: se satisfacen las necesidades básicas a costa de la perennidad de dicho recurso natural renovable.

Este texto se propone estudiar este problema de desarrollo, con el ánimo de discutir el efecto del túnel de Occidente sobre la relación entre la calidad de vida de la población y el medio ambiente del SPANA. Para este efecto, se presentan primero las especificidades socioeconómicas y ambientales del SPANA por medio de criterios construidos sobre la base de indicadores, para luego estudiar

empíricamente dicha relación. Este estudio parte de una base de datos caracterizada por una tabla de tipo variable- individuo, donde las filas (individuos) son los municipios relacionados con el SPANA y las columnas (variables) son los criterios que determinan sus especificidades.

Con el análisis de la base de datos se pretende resaltar el problema mencionado, teniendo en cuenta las correlaciones entre criterios, vistas por medio de dos métodos estadísticos complementarios. Por otra parte, con este estudio se busca agrupar y jerarquizar los municipios por medio de un análisis espacial multiobjetivo, según los trabajos de Thill *et al.* (1999), de Malczewsky (1999 y 2006) y de Eastman *et al.* (1998). Este análisis se realiza para saber dónde y cuándo se manifiesta el conflicto entre desarrollo y medio ambiente. Finalmente, se discuten los resultados por medio de un mapa, gracias a la dimensión espacio- temporal del problema.

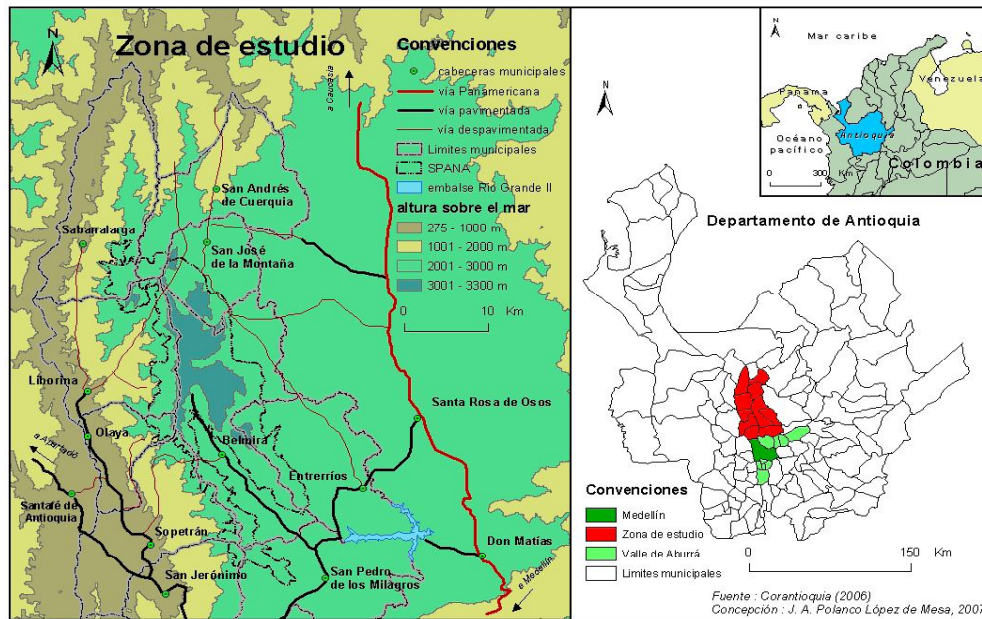


Figura 1. Sistema de Páramos Alto-Andinos de Antioquia (SPANA)

2. DATOS Y MÉTODO

Teniendo en cuenta las hipótesis formuladas sobre la base del modelo de Fujita *et al.* (1999), los grupos de criterios propuestos para analizar el desarrollo socioeconómico son la “dinámica del bosque”, la “demografía” y el “impacto de la fuerza centrípeta” de Medellín sobre los municipios agropecuarios (Tabla 1). Los criterios de “dinámica del bosque” son estudiados entre 1989 y 2003 por medio de la teledetección de imágenes Landsat, mientras que los de “demografía” provienen de los censos oficiales de población de 1993 y 2005. Estos dos grupos de criterios representan la frontera agropecuaria.

Se piensa igualmente que la dinámica de la frontera agropecuaria se explicaría por el impacto de la fuerza centrípeta de Medellín: la frontera agropecuaria avanzaría aún más hacia el bosque si la tierra es rentable, es decir cerca a dicha ciudad. Estos grupos de criterios se conforman considerando la correlación de los mismos en el plano factorial principal (análisis en componentes principales) y en el árbol jerárquico (clasificación de Ward). Gracias a los criterios correlacionados, se procede a agrupar y jerarquizar los municipios por medio de un análisis espacial multiobjetivo. En esta sección del documento, se justifica la selección de los criterios y se presenta el método multiobjetivo.

