

# Regiones Urbanas

## *Sostenibilidad Ambiental y Servicios Ecosistémicos*

Alejandro González Valencia\*

### **Síntesis**

El funcionamiento de las ciudades y el bienestar de su población dependen del suministro de servicios ecosistémicos de áreas internas y externas a las urbes, que requieren una adecuada gestión para maximizar sus beneficios y revertir la degradación a la que en muchos casos están sometidas. A partir de ello, se presenta una metodología para la identificación de estos servicios y de los ecosistemas estratégicos que los proveen, con el objetivo de avanzar en la comprensión y solución del problema de la degradación de los recursos naturales al interior y alrededor de las ciudades de Colombia, tomando como referente la región metropolitana del Valle de Aburrá, configurada alrededor de Medellín.

### **Palabras claves**

Servicios Ecosistémicos, insustituibilidad, sostenibilidad, ecodesarrollo, biorregional, gestión urbana, capital natural, ecosistemas estratégicos, sistema hídrico, oxígeno, seguridad alimentaria, suelos, expansión urbana, impacto ambiental, Valle de Aburrá.

### **The Environmental Sustainability of the Urban Regions and the Analysis of the Ecosystem Services**

#### **Abstract**

The functioning of the cities and the welfare of its population depend on the supply of ecosystem services on internal and external areas to the cities, which need increasingly a suitable management to maximize its benefits and to reverse the degradation to which in many cases the cities are exposed. From it, one methodology is presented for the identification of these services and the strategic ecosystems that provide them, in order to advance in the comprehension and solution of the natural resources degradation problem inside and around the Colombia's cities taking as a modal the metropolitan region of Aburrá Valley, formed around Medellín.

#### **Key words**

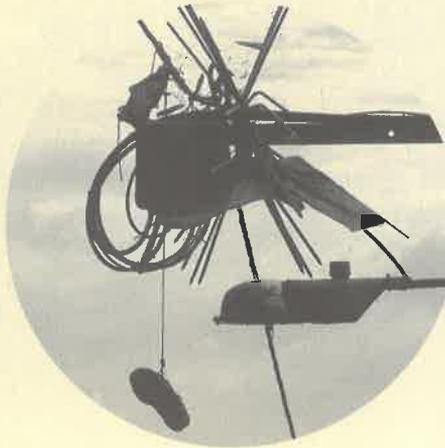
Ecosystem Services, unsubstutability, sustainability, ecodesarrollo, biorregional, urban management, natural capital, strategic ecosystems, water system, oxygen, food security, soils, urban expansion, environmental impact, Aburrá Valley.

\*Subdirector Ambiental Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA)  
alejandro.gonzalez@metropol.gov.co  
alejo.gonzalez1@gmail.com

## Introducción

La dinámica vigente en las urbes colombianas se caracteriza, entre otros aspectos, por una incesante intervención en el ambiente y una continua expansión física, jalonadas por la cultura y la preeminencia de la economía fundamentada en el mercado inmobiliario, la acumulación de capital y la consideración del medio ambiente como una mercancía.

Los impactos de las actividades en las que participan todos los días millones de personas, al interior de las regiones y ciudades, se expresan en la homogenización de los paisajes, la pérdida de la oferta de servicios y bienes ambientales de los ecosistemas existentes, cada vez más presionados, y el incremento complementario de la dependencia hacia ecosistemas externos para suplir el suministro de los servicios, sin los cuales no es posible el bienestar de la población ni el funcionamiento sostenible de los municipios.



## Metodología implementada para la identificación de servicios ecosistémicos de importancia urbana

Para fundamentar el marco teórico del presente trabajo se realizó una amplia revisión bibliográfica sobre temas como Servicios Ecosistémicos (SE), Capital Natural y Valor. Se complementó con una aproximación a la comprensión de la sostenibilidad



ambiental que incorpora diferentes nociones, desde el ecodesarrollo y el desarrollo sostenible, hasta la sostenibilidad en sí misma, en tres escalas: Global, Regional y Local.

La escala Global, signada por el paradigma del cambio climático, tiene como principal característica el proceso de globalización que propicia intercambios de bienes y servicios, con las respectivas consecuencias ambientales, y el incremento y diversificación de las formas de lucha y movilización en la sociedad. La escala Regional está marcada por el paradigma del biorregionalismo, una perspectiva avanzada del concepto de región que casi siempre ha tenido un sesgo económico; la presente mirada obliga a repensar las relaciones entre los territorios y, específicamente, entre los centros urbanos y sus áreas periféricas o abastecedoras de recursos. La escala Local, influenciada por el paradigma de la habitabilidad y la ciudad sostenible, ha contribuido a entender el fenómeno urbano y de urbanización en general, no sólo desde la perspectiva del mercado, sino desde los flujos de materia, energía e información en conexión con la calidad de vida y el bienestar de las personas.

Los conceptos de Capital Natural y Valor son imprescindibles para la comprensión y utilización de los servicios ecosistémicos. Así, es necesario entender que no es posible la sustituibilidad total del capital natural por capital construido por la sociedad, sino que se presenta una relación de complementariedad entre ellos; la sustitución sólo es realizable de manera parcial (espacial y temporalmente). Por su parte, la noción de valor no hace referencia al precio asignado por el mercado, sino a la incorporación de múltiples dimensiones que reflejan su importancia y abren el escenario para la realización de estudios desde una perspectiva más integral que no se reduce a una valoración monetaria. Se da entonces por aceptado que los esfuerzos por valorar económicamente los servicios ecosistémicos deben considerarse una herramienta válida

para la toma de decisiones políticas; sin embargo, aún es necesario afinar estos métodos y considerar el punto de vista ético para no simplificar de manera errónea la valoración de un servicio ecosistémico, limitándola a la asignación de precios en el mercado. Especialmente, es de gran utilidad internacional la aplicación de algunos elementos analíticos de *la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio* (usualmente utilizados para evaluar a escala global la sostenibilidad de grandes biomas y ecosistemas), para explorar su aplicación en los ámbitos urbanos, independientemente de la figura político administrativa que tengan: municipio, área metropolitana, asociaciones de municipios conurbados, subregiones o ciudades. La propuesta se aplicó en la identificación de los servicios ecosistémicos requeridos por la región metropolitana del Valle de Aburrá; exigió la caracterización del funcionamiento de este sistema urbano y el análisis de las implicaciones de estos aspectos en la planeación y ejecución de las políticas ambientales y territoriales requeridas para garantizar la sostenibilidad ambiental del territorio<sup>1</sup>.