Tabla 1. Criterios de análisis

Municipios	DEF 89-03 (has)	ILD 89-03	POB 1993 (hab)	POB 2005 (hab)	DP 1993 (hab/ km ²)	DP 2005 (hab/ km ²)	TCPR 85-93 (%)	TCPR 93-05 (%)	NBI 1993 (%)	NBI 2005 (%)	No Túnel (horas)	Túnel (horas)
Sabanalarga	202	0.12	7403	8136	27.9	30.7	1.1	-1.7	62.6	60.3	3.6	2.7
Liborina	577	0.13	9532	9370	43.9	43.2	-0.1	-1.3	41.5	35.2	2.7	1.8
Olaya	195	0.24	2516	2906	28.0	32.3	-2.5	1.2	51.7	40.6	2.5	1.6
Sopetrán	216	0.19	10981	13352	49.2	59.9	-0.5	-0.6	41.5	33.7	2.0	1.1
San Jerónimo	61	0.16	9655	11603	62.3	74.9	0.5	-0.2	39.7	34.4	1.7	0.8
San Andrés de Cuervo	160	0.19	8188	7059	46.3	39.9	1.1	-3.8	54.9	37.2	2.9	2.9
San José de la Montaña	460	0.13	3029	3077	23.9	24.2	6.2	-0.9	30.2	21.5	2.7	2.7
Belmira	2238	0.13	5114	6196	17.3	20.9	-0.6	0.5	35.1	29.0	1.6	1.6
Entreríos	361	0.11	6466	8452	29.5	38.6	2.9	-0.3	23.4	15.3	1.5	1.5
San Pedro de los Milagros	385	0.29	16254	22100	71.0	96.5	3.7	-0.7	30.6	18.8	1.1	1.1

Convenciones:

DEF 89-03: Deforestación entre 1989 y 2003

ILD 89-03: Índice local de deforestación entre 1989 y 2003

POB 1993 y 2005: Población municipal total

DEP 1993 y 2005: Densidad de población municipal total

TCPR 85-93 y 93-05: Tasa de crecimiento de la población rural entre censos poblacionales

No túnel: distancia en horas de recorrido entre las cabeceras municipales y la ciudad de Medellín, sin considerar el túnel de Occidente

Túnel: distancia en horas de recorrido entre las cabeceras municipales y la ciudad de Medellín, considerando el túnel de Occidente

Fuente: elaborado por el autor a partir de información satelital y de información del DANE

2.1 La frontera agropecuaria

La *deforestación* es el criterio considerado para estudiar la dinámica del bosque. La *población*, la *densidad de población* y la *tasa de crecimiento de la población rural* son los que se consideran para representar la demografía municipal. Los criterios *población* y *densidad de población* están referenciados a los censos de población mencionados arriba, mientras que el criterio *tasa de crecimiento de la población rural* se refiere a los períodos entre los censos de 1985, 1993 y 2005.

La escogencia de estos criterios se inspira del trabajo del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales colombiano (IDEAM, 1998) sobre la “presión de la población sobre el bosque”. Esta presión es medida a escala municipal y se obtiene de la correlación entre la densidad de población, el porcentaje de superficie en bosque y la tasa de crecimiento de la población rural. Se ha adaptado esta “presión de la población sobre el bosque” sin tener en cuenta el porcentaje de superficie de bosque en todo el municipio, pero considerando ya sea la *deforestación* o el *índice local de deforestación* en el espacio municipal relacionado con el SPANA. Este índice se obtiene relacionando las superficies en *deforestación* de un municipio dentro del SPANA, con la superficie total de dicho municipio dentro del mismo Sistema. Por tanto, este índice es adimensional y se construye buscando reducir el efecto de tamaño de los municipios.

2.2 El impacto de la fuerza centrípeta de Medellín

Los criterios que describen el impacto de la fuerza centrípeta ejercida por Medellín sobre los diez municipios rurales son la *distancia* y la *pobreza*. El criterio de *distancia* está determinado por las horas de viaje entre las cabeceras municipales de los municipios rurales y la ciudad de Medellín, mientras que el de la *pobreza* está definido por el indicador sintético de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI). La escogencia de estos dos criterios se inspira en trabajos de espacialización de la pobreza (Schuschny y Gallopín, 2004) y de ingresos de hogares (Sanchez y Nuñez, 1999).

Vista en una economía monocéntrica, la relación entre los diez municipios agropecuarios del SPANA y Medellín (centro manufacturero y de servicios) está influenciada por una fuerza centrípeta que se manifiesta por la renta de la tierra agrícola: en la medida en que la tierra está más lejos de Medellín, su renta es más baja. En esta lectura del modelo clásico de von Thünen, Fujita *et al*/ (1999) atribuyen la disminución de la renta al transporte de mercancías. De este hecho, se adopta la *distancia* como criterio para estimar el efecto del transporte, y la *pobreza* para estimar el efecto de la pérdida de ingresos. El impacto de la fuerza centrípeta puede ser entonces un indicador de la relación

socioeconómica entre los municipios rurales y la ciudad de Medellín, en términos del desenvolvimiento de las actividades agropecuarias.

El inconveniente de esta última simplificación es que el NBI es más un instrumento de caracterización que de medida de la pobreza (Feres y Mancero, 2001): no mide los ingresos de los hogares. Sin embargo, este indicador estima directamente el nivel de satisfacción de las necesidades básicas que los hogares pueden esperar gracias al ingreso. La satisfacción de las necesidades domésticas se estima con la ayuda de un censo de los bienes y servicios disponibles, considerando un “mínimo” necesario, fijado según la generalización del estandar de vida colombiano.

La ventaja cuando se utiliza el NBI es, de una parte, la disponibilidad de la información a escala municipal, distinguiendo los habitantes al interior (población urbana) y al exterior (población rural) de la cabecera municipal y, de otra parte, la estimación de la satisfacción de cuatro necesidades básicas de los hogares: alojamiento, servicios públicos, educación y dependencia económica.

Los hogares son considerados “pobres” si al menos una de estas necesidades básicas no está satisfecha. Según este indicador, en el departamento de Antioquia, el número de habitantes “pobres” ha pasado de 1'340.000 (31%) en 1993 a 1'280.000 (22.6%) en 2005. Entre los habitantes de las cabeceras municipales del departamento, en promedio 663.000 personas (21.2%) eran “pobres” en 1993, contra 668.000 (15.4%) en 2005. En cuanto a la población que habita por fuera de las cabeceras municipales, en promedio 681.000 personas (56.3%) eran “pobres” en 1993 y 628.000 (47.1%) en 2005. Es decir que el porcentaje de población “pobre” es más importante por fuera de las cabeceras municipales y decrece entre los dos censos.

Este comportamiento del NBI está también presente en la zona de estudio, salvo dos excepciones: los municipios de San José de la Montaña y Olaya. En el caso del primero, el porcentaje de población “pobre” de los habitantes de la cabecera municipal es más elevado que el de las zonas rurales, ambos disminuyendo entre los dos censos. Es también así para el caso del segundo municipio, en lo concerniente a la relación entre el NBI urbano y rural, pero el porcentaje de población “pobre” de los habitantes de la cabecera municipal ha crecido. El gradiente definido por este indicador permite considerar un municipio como más “pobre” o más “rico” que los otros, ya sea al interior o exterior de la cabecera municipal, o de las dos.

El criterio de *distancia* está calculado en dos fases, teniendo en cuenta la duración del desplazamiento entre las cabeceras municipales y la ciudad de Medellín. Estas dos fases se diferencian por la consideración del túnel de Occidente en los cálculos de la *distancia*. Esta nueva obra está diseñada para reducir el trayecto en 20 kilómetros y permitir aumentar la velocidad de desplazamiento de 40 km/h a 60 km/h, según un informe de la Gobernación de Antioquia (2003). San Jerónimo, Sopetrán, Olaya, Liborina y Sabanalarga son los municipios del área de estudio que se benefician del túnel. La distancia en tiempo de desplazamiento está calculada en función de la distancia en kilómetros y de la velocidad reglamentaria de los trayectos.

En el primer caso, la *distancia* (T1) está calculada sin considerar el túnel. En el segundo caso, se ha calculado la *distancia* (T2) considerando el túnel: 20 kilómetros se han reducido en el trayecto, y una velocidad de 60 km/h se ha adoptado para el trayecto entre Medellín y San Jerónimo. La reducción del tiempo de desplazamiento es de una hora en promedio, teniendo en cuenta el túnel. El gradiente definido por este criterio permite estimar los municipios más o menos alejados de Medellín, antes y después de la puesta en funcionamiento del túnel de Occidente en enero de 2006.

2.3 Análisis espacial multiobjetivo

El problema de desarrollo y medio ambiente se define por dos proposiciones opuestas que son determinadas por la correlación de los criterios evocados y que tienen una dimensión espacio-temporal. Los criterios son variables espaciales y contextuales que ayudan a la formación de gradientes y organizaciones espaciales, como operadores para establecer una visión de conjunto (Haining, 2003).

De una parte, gracias a los gradientes, los municipios pueden ser comparados teniendo en cuenta un criterio en particular. De otra parte, la puesta en común de varios criterios en el espacio de los municipios determina la organización espacial de éstos. La proposición de criterios mencionada arriba tiene en cuenta estos operadores, a fin de evidenciar mejor el desarrollo socioeconómico. La

dimensión espacial de su configuración tiene que ver con los cambios en la influencia de los criterios de un municipio a otro, es decir, con la distribución de los gradientes en el espacio geográfico de los municipios. La dimensión temporal implica el cambio de esta organización del espacio entre dos fechas o períodos dados.

La consideración de los criterios necesarios para definir dicha organización espacial depende de sus correlaciones. Estas correlaciones son estudiadas aquí con la ayuda del análisis factorial en componentes principales y de la clasificación jerárquica de Ward, según el trabajo de Lebart *et al.* (2006). Siendo complementarios, estos dos métodos permiten visualizar el comportamiento de todos los criterios simultáneamente en el plano factorial principal y en el árbol jerárquico respectivamente. Los criterios así relacionados conforman la base de datos del análisis de la organización espacial.

Se trata, en efecto, de una tabla de mapas dado que tanto las unidades de análisis (municipios) como sus atributos (criterios) están provistos de una dimensión espacial. Estos mapas conciernen el conjunto de municipios asociados al SPANA, pero en cada mapa, una sola unidad de análisis está representada por un solo criterio. Los vectores fila de la tabla representan el conjunto de criterios para un solo municipio, y los vectores columna representan la distribución espacial de un solo criterio en el conjunto de municipios.