En síntesis, la metodología se basa en la clasificación de los 40 Servicios Ecosistémicos (SE) (identificados a partir de la consulta de muy diversos estudios), en las categorías de: servicios de base, suministros, regulación y servicios culturales, propuestas en *la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio* (2003), ya que facilita una mejor comprensión de los beneficios recibidos. La evaluación de la dependencia de una región urbana respecto al mantenimiento y preservación de cada servicio ecosistémico se establece a partir de la relación de cada uno de éstos con los siguientes cinco parámetros determinantes de la sostenibilidad ambiental:

**Social:** Calidad y organización de la sociedad, determinantes de la forma de relacionamiento entre los individuos y las comunidades.

**Ecológica:** Condiciones naturales de los ecosistemas que determinan su funcionamiento.

**Política:** Gobernabilidad en la gestión y administración de lo público en un marco de participación y democracia.

**Habitabilidad:** Condiciones físicas del entorno habitado o construido y, en general, de los servicios urbanos.

**Económica:** Actividades productivas con capacidad de generar crecimiento económico.

Para calificar la dependencia de estos parámetros respecto a los SE, se asignan puntos en el siguiente rango: Muy Baja (1 a 5), Baja (6 a 10), Media (11 a 15), Alta (16 a 20) y Muy Alta (21 a 25).

Para identificar los servicios ecosistémicos claves para la sostenibilidad ambiental urbana, se procede a relacionar cada uno de ellos con la siguiente pregunta: ¿Qué tanto depende la región urbana específica del Servicio Ecosistémico X para garantizar la sostenibilidad ambiental en el parámetro o aspecto Y? Para responder a la pregunta, es necesario determinar si la escala del análisis es regional o local. Por ejemplo: ¿Qué tanto depende de la generación y suministro de agua la sostenibilidad social de la región urbana? Cada una de estas preguntas es evaluada de acuerdo a la siguiente escala:

5: Muy Alta. 4: Alta. 3: Media. 2: Baja. 1: Muy Baja.

La importancia de cada uno de los 40 Servicios Ecosistémicos de acuerdo a su puntaje (entre paréntesis), es la siguiente:

**Muy Alta:** Los Servicios de Suministro de Emisión de oxígeno (21); Generación y Suministro de agua (21); Regulación de la Captura de gases de efecto invernadero (21).

**Alta:** El promedio de los beneficios que se obtienen de los servicios que generan los procesos de regulación de los ecosistemas (15.9), específicamente: Capacidad del ecosistema para dar respuesta a los cambios ambientales (16); estabilización parcial del clima y



regulación de gases (16); transporte, dilución y tratamiento de contaminantes (16); mantenimiento, regulación y control de ciclos y flujos hidrológicos (17); moderación de eventos atmosféricos extremos y de sus impactos (17); detoxificación y descomposición de los residuos (18); provisión de límite y control de la expansión urbana (18) y remoción de contaminantes atmosféricos y purificación del aire (19). El promedio de los productos que se obtienen de los ecosistemas gracias a los Servicios de Suministro (17,6), específicamente la Producción de alimentos (19). Los siguientes Servicios de Base necesarios para la producción de los demás servicios de los ecosistemas: Generación, formación, preservación y retención de los suelos (16); generación, reciclado y renovación de la fertilidad del suelo (17), producción de materias primas (16) y la provisión de bellezas escénicas y estéticas (16) que corresponde a los Servicios Culturales.

**Media:** El promedio de los beneficios que se obtienen de los Servicios de Base necesarios para la producción de los demás servicios de los ecosistemas (12.08), específicamente:

Hábitat de las poblaciones residentes y transitorias (11); mantenimientos de componentes ecológicos y sistemas necesarios para suplir en el futuro bienes, servicios y posibles descubrimientos esperados (14) y hábitat para la protección y mantenimiento de la biodiversidad (15). El promedio de los beneficios que se obtienen de los Servicios Culturales que corresponden a beneficios intangibles que se consiguen de los ecosistemas (12.83), específicamente: Conservación y mantenimiento de información histórica y cultural que fundamentan el sentido de identidad y pertenencia a un lugar (11); suministro de oportunidades educativas, recreativas y ecoturísticas (13); tranquilidad, descanso (13) y valor de existencia (15). Los siguientes Servicios de Suministro: Provisión de puertos y rutas de transporte (12); provisión y preservación de recursos genéticos y materiales biológicos, moléculas bioquímicas, leña, fibras y medicinas (15). Los Servicios de Regulación: Almacenamiento y retención de agua (13); control de la erosión y retención de sedimentos (13); protección de los rayos solares ultravioletas (13); tratamiento de residuos sólidos y líquidos (14) y protección y estabilización de las líneas de canales y costas de la erosión de las olas (15).

**Muy Baja:** Los siguientes Servicios de Base: Recuperación de nutrientes móviles y remoción o descomposición de compuestos y nutrientes en exceso (7); control biológico de plagas y enfermedades (9); almacenamiento, reciclado interno, procesamiento y



adquisición de nutrientes (10); dispersión de semillas para revegetación (10); polinización de los cultivos y de la vegetación natural (10); reciclado y movimiento de nutrientes (10). Los Servicios de Regulación de: Dinámicas tróficas de las poblaciones (9); transporte de residuos sólidos (9) y control de las plagas potenciales de la agricultura (10). Y el Servicio Cultural de inspiración espiritual, intelectual y cultural (9).