La jerarquía de los municipios se obtiene por medio de un análisis exploratorio multidimensional de la tabla, según Lebart *et al.* (2006), y de un cruce de los mapas teniendo en cuenta la lógica de los sistemas de información geográfica. Se efectúan estas etapas acudiendo a dos lógicas de agregación sucesivas, según los trabajos de Thill *et al.* (1999), de Malczewsky (1999 y 2006) y de Eastman *et al.* (1998): una para las filas y otra para las columnas. Como resultado de agregación, las alternativas representan la organización espacial de los municipios jerarquizados. La agregación de filas se efectúa con la ayuda de una clasificación jerárquica, considerando los criterios correlacionados. Luego, aquella de las columnas se hace a través de una comparación de las medias de los grupos determinados en la primera agregación, orientándose con las hipótesis formuladas anteriormente.

Los municipios son entonces clasificados dos veces: primero considerando todos los criterios correlacionados y, después, con algunos de estos criterios agrupados entre ellos según las hipótesis y las medias grupales. Ya que los criterios son reagrupados, las alternativas obtenidas en esta segunda etapa son definidas por un número reducido de mapas.

La ventaja de esta técnica de clasificación en dos etapas es que permite establecer una visión de conjunto, gracias a la utilización de una primera función de agregación de todos los criterios correlacionados: el comportamiento de una o varias unidades espaciales puede observarse también según todos los criterios seleccionados. Existe al menos un inconveniente: en el espacio geográfico de los municipios, no pueden ser observados modos de comportamiento de criterios individualmente, puesto que las unidades espaciales han sido clasificadas con la información de todos los criterios (correlacionados) simultáneamente. Este aparte del texto se aprovechará para explicar la configuración espacio-temporal del problema, en vista de que la correlación de los criterios ya fue discutida en otro artículo (Polanco, 2009).

Se recuerda que el problema de desarrollo y medio ambiente radica en dos proposiciones opuestas disyuntivamente: mejorar la calidad de vida de la población satisfaciendo sus necesidades básicas, a expensas de la perennidad del páramo. La correlación negativa entre la "presión de la población sobre el bosque" y la *pobreza* significa que, en el estado actual de la tecnología, la calidad de vida de la población se alcanza en detrimento de aquella del ambiente: las dos no son posibles simultáneamente.

Esta constatación tiene dos dimensiones: una espacial y otra temporal. La dimensión espacial se relaciona con la distribución de los gradientes en el espacio geográfico de los municipios. La dimensión temporal implica el cambio de esta organización del espacio, entre dos períodos definidos en función de la dinámica del bosque y del censo poblacional. El primer período se refiere a la dinámica del bosque estimada entre 1989 y 1996, y al censo efectuado en 1993. El segundo período concierne la dinámica del bosque estimada entre 1989 y 2003, y el censo efectuado en 2005.

Los municipios son jerarquizados según diez combinaciones de criterios, teniendo en cuenta sus correlaciones. Estos criterios son relativos a la "dinámica del bosque", la "demografía" y el "impacto de la fuerza centrípeta" de Medellín. Cada combinación es vista como la organización espacial del

problema desarrollo y medio ambiente, según un conjunto preciso de criterios correlacionados en un período dado. Como se precisará en la sección de resultados, las cuatro primeras combinaciones determinan las organizaciones espaciales del problema para el primer período, mientras que las cuatro siguientes determinan aquellas del segundo período. Las dos últimas definen la organización espacial del problema en el caso del túnel.

Para cada organización espacial, los municipios pertenecientes a una clase están entonces caracterizados por el nivel jerárquico del valor medio de los criterios dentro de esta clase. Una configuración espacio- temporal se obtiene comparando dos organizaciones espaciales asociadas a dos períodos diferentes. Es decir que el cambio de la organización espacial es observado en el tiempo, teniendo en cuenta las tendencias al aumento o a la disminución del nivel jerárquico de las medias de los grupos. Es así como se obtiene una visión de conjunto de la jerarquía de los municipios, considerando todos los criterios seleccionados, según el cambio entre los dos períodos.

3. RESULTADOS

Se trata de discutir sobre la configuración espacio- temporal del desarrollo socioeconómico, antes (diagnóstico) y después (pronóstico) de la puesta en funcionamiento del túnel. Es decir, sobre cómo cambia la frontera agropecuaria, la población y sus necesidades básicas insatisfechas, teniendo en cuenta esta obra de infraestructura vial. A partir de las correlaciones entre criterios observadas en el árbol jerárquico y en el plano factorial principal (Tabla 2), se estudian dos tipos de comparaciones con el fin de conocer las modificaciones de la organización espacial del desarrollo socioeconómico.

Criterios de análisis		Factores	
		1	2
Deforestación (1989 – 1996)	deb1	-0.142	-0.874
Deforestación (1989 – 2003)	deb2	-0.131	-0.882
Densidad de población (1993)	dp1	0.789	0.509
Densidad de población (2005)	dp2	0.904	0.362
Gestión ambiental municipal en 2000	gem1	0.599	-0.251
Gestión ambiental municipal en 2004	gem2	0.157	0.064
Índice local de deforestación (1989 – 1996)	ild1	0.544	0.401
Índice local de deforestación (1989 – 2003)	ild2	0.628	0.350
Índice local de reforestación (1989 – 1996)	ilr1	-0.415	0.013
Índice local de reforestación (1989 – 2003)	ilr2	-0.240	0.075
Inversión municipal ambiental	ime	0.705	-0.101
Inversión pública descentralizada	ipd	0.192	-0.561
Necesidad básica total no satisfecha (1993)	nbi1	-0.574	0.640
Necesidad básica total no satisfecha (2005)	nbi2	-0.613	0.526
Necesidad básica rural no satisfecha (1993)	nbi3	-0.464	0.641
Necesidad básica rural no satisfecha (2005)	nbi4	-0.458	0.583
Población municipal total (1993)	pop1	0.766	0.328
Población municipal total (2005)	pop2	0.861	0.214
Reforestación (1989 – 1996)	reb1	-0.244	-0.851
Reforestación (1989 – 2003)	reb2	-0.229	-0.853
Distancia municipal a Medellín	t1	-0.816	0.476
Distancia municipal a Medellín (túnel)	t2	-0.711	0.198
Tasa de crecimiento de la población rural (1985 – 1993)	tcpr1	0.292	-0.076
Tasa de crecimiento de la población rural (1993 – 2005)	tcpr2	0.183	-0.527

Tabla 2. Coordenadas de los criterios en el plano factorial principal
Fuente: Polanco (2009)

La organización especial se construye combinando los criterios correlacionados, de acuerdo a las hipótesis del trabajo (Tabla 3). En el primer caso, se considera al desarrollo sin el efecto del túnel, realizando cuatro comparaciones: combinaciones 1 y 5; 2 y 6; 3 y 7; 4 y 8. En el segundo caso, se considera al desarrollo con el efecto del túnel, realizando dos comparaciones: combinaciones 5 y 9; 6 y 10. Las correlaciones mencionadas no están siempre presentes en los municipios “aislados”, por estar éstos caracterizados por criterios con valores muy alejados de la media.

Tabla 3. Construcción de la configuración del desarrollo socio-económico

Fuente: elaboración del autor

Combinación	Dinámica del bosque	Demografía	Necesidades básicas insatisfechas	Distancia a Medellín
1	ILD1	DP1 : TCPR1	NBI3	T1
2	ILR1	DP1 : TCPR1	NBI3	T1
3	DEB1	No participa	NBI1	No participa
4	REB1	No participa	NBI1	No participa
5	ILD2	DP2 : TCPR2	NBI4	T1
6	ILR2	DP2 : TCPR2	NBI4	T1
7	DEB2	No participa	NBI2	No participa
8	REB2	No participa	NBI2	No participa
9	ILD2	DP2 : TCPR2	NBI4	T2
10	ILR2	DP2 : TCPR2	NBI4	T2

Convención:

DEB1 :	Deforestación (1989 – 1996)
DEB2 :	Deforestación (1989 – 2003)
DP1 :	Densidad de población (1993)
DP2 :	Densidad de población (2005)
ILD1 :	Índice local de deforestación (1989 – 1996)
ILD2 :	Índice local de deforestación (1989 – 2003)
ILR1 :	Índice local de reforestación (1989 – 1996)
ILR2 :	Índice local de reforestación (1989 – 2003)
NBI1 :	Necesidades básicas insatisfechas totales (1993)
NBI2 :	Necesidades básicas insatisfechas totales (2005)
NBI3 :	Necesidades básicas insatisfechas rurales (1993)
NBI4 :	Necesidades básicas insatisfechas rurales (2005)
POP1 :	Población municipal total (1993)
POP2 :	Población municipal total (2005)
REB1 :	Reforestación (1989 – 1996)
REB2 :	Reforestación (1989 – 2003)
T1 :	Distancia municipal a Medellín
T2 :	Distancia municipal a Medellín (túnel)
TCPR1 :	Tasa de crecimiento de la población rural (1985 – 1993)
TCPR2 :	Tasa de crecimiento de la población rural (1993 – 2005)
No participa:	El criterio no participa en la combinación, ya que no está correlacionado con los demás en el plano factorial principal y en el árbol jerárquico (Polanco, 2009)

Así pues, el diagnóstico (primer caso) consiste en el análisis del impacto del desarrollo sin la influencia del túnel de Occidente. Este impacto ha sido estudiado por medio de su configuración espacio- temporal en el espacio geográfico de los municipios. Por su parte, esta configuración ha sido analizada teniendo en cuenta el cambio de organización espacial del desarrollo entre los dos periodos de estudio.

En cuanto al pronóstico (segundo caso), se trata de analizar la configuración espacio- temporal del desarrollo, teniendo en cuenta el acercamiento (en tiempo de recorrido) de las cabeceras municipales a la ciudad de Medellín, debido al túnel de Occidente. Se quiere “prever” el cambio de configuración inducido por dicho túnel. El análisis del desarrollo socioeconómico existente antes de su puesta en funcionamiento ayuda entonces a establecer unos antecedentes, como referente de discusión del efecto de esta obra de infraestructura vial.