Se observa que 16 Servicios Ecosistémicos presentan una calificación de Alta o Muy Alta importancia para la sostenibilidad ambiental de los territorios urbanos. Al agruparlos en función de la similitud en los servicios para el bienestar de la población, es posible reducir la lista a 11 Servicios ecosistémicos; en la tabla 1 se hace, para cada uno de ellos, una descripción general, se identifica el ámbito territorial local y regional y se nombran los principales ecosistemas internos y externos que proveen al sistema urbano regional configurado en el área metropolitana del Valle de Aburrá.

## Servicios ecosistémicos prioritarios para la gestión urbana del Valle de Aburrá

Aunque la información recopilada en la tabla 1 es preliminar (aún faltan por identificar muchos lugares o ecosistemas urbanos y rurales que aportan servicios ecosistémicos relevantes para la región), también es útil para el diseño, mejoramiento y aplicación de una política que garantice el mantenimiento de los servicios ecosistémicos necesarios para la sostenibilidad de la urbe configurada en el Valle de Aburrá. Y ello, a pesar de que las dificultades para delimitar la región física que abastece a una ciudad se incrementan cada vez más, debido al fenómeno de la globalización y al consecuente intercambio de productos y servicios entre diversas regiones del planeta. Sin embargo, en los municipios y regiones aledañas, aún es posible rastrear muchos de los productos y servicios necesarios para el funcionamiento de Medellín y el Valle de Aburrá. Ésto obliga a revisar las actuales estructuras administrativas nacionales, departamentales, metropolitanas y municipales para adecuarlas a la realidad; a optimizar los mecanismos de financiación y reformar la legislación vigente, para que se reconozcan las necesidades y retos de las diferentes escalas espaciales de trabajo y las articulaciones que exige la gestión de un desarrollo urbano regional sostenible.



Tabla 1. Identificación del ámbito territorial y de los ecosistemas internos y externos que suministran los Servicios Ecosistémicos claves para la sostenibilidad ambiental del sistema urbano del Valle de Aburrá

Servicio Ecosistémico	Descripción	Principales Ecosistemas Internos del Valle de Aburrá	Principales Ecosistemas externos al Valle de Aburrá	Ámbito territorial				
				Local			Regional	
				Urbano	Rural	Urbano Rural	Urbano	Rural
1. Generación y suministro de agua.	Corresponde a la producción o abastecimiento de agua que garantiza un flujo constante hacia los canales de distinto orden en la cuenca.	Microcuencas abastecedoras de los cerca de 200 acueductos veredales.	Embalses de Río Grande y La Fe	Muy Bajo	Medio	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Alto
2. Transporte, dilución y tratamiento de contaminantes.	Dado que las corrientes hídricas tienen la capacidad, por sí mismas, de tratar un volumen de carga contaminante, actúan como medio de transporte para la exportación de los contaminantes colectados del sistema de alcantarillado, escorrentías, vertimientos y precipitaciones, por lo que regulan las alteraciones que ocasionan desequilibrios que pueden afectar directamente a las personas.	Río Medellín-Aburrá y sus quebradas afluentes.	Ríos Medellín, Porce, Nechí, Cauca	Muy Alto	Bajo	Bajo	Medio	Medio
3. Mantenimiento, regulación y control de ciclos y flujos hidrológicos.	Capacidad de los ecosistemas, (determinada por las coberturas vegetales, la morfología, los suelos y el clima) para regular el ciclo hidrológico y moderar la torrencialidad de las lluvias, especialmente en los periodos de mayor precipitación.	Zonas de nacimiento y retiros de todas las quebradas afluentes al Río Medellín.	Ecosistemas estratégicos: Parque Arví, Reserva de occidente (Cerro del Padre Amaya, Manzanillo, Las Baldías), Reserva el Romeral -Parque Central de Antioquia.	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Alto
4. Purificación del aire (captura de contaminantes y gases de efecto invernadero) y generación de oxígeno.	Función mecánica y fotosintética de las coberturas vegetales (complementaria a la respiración animal) que permite la asimilación de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ), la excreción de oxígeno (O <sub>2</sub> ) y la interceptación de moléculas, gracias a lo cual la vegetación es catalogada como "pulmón" natural de las ciudades y del planeta.	Zonas verdes urbanas, cerros tutelares y ecosistemas estratégicos: Parque Arví, Reserva de occidente, Reserva el Romeral -Parque Central de Antioquia-.	Coberturas vegetales (bosques) ubicadas en las cercanías del Valle de Aburrá; especialmente, Oriente cercano (Guarne, La Ceja, El Retiro, Rionegro, San Vicente, Santo Domingo); en el norte, (Don Matías, San Pedro, Belmira); al sur, (Angelópolis, Amagá).	Bajo	Medio	Medio	Muy Bajo	Medio