3.1 Impacto ambiental del desarrollo socioeconómico

Se ha estimado el impacto ambiental del desarrollo socioeconómico, teniendo en cuenta especialmente la “dinámica del bosque” y asociándola al fenómeno de expansión de la frontera agropecuaria. Los criterios *índice local de deforestación* y *deforestación* reflejan el impacto, pues ellos indican la pérdida de cobertura forestal. Este impacto se entiende como una fuerza “contra” el SPANA, en la medida en que pone en duda la perennidad del páramo. La desaparición de la cobertura forestal es una consecuencia de la cría bovina como modo de producción agropecuario dominante: los pastos se desplazan hacia los espacios forestales.

Esta relación entre la actividad económica y la “dinámica del bosque” es sensible al efecto de aglomeración con relación a Medellín (fuerza centrípeta) y al efecto de tamaño de los municipios rurales; también al efecto de aglomeración, porque tiene que ver con los criterios de *pobreza* y *distancia*; y al efecto de tamaño, porque depende del criterio “dinámica del bosque” considerado (por ejemplo *índice local de deforestación*). Por esta razón, el impacto ambiental del desarrollo socioeconómico, debido a las actividades agropecuarias, se analiza separadamente con relación a cada efecto.

Si consideramos el efecto de tamaño, la fuerza “contra” el SPANA se intensifica en los municipios de gran tamaño, que son también aquellos situados en la zona de producción lechera¹. Esta intensificación de la fuerza puede ser explicada por el “enriquecimiento” de la población rural: el nivel jerárquico de la media del criterio *pobreza* disminuye. Si consideramos el efecto de aglomeración, la fuerza “contra” el SPANA se intensifica en los municipios más “ricos” y más próximos de Medellín. Teniendo en cuenta los dos puntos de vista, la fuerza “contra” el SPANA se intensifica de forma considerable en los municipios de la zona de producción lechera, donde la producción diaria media anual de leche entre 2004 y 2005, por ejemplo, es en promedio veinte veces más elevada que en la zona de plantaciones (207.338 litros/día: Gobernación de Antioquia, 2004 y 2005).

Esta producción diaria se concentra concretamente en el municipio de San Pedro de los Milagros, que es también el centro de comercialización y de transformación de la leche, gracias a la planta de la Cooperativa Lechera de Antioquia. Ahora bien, este impacto local del desarrollo puede ser modificado en el caso del túnel, dada la disminución en el tiempo de recorrido de algunas cabeceras municipales a Medellín.

3.2 El efecto del túnel de Occidente

El impacto ambiental del desarrollo socioeconómico inducido por el túnel es también determinado por la correlación entre la “dinámica del bosque”, la “demografía” y el “impacto de la fuerza centripeta” de Medellín. Pero en este caso, los criterios de “dinámica del bosque” y de “demografía”, así como el criterio *pobreza* (NBI), se han supuesto constantes para el último período. Es decir que el efecto del túnel sobre el impacto ambiental del desarrollo se determina modificando el criterio *distancia* (T) y comparando las combinaciones 5 y 9 de la Tabla 3.

De esta manera, se obtiene que el nivel jerárquico de la media del criterio *distancia* (T) aumenta en los municipios donde el nivel de las medias grupales de los criterios *índice local de deforestación* (ILD), *densidad de población* (DP) y *tasa de crecimiento de la población rural* (TCPR) disminuye. Por el contrario, el nivel jerárquico de la media del criterio *distancia* (T) disminuye (o permanece siempre bajo) en los municipios donde el nivel de las medias de los criterios IPD, DP, TCTR aumenta (o permanece siempre elevado). Es decir que el impacto del túnel puede traducirse por la intensificación de la “presión de la población sobre el bosque” en los municipios próximos a Medellín, y por el debilitamiento de esta “presión” en los municipios lejanos.

En este sentido, es posible que el nivel del criterio *índice local de deforestación* disminuya (o se mantenga bajo) en los municipios donde el nivel del criterio *densidad de la población* aumente (o se mantenga siempre elevado), y donde el nivel de los criterios *pobreza* y *distancia* disminuya. Este es el caso de los municipios de Olaya, Sopetrán y San Jerónimo. Es también posible que el nivel de la “presión de la población sobre el bosque” aumente (o se mantenga siempre alto) en los municipios donde la *distancia* a Medellín disminuye (o se mantiene baja). Este es el caso de los municipios de Olaya, Sopetrán, San Jerónimo y San Pedro de los Milagros. Este último municipio se considera “aislado” debido a un nivel de la “presión de la población sobre el bosque” bastante más elevado que el de las demás entidades territoriales.