<p>5. Generación, preservación, retención y renovación del suelo y de su fertilidad.</p>	<p>Proceso de asimilación y transformación de materiales que garantiza las condiciones mínimas para la conservación de las coberturas vegetales, la realización de las actividades productivas agropecuarias y el mantenimiento de las condiciones geomorfológicas relacionadas directamente con los movimientos en masa y los eventos que pueden ocasionar deslizamientos.</p>	<p>Zonas identificadas en los POT con vocación agrícola y como zonas de protección.</p>	<p>Zonas dedicadas a la producción agrícola y zonas de protección en los municipios cercanos, especialmente en el oriente (Guarne, La Ceja, El Retiro, Rionegro, San Vicente, Marinilla, Santo Domingo); occidente cercano (Santa Fe de Antioquia, San Jerónimo, Sopetrán); y Norte (San Pedro, Don Matías).</p>	<p>Muy Bajo</p>	<p>Alto</p>	<p>Medio</p>	<p>Muy Bajo</p>	<p>Muy Alto</p>
<p>6. Detoxificación y descomposición de los residuos.</p>	<p>Capacidad del suelo para recepcionar, degradar, transformar y descontaminar los residuos sólidos y peligrosos que producen las personas y las comunidades.</p>	<p>Morro de Moravia, Relleno Sanitario Curva de Rodas, escombrera San Javier, escombreras privadas.</p>	<p>Relleno Sanitario La Pradera (Don Matías), Relleno Sanitario El Guacal (Heliconia).</p>	<p>Muy Bajo</p>	<p>Medio</p>	<p>Muy Bajo</p>	<p>Muy Bajo</p>	<p>Muy Alto</p>
<p>7. Provisión de límite y control de la expansión urbana.</p>	<p>Capacidad potencial que tienen los paisajes y las coberturas vegetales para ser utilizados como límite o barrera física no violenta ni represiva, a la expansión urbana desordenada e incontrolada, relacionada con asentamientos en las laderas, con crecientes problemas sociales, ambientales, sanitarios y de infraestructura.</p>	<p>Zonas de borde urbano rural, identificadas en los POT como zonas de protección.</p>	<p>Municipios del oriente cercano (Guarne, La Ceja, El Retiro, Rionegro); occidente cercano (Santa Fe de Antioquia, San Jerónimo, Sopetrán) - Parque Central de Antioquia-.</p>	<p>Bajo</p>	<p>Bajo</p>	<p>Muy Alto</p>	<p>Muy Bajo</p>	<p>Muy Bajo</p>
<p>8. Moderación de los cambios ambientales y de los eventos atmosféricos climáticos extremos.</p>	<p>Capacidad de los ecosistemas (gracias a la integralidad e interconexión con la que actúa la naturaleza) de amortiguar los impactos de los fenómenos naturales y de las afectaciones ocasionadas por la intervención humana.</p>	<p>Zonas verdes urbanas, cerros tutelares, retiros de las quebradas, ecosistemas estratégicos: Sistema Regional de Áreas Protegidas - Parque Central de Antioquia.</p>	<p>Ecosistemas estratégicos: Parque Arví, Reserva de occidente (Cerro del Padre Amaya, Manzanillo, Las Baldías), Reserva el Romeral, y coberturas vegetales (bosques) ubicadas en las cercanías del Valle de Aburrá, especialmente en el oriente cercano (Guarne, La Ceja, El Retiro, Rionegro, San Vicente, Santo Domingo) en el norte (Don Matías, San Pedro, Belmira), al sur (Angelópolis, Amagá).</p>	<p>Bajo</p>	<p>Medio</p>	<p>Medio</p>	<p>Muy Bajo</p>	<p>Medio</p>

9. Provisión de bellezas escénicas, estéticas.	Características de los paisajes y entornos que posibilitan a la población el disfrute del contacto con el medio natural. Los sitios con estos atributos no necesariamente poseen infraestructuras construidas para el turismo, pero sí demandan unas condiciones mínimas que no afecten sus condiciones naturales y que permitan su adecuada utilización con propósitos educativos, lúdicos o contemplativos.	Alto de San Miguel, Alto del Romeral, Parque Arví (especialmente Piedras Blancas), Cerro del Padre Amaya, La Valeria, Las Baldías, Cerros Tutelares, Jardín Botánico -Parque Central de Antioquia-.	Municipios del oriente cercano (Guarne, La Ceja, El Retiro, Rionegro) del occidente cercano (Santa Fe de Antioquia, San Jerónimo, Sopetrán), del norte (San Pedro, Don Matías, Belmira).	Medio	Alto	Bajo	Bajo	Alto
10. Producción de alimentos.	Paisajes de agroecosistemas con las condiciones naturales (clima, humedad, biodiversidad y fertilidad de los suelos) y culturales (vocación productiva, tecnologías tradicionales y biodiversidad asociada al control biológico de plagas y enfermedades en los cultivos, entre otras) que conservan una alta oferta ambiental natural o inducida para garantizar la producción constante de alimentos.	Zonas rurales de los Municipios del Valle, especialmente Barbosa, Girardota y, en menor escala, Caldas, Copacabana y Medellín.	Municipios del oriente cercano (Guarne, La Ceja, El Retiro, Rionegro, San Vicente, Marinilla, Santo Domingo) del occidente cercano (Santa Fe de Antioquia, San Jerónimo, Sopetrán), del norte (San Pedro, Don Matías).	Muy Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Muy Alto
11. Producción de materias primas.	Amplia gama de productos y materias primas, especialmente materiales de construcción, requeridos para abastecer las necesidades directas de las personas y del sector productivo para la elaboración de diferentes bienes.	Cuencas de la vertiente occidental del valle, especialmente en los municipios de Itagüí y Medellín.	Municipios del Sur (Amagá).	Muy Bajo	Medio	Bajo	Muy Bajo	Alto

Fuente: Elaboración del autor.

El enfoque de este trabajo se aplicó en un ámbito muy específico, conformado por la región urbana denominada Valle de Aburrá, habitada por 3.500.000 personas aproximadamente, y conformada por diez municipios que se ubican en un estrecho valle atravesado por el río Medellín (Caldas, La Estrella, Itagüí, Sabaneta, Envigado, Medellín, Bello, Copacabana, Barbosa y Girardota<sup>2</sup>); tras décadas de interacción, estos municipios han configurado un territorio con profundos procesos de integración física, económica, social y política.

La escala de este trabajo está dada por la sostenibilidad local de una región, cuya concentración de población y dinámicas económicas, políticas, sociales e institucionales, obligan a entenderla como, característicamente, urbana, aunque gran parte de su territorio

conservase el uso y la actividad rural, por lo que es necesario considerar la dependencia e interrelación respecto al ámbito regional más amplio.

La caracterización de la región se facilitó gracias al trabajo de la entidad pública Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), que permitió obtener información actualizada con base en diferentes planes y estudios como el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, las Orientaciones Metropolitanas de Ordenamiento Territorial, el Plan Integral de Desarrollo Metropolitano, El Plan de Ordenamiento de la Cuenca del Río Medellín, entre otros. Lamentablemente, en su mayoría, estos estudios se siguen realizando de manera desarticulada, lo que lleva a analizar cada recurso natural o problema por separado, dificultando la producción de una Información sistémica

para varios de los SE, por ejemplo el mantenimiento del ciclo hidrológico cuya caracterización exige el agrupamiento de diversos procesos.

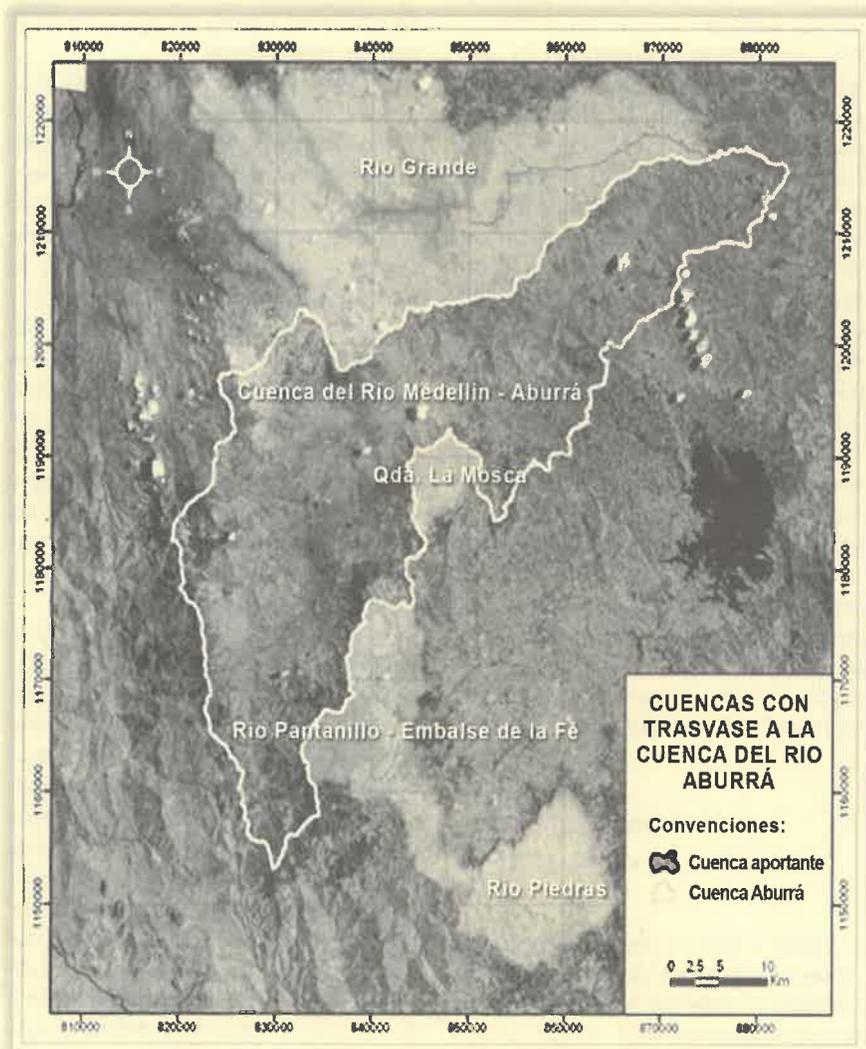
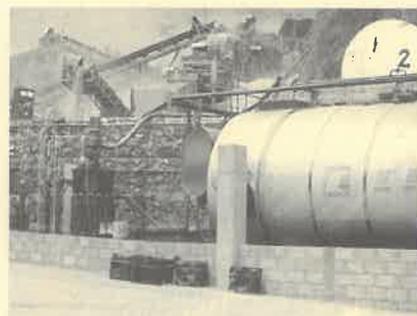
A continuación, presentamos una caracterización de cada uno de estos 11 Servicios Ecosistémicos identificados como críticos para el Valle de Aburrá.

### Generación y suministro de agua

Un primer Servicio Ecosistémico fundamental para la sostenibilidad del Valle de Aburrá corresponde a los abastecimientos de agua para consumo humano, uso industrial, comercial e institucional y para el transporte de residuos líquidos o en suspensión. Es de notar que el 84% del volumen para

consumo humano se obtiene de sistemas hidrológicos localizados por fuera del ámbito local; proviene concretamente de los embalses de Río Grande y La Fe, ubicados respectivamente en las cuencas de Río Grande y Pantanillo. Por lo tanto, sólo el 16 % de este volumen es producido al interior del valle (Agudelo, 2000). A pesar de ser un porcentaje muy bajo, no se deben descuidar los pocos ecosistemas productores de agua propios del Valle de Aburrá ya que cumplen la función fundamental de proveer un flujo constante de agua, o por lo menos evitar que, en las diferentes estaciones de invierno o verano, ocurran grandes fluctuaciones del caudal.

En la figura 1 se puede observar la ubicación y la dimensión de las cuencas que abastecen al Valle de Aburrá y que, en consecuencia, se deben preservar para garantizar el abastecimiento hídrico de la metrópoli.



**Figura 1.** Cuencas externas que abastecen de agua potable al Valle de Aburrá Fuente: POMCA, AMVA (2007).

El inventario de los 200 acueductos comunitarios ubicados en el área de la cuenca (en su mayoría administrados por Juntas de Acueductos Veredales) indica que cuentan con más de 36.000 suscriptores, es decir, unas 160.000 per-

sonas consumen el agua suministrada a través de estos sistemas. Sin embargo, éste es un dato subestimado porque la información es dispersa y en muchos casos incompleta (POMCA AMVA, 2007). Dentro de una gestión ambiental integral, es necesaria una política articulada de acompañamiento y fortalecimiento de las Juntas de Acueductos para que puedan garantizar un servicio óptimo a sus usuarios y participar protagónicamente en la protección de las zonas de abastecimiento hídrico.