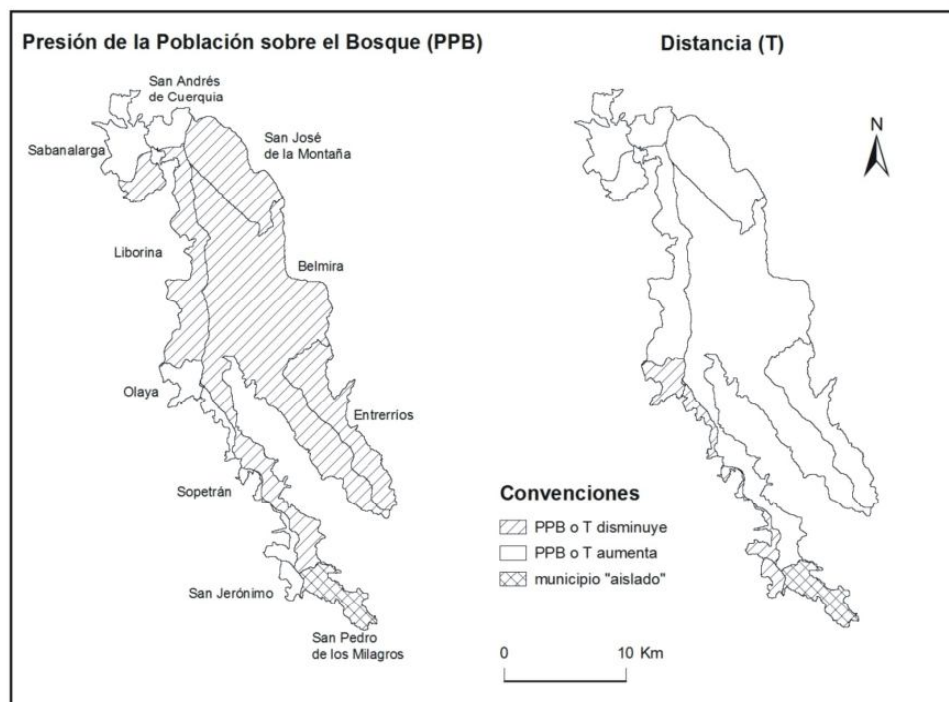
Al contrario, es posible que el nivel de la “presión de la población sobre el bosque” disminuya en los municipios donde la distancia a Medellín aumenta. Este es el caso de Liborina, San José de la Montaña, Belmira y Entrerrios. Aunque sea beneficiado por el túnel, Liborina seguirá tan alejado de Medellín como los otros tres municipios (Figura 2).

Es así como, en presencia del túnel de Occidente, puede resultar una pérdida de cobertura forestal al interior del SPANA, en la jurisdicción de los municipios que se pueblan, se enriquecen y se acercan a Medellín. A semejanza del caso de ausencia del túnel, la “presión de la población sobre el bosque” determina también, en el caso del túnel, la fuerza “contra” el SPANA: los municipios donde la “presión de la población sobre el bosque” aumenta, son también aquellos donde la fuerza “contra” el SPANA se intensifica.

1. La zona de producción lechera corresponde a los municipios cuya actividad agropecuaria dominante es la lechería, mientras que la zona de plantaciones tiene que ver con aquellos cuya actividad principal es la agricultura. En la zona de plantaciones también existe la actividad lechera, pero con un nivel de producción menor con respecto a la otra. Los municipios de la zona de producción lechera son San José de la Montaña, Belmira, Entrerrios y San Pedro de los Milagros. Aquellos de la zona de plantaciones son San Andrés de Cuerquia, Sabanalarga, Liborina, Olaya, Sopetrán y San Jerónimo.

Figura 2. Configuración espacio- temporal del desarrollo socioeconómico influenciado por el túnel de Occidente

Fuente: elaboración del autor



4. CONCLUSIÓN

El impacto local del desarrollo socioeconómico está determinado por su configuración espacio-temporal, de acuerdo a criterios que describen esencialmente la dinámica de la frontera agropecuaria, la población y sus necesidades básicas insatisfechas. La puesta en funcionamiento del túnel de Occidente produce un cambio en dicha configuración, debido básicamente al acercamiento a Medellín de algunas cabeceras municipales beneficiadas por dicha obra de infraestructura vial.

En el caso de los municipios relacionados con el Sistema de Páramos Alto- Andinos de Antioquia, el diagnóstico de dicho impacto (en ausencia del túnel) establece, por un lado, que el bosque es más "vulnerable" al desarrollo de los municipios de mayor superficie, con una población cuyas necesidades básicas insatisfechas disminuyen. Por el otro, el diagnóstico establece que estos bosques son también "vulnerables" al desarrollo de los municipios más cercanos a Medellín, con una población que mejora su calidad de vida en términos de sus necesidades básicas.

Teniendo en cuenta el túnel de Occidente, este fenómeno puede cambiar. Así como la frontera agropecuaria puede retroceder respecto al bosque en los municipios que se despueblan, aumentan sus necesidades básicas insatisfechas o se alejan de Medellín, dicha dinámica puede invertirse en aquellos municipios que se pueblan y se acercan a la ciudad. Esto quiere decir, finalmente, que los municipios beneficiados con el túnel de Occidente podrían mejorar aún más su calidad de vida, pero en detrimento de su medio ambiente, si no hay cambios tecnológicos en las actividades productivas.

Es así como las hipótesis formuladas con base en el modelo de aglomeración de Fujita *et al* (1999) son válidas, sabiendo, sin embargo, que el conocimiento sobre la calidad de vida de los pequeños ganaderos podría profundizarse disponiendo de información sobre el ingreso agropecuario y su relación con los costos de transporte de mercancías. Estos son pues los resultados de un análisis espacial multiobjetivo que exige escoger criterios que no solamente representen la realidad de campo, sino también que estén correlacionados entre ellos.