Con los actuales embalses se está garantizando en el mediano plazo el suministro de agua potable para los habitantes del valle. No obstante, es necesario identificar otras fuentes que estén en capacidad de abastecer el Valle de Aburrá con el fin de disminuir la presión ejercida sobre estos dos ecosistemas y reducir la vulnerabilidad ante contingencias, de modo tal que se garantice un mínimo vital en caso de atentados a la infraestructura o de situaciones climáticas extremas. Por otra parte, una de las medidas requeridas para asegurar la eficiencia del sistema de distribución es la disminución significativa de las pérdidas del recurso hídrico que llegan a un 35% e implican directamente a las Empresas Públicas de Medellín como ente responsable del servicio, pues la meta definida a mediano plazo por esta institución es tan sólo del 1%.

### Transporte, dilución y tratamiento de contaminantes

El sistema hídrico del Río Medellín o Aburrá es el patrón natural de drenaje de todo el Valle de Aburrá; integra la red secundaria de más de 200 afluentes que fluyen por sus laderas y planicies. Los problemas de contaminación de las corrientes de agua se generan principalmente por el vertimiento de las aguas residuales domésticas e industriales, sin que se cuente aún con un control efectivo de este problema.

El río Medellín, por sus características morfológicas y climáticas, actúa como el conducto natural de arrastre de diferentes descargas contaminantes, convirtiéndose de paso en el canal de depósito final de los distintos tipos de vertimientos, cuyo poder contaminante ha sobrepasado la capacidad de autodepuración del mismo. El río y sus quebradas afluentes se han especializado en el servicio de receptor y se están sobreutilizando como medio de transporte y expulsión de las miles de toneladas diarias de aguas residuales que producimos.

Para resolver este problema, el Plan de Saneamiento del río implementado por Empresas Públicas de Medellín (cuya meta es tratar el 80% de los vertimientos), basado en la construcción de dos grandes plantas de tratamiento (una ya construida en Itagüí, y la otra, proyectada, en Bello), debe complementarse con otras dos plantas primarias para disminuir los impactos aguas abajo. Reconocer este servicio ecosistémico obliga a que parte del valor actual de la tarifa de alcantarillado se invierta en la mitigación integral de los impactos por el sobreuso de las quebradas y no solamente en la construcción de colectores, interceptores y plantas de tratamiento.

Es imperativo, además, revalorizar la relación de las personas con las quebradas y el río por medio de nuevos usos compatibles con la protección ambiental y la valorización de espacios públicos a través de redes ecológicas, parques lineales, infraestructuras sociales o culturales livianas, senderos, movilidad alternativa, programas educativos, etc., complementando los objetivos principales de protección de los nacimientos y retiros de las quebradas, de descontaminación y de utilización apropiada de los cursos de agua.



## Mantenimiento, regulación y control de ciclos y flujos hidrológicos

Este servicio se refiere a la capacidad de los ecosistemas para moderar el grado de torrencialidad de las lluvias y regular el ciclo hidrológico. Para sostenerlo es necesario conservar la geomorfología y la cobertura vegetal en el cauce, en la llanura de inundación y en las zonas de captación, recarga y regulación de los cursos de agua. Lamentablemente, muchos de estos espacios se han alterado drásticamente por el acelerado proceso de urbanización que ha provocado un alto grado de vulnerabilidad a los desastres en muchos asentamientos. Las tragedias que periódicamente se presentan reflejan la inadecuada concepción y construcción de nuestras ciudades respecto a la comprensión de estos procesos naturales. Estas perturbaciones se manifiestan en diferentes escalas, pues se incluyen en el cambio climático global, la impermeabilización de la ciudad, la disminución de las zonas de amortiguamiento de las lluvias, el aumento de caudales por vertimiento de aguas residuales, la alteración de los afloramientos y cauces de los cursos de agua, entre otras acciones que afectan el régimen hidrológico.

Un aspecto fundamental para garantizar el mantenimiento del ciclo hidrológico y la regulación de caudales es el manejo adecuado de los retiros de las quebradas, para lo cual es necesario considerar simultáneamente los criterios hidrológicos, geológicos, bióticos y la instalación de redes de servicios. La solución exige establecer zonas estratégicas para la retención de aguas lluvias que permitan un flujo moderado de los cauces naturales y canales construidos y una absorción del caudal en horas pico o durante épocas de lluvias prolongadas. En este propósito es necesario consolidar las coberturas vegetales más adecuadas para la regulación de caudales, manejar adecuadamente las aguas subterráneas,

así como evaluar y mitigar los efectos del actual modelo de gestión de las aguas lluvias y aguas residuales sobre el funcionamiento de las corrientes naturales de agua.

## Generación de oxígeno, asimilación de gases de efecto invernadero y retención de contaminantes del aire

Los principales problemas de contaminación del aire en el Valle de Aburrá, específicamente las concentraciones de emisión de material particulado, están ligados al sistema de movilidad en la región y a las zonas industriales. Por su parte, la fuerte concentración de ozono ( $O_3$ ) corresponde a la alta generación de emisiones de gases precursores y a la dirección predominante de los vientos que incide en el desplazamiento de contaminantes de todo el valle hacia el sur. Las emisiones de monóxido de carbono (CO) se producen en su mayoría en el centro de la ciudad de Medellín y en los municipios del sur del valle, por causa fundamentalmente del tráfico vehicular y de la actividad industrial.

Frente a ello, se resalta la importancia del servicio de fijación del carbono y otros gases, asumido por los ecosistemas, que depende a su vez del tamaño, estructura, estados sucesionales y distribución espacial del germoplasma vegetal; también es función de los vientos, la altura de la mezcla, la distribución de las estabildades, la topografía y los efectos arquitectónicos.

El encajonamiento topográfico del Valle de Aburrá y el sistema de vientos que en él opera hacen de estas corrientes un elemento decisivo en el modelo de dispersión de la carga atmosférica contaminante, evidenciando la relevancia de éstos en la calidad del aire.

En cuanto a la fijación de gases de efecto invernadero, Agudelo (2000) determinó que en términos del balance emisiones/cobertura, asumiendo una tasa de fijación para el bosque de

2 ton/año, cada habitante del Valle de Aburrá necesitaría 0.25 ha de bosque, lo que significa para toda la población unas 744.404 ha de bosque fijando carbono a esta tasa teórica. Restando el área en bosques naturales y plantados que para la época existían, se necesitaría reforestar 726.236 ha para equilibrar el balance emisión/cobertura; cuando se sabe que sólo existen en la cuenca 125.132 ha potenciales de tierra que corresponden a los 1.251 km<sup>2</sup> del área del valle. Con esto se puede dimensionar la gravedad del problema.

Para mejorar este servicio es necesario fortalecer los programas de reforestación en las zonas potterizadas, lo cual generaría oportunidades laborales para muchas personas y dinamizaría la cadena productiva de la industria maderera. Ello se debe complementar con acciones como: conservar y enriquecer las coberturas vegetales de protección en los relictos de bosque y en las cuencas que abastecen acueductos veredales; realizar un plan contundente de siembra de árboles en la zona urbana que asegure una captura constante de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y contrarreste los efectos negativos de la impermeabilización del suelo por las altas tasas de construcción; reordenar la actividad constructora para que se privilegien las zonas verdes y la arborización sobre las zonas duras; utilizar equipos mecánicos y electrónicos que ayuden en la captura, retención y transformación de contaminantes atmosféricos; regular la movilidad de las personas estimulando el uso de vehículos públicos o privados menos contaminantes; establecer senderos peatonales amplios, cómodos y arborizados que provean sombra, mitiguen el ruido y las temperaturas de ciertas horas del día y ofrezcan condiciones de seguridad a las personas que optan por este medio de movilidad.

## Generación, preservación, retención y renovación de la fertilidad del suelo

Este servicio es de vital importancia para la salud de la comunidad ya que constituye el soporte de todas las actividades productivas agropecuarias. Aún así, es tal vez uno de los más ignorados y descuidados por las instancias decisorias de la política pública. Mantener este servicio implica resolver el problema de la insostenibilidad del modelo vigente de utilización del territorio urbano y rural, pues en la actualidad, las actividades de explotación indiscriminada de los recursos alteran significativamente las propiedades fisicoquímicas naturales de los suelos.

Es de resaltar que el mayor conflicto se presenta en suelos potencialmente aptos para uso forestal, usados para producción agrícola, pecuaria, urbanística y de infraestructura para el desarrollo, localizados a lo largo de todas las vertientes del Valle de Aburrá.



Foto 2. Cultivos de cebolla. Corregimiento San Antonio de Prado, Medellín.

Al realizar una comparación de las cifras correspondientes a usos potenciales y estado de las coberturas actuales, se encuentra que, si bien el 68% de la cuenca es apta para usos forestales de protección y producción, solamente el 37.2% presenta estas coberturas. En el resto del área son comunes los conflictos en el uso del suelo que conducen al deterioro de este recurso.

El proceso de urbanización tiene una relación directa con los movimientos en masa que alteran las condiciones geomorfológicas de la región y, entre otros eventos, pueden llevar a deslizamientos y desbordamientos de quebradas, obligando a extremar las medidas para controlar las densidades de construcción y el fraccionamiento o parcelación del suelo. Igualmente, los requerimientos comerciales de segunda residencia y las fincas de recreo para sectores con alto poder adquisitivo tienen una gran incidencia en la modificación de los usos vigentes del suelo.

La situación es agravada por la depredación de recursos que se realiza más allá de los límites de la cuenca para satisfacer las necesidades de la gran metrópoli. Esta actitud se debe en parte a la falsa creencia de que los recursos son ilimitados y que siempre podrán ser importados desde fuera del valle. Desde un punto de vista integral, el problema está relacionado con las políticas institucionales de diferentes órdenes y con la deficiencia de los procesos de educación ambiental que no han podido contribuir a neutralizar las causas desencadenantes de esta insostenibilidad.

La solución a este grave problema implica cumplir con los usos determinados por los Planes de Ordenamiento Territorial de los municipios. De no resolverlo, continuaremos perdiendo cada vez más los invaluables suelos fértiles de los cuales depende la productividad del ecosistema, en desmedro de la conservación de la biodiversidad y de la producción de alimentos.

### Recepción y detoxificación de residuos sólidos y peligrosos

La alta vulnerabilidad y la inminencia de la emergencia sanitaria en la prestación y mantenimiento de este servicio es la constante histórica que expresa la carencia de concertación en el manejo de las infraestructuras de disposición final, transferencia y aprovechamiento de los residuos. A pesar de que todas las municipalidades demandan este servicio, todas rechazan los esfuerzos que exige el establecimiento de las infraestructuras y organizaciones necesarias. Para ilustrar la complejidad del problema se presentan en la tabla 2 las distancias recorridas por los vehículos recolectores para llegar a los sitios de disposición final de los residuos. De mantenerse esta tendencia, el próximo relleno sanitario quedará a 170 km de distancia, con el incremento lógico de los impactos ambientales y de los costos económicos del servicio de aseo.