En el caso estudiado aquí, estas exigencias son satisfechas gracias a herramientas teóricas adecuadas y a procesos iterativos. El uso de este método obedece entonces, básicamente, a dos

principios: escoger criterios de análisis teniendo en cuenta su comportamiento estadístico de conjunto y conocer la realidad de campo dentro de un marco teórico flexible: la flexibilidad del marco teórico experimentado radica en su validación empírica. En esta medida, el método resultaría aplicable a otros casos de estudio, donde se quiera conocer el impacto ambiental del desarrollo socioeconómico, en su dimensión espacio-temporal.

BIBLIOGRAFÍA

- Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (Corantioquia), 2006. Cartografía digital actualizada de los usos del suelo en los planes municipales de ordenamiento territorial y de la zonificación del distrito de manejo integrado del Sistema de Páramos Altoandinos del Noroccidente Antioqueño. Información proporcionada por la Unidad de Sistemas de información geográfica, Medellín.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2005. Condiciones de vida. Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI). Disponible en: <http://www.dane.gov.co/censo/>
- Eastman, J. R.; Jiang, H.; Toledano, J., 1998. *Multi-criteria and multi-objective decision making for land allocation using GIS*. In: Beinat, E.; Nijkamp, P., Multi-criteria analysis for land use management, Kluwer Academic Publishers, Norwell, pp. 227-253
- Feres, J. C.; Mancero, X., 2001. El método de las necesidades básicas insatisfechas (NBI) y sus aplicaciones en América Latina. CEPAL Series, Estudios Estadísticos y Prospectivos, N° 7, 53 p.
- Fujita, M.; Krugman, P.; Venables, A., 1999. *The spatial economy: cities, regions and international trade*. Cambridge, The MIT Press.
- Garofoli, G.; Scot, A., 2007. *The regional question in economic development*. En Allen Scott, Gioacchino Garofoli (Ed), "Development on de ground. Clusters, networks and regions in emerging economies", Routledge, London, New York, pp. 3- 22
- Gobernación de Antioquia, 2005. Anuario estadístico del departamento de Antioquia. Departamento de planeación, Medellín.
- Gobernación de Antioquia, 2004. Anuario estadístico del departamento de Antioquia. Departamento de planeación, Medellín.
- Gobernación de Antioquia, 2003. Conexión vial Aburrá– Cauca (túnel de Occidente). Gerencia de la Conexión vial Aburrá– Cauca (diapositivas), Medellín.
- Haining, R., 2003. *Spatial Data Analysis. Theory and Practice*. Cambridge University Press, 432 p.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), 1998. Indicadores ambientales en Colombia. La presión de la población sobre los bosques. Convenio entre el Departamento Nacional de Planeación y el Centro Internacional de Agricultura Tropical. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/indicadores/index4.htm>
- Lebart, L.; Morineau, A.; Piron, M., 2006. *Statistique exploratoire et multidimensionnelle*. DUNOD, Paris, 434 p.
- Lotero, J.; Cardona, H., 2010. Recursos económicos y sistemas productivos territoriales para el departamento de Antioquia. Informe final. Expedición Antioquia 2013, Universidad de Antioquia, Medellín.
- Lotero, J. A.; Hernández, J. E., 2002. Desarrollo local y regiones rurales en Antioquia: el papel de la gestión pública en contextos de transformación productiva. *Territorios*, N° 7: 109– 138.
- Malczewski, J., 2006. A GIS-based multicriteria decision analysis: A survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 20, N° 7, pp. 703- 726
- Malczewski, J., 1999. *Spatial Multicriteria Decision Analysis*. In: Thill, J.-C., *Spatial Multicriteria Decision Making and Analysis. A Geographic Information Sciences Approach*. Ashgate, Hants



- Pecqueur, B., 2000. Le développement local. Pour une économie des territoires. Ed. Syros, 2 édition, Paris, 132 p.
- Polanco, J. A., 2009. Formulación de un análisis multiobjetivo para la toma de decisiones ambientales en Andes colombianos. Revista DYNA, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, No. 157: 49-60
- Polanco, J. A., 2007. L'Etat décentralisé à l'épreuve de la gouvernance. Protection de l'environnement, développement économique et incertitude dans un territoire émergent. Le cas du Système de Páramos Hauts-Andins d'Antioquia (Colombie). Tesis de doctorado de la EHESS, dirigida por Alain Musset, Paris, 398 p. Disponible en : <http://cyberato.pu-pm.univ-fcomte.fr/theses/lecture.php>
- Ramírez, C. H., 2009. Estructuración del plan integral de manejo del sistema de paramos y bosques altoandinos del noroccidente medio antioqueño. Corantioquia, Medellín.
- Sanchez, F. J.; Nuñez, J. M., 2000. Geography and Economic Development: a Municipal Approach for Colombia. DNP, Archivos de Macroeconomía, No. 135
- Schuschny, A. R.; Gallopín, G. C., 2004. La distribución espacial de la pobreza en relación a los sistemas ambientales en América Latina. CEPAL, Serie Medio Ambiente y Desarrollo, N° 87, p. 43.
- Thill, J. C. (ed.), 1999. Spatial Multicriteria Decision Making and Analysis. A geografic information sciences approach. Ashgate, State University of New York at Buffalo, 377 p.
- Vazquez- Barquero, A., 2007. Endogenous development: analytical and policy issues. Allen Scott, Gioacchino Garofoli (Ed), Development on the ground. Clusters, networks and regions in emerging economies, Routledge, London, New York, p 23- 43