Tabla 2. Distancia de sitios de disposición final

Período	Sitio	Distancia en Km. al centro de Medellín
1980-1984	Moravia	2
1984-2003	Rodas	17
2003-2014	Pradera	57

**Fuente:** Elaboración del autor a partir de información de EEVV.

La solución a este problema exige equilibrar entre los municipios las cargas y beneficios de las infraestructuras que demanda el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), llevando al sitio de disposición final sólo los residuos que no tienen posibilidad de recuperación. Igualmente, es necesario operar infraestructuras para el manejo de residuos que no generen impactos ambientales negativos, provean un ambiente agradable en el entorno, posibiliten la valoración del espacio público y el establecimiento de zonas verdes, y que propicien la recreación pasiva y la transformación y aprovechamiento de las basuras en las viviendas y el comercio. Finalmente, se requiere invertir en la descontaminación de los suelos y en la realización de proyectos sostenibles destinados a incrementar la reutilización de todos los residuos, entre ellos los escombros que representan la mayor parte de los desechos de la urbe.

### Provisión de límite y control de la expansión urbana

La relevancia de este servicio se da por la forma histórica e inadecuada de ocupación del suelo, en relación con los condicionantes geográficos del Valle de Aburrá. El problema se caracteriza por una presión urbanística creciente hacia laderas con limitaciones geotécnicas y ambientales (AMVA, 2005), ejercida por los asentamientos informales de población desplazada, pobre y marginada, pero también por los asentamientos de segunda residencia y las parcelaciones de viviendas de estratos socioeconómicos altos, cuyo límite parece no tener fin, establecidas en suelos definidos para protección por el POT en la ladera suroccidental del Valle de Aburrá.

La ubicación de asentamientos en zonas de alto riesgo de deslizamientos se da en la mayoría de las partes altas de las montañas que bordean Medellín (especialmente en los cerros Pan de Azúcar, El Picacho, Picachito y Santo Domingo) y en casi todos los municipios del valle (por ejemplo, en la vereda La Doctora, en Sabaneta; en la vereda Granizal, en Bello; en las veredas Zarzal, Ancón y Alvarado, en Copacabana; y en la vereda Salinas, en Caldas).



Foto 3. Cerro Pan de Azúcar. Zona centro-oriental de Medellín.

En los periodos invernales se evidencia con mayor fuerza la inestabilidad de las laderas de las montañas afectadas por la construcción de viviendas en zonas de altas pendientes. Al realizar movimientos de tierra para

la construcción y disponer las aguas servidas sin ningún control, se aceleran los procesos de desestabilización, lo cual refleja la carencia de límites a la expansión de la ciudad provocada por los asentamientos humanos.



Fotos 4 y 5. Expansión urbana en suelo de protección. Zona sur-oriental del Valle de Aburrá.

La solución al riesgo de deslizamientos e inundaciones que afectan trágicamente las viviendas y la vida de las personas, exige una acción contundente y ejemplarizante para que las urbanizaciones informales y formales de cualquier estrato respeten la institucionalidad. En las zonas informales es necesario, además de la intervención física en los terrenos, realizar un acompañamiento social para dignificar a la población vulnerable. De manera complementaria se deben preservar y potencializar las áreas de conservación para actividades de protección ambiental, espacio público y recreación pasiva. Para ello, es indispensable recuperar legalmente los predios de las zonas de transición y de protección.

En un marco regional se deben establecer zonas de transición entre los asentamientos construidos en áreas y ecosistemas de protección que deli-

mitan las fronteras actuales de la ciudad y, por otro lado, entre las áreas que aún no han sido invadidas.

Para evitar el establecimiento de nuevos asentamientos en suelos destinados para la protección ambiental, estas áreas deben dotarse con la infraestructura que demanda una real apropiación y reconocimiento social. Así, por ejemplo, se pueden establecer ciertos cultivos (entre otros usos productivos adecuados), instalar miradores para recreación pasiva, crear una infraestructura deportiva adecuada, senderos ecológicos, ecorutas y jardines útiles para las instituciones educativas, todo ello en integración con reservas ecológicas y con el fin de fomentar una recuperación ambiental con alto contenido social.

De este modo se limitarían y legalizarían las zonas de invasión, se consolidarían las zonas de transición con una mezcla de usos públicos y zonas de protección ambiental con total restricción para usos urbanos, articuladas al Sistema Regional de Áreas Protegidas Parque Central de Antioquia.

### Capacidad de respuesta a los cambios ambientales y moderación de los impactos de los eventos atmosféricos y climáticos extremos

Este servicio, como ningún otro, expresa la integralidad e interconexión con la que actúa la naturaleza, ya que constituye un amortiguador de los efectos ocasionados por la intervención humana en los ecosistemas, los cuales han aumentado dramáticamente en los últimos años. En el ámbito de una región como el Valle de Aburrá, va de la mano con la identificación de los conflictos en los usos del suelo; pues hace referencia a la capacidad de los ecosistemas para soportar la carga de un fuerte proceso de urbanización caracterizado por actividades productivas insostenibles.



Aparte de los efectos de la radiación solar y sus variaciones, el clima siempre está bajo la influencia de la compleja estructura y composición de la atmósfera y de los mecanismos por los que ésta y los océanos transportan el calor. El clima tiene una gran influencia en la vegetación, la vida animal y los humanos; desempeña papeles significativos en muchos procesos fisiológicos, desde la concepción y el crecimiento hasta la salud y la enfermedad. El ser humano, por su parte, puede influir en el clima, tanto a través de la alteración de la superficie de la tierra, como por emisión de contaminantes y productos químicos, como el CO<sub>2</sub>. En nuestra región, la dispersión de los contaminantes atmosféricos está en gran parte condicionada por la forma del valle y por el régimen de vientos.

Los conflictos en los usos del suelo obligan a configurar y delimitar unas áreas de manejo de zonas naturales que ayuden a regular todos los procesos ecológicos que han sido afectados en las zonas urbanas, lo cual, a su vez, redundará en muchos otros servicios ecosistémicos de importancia general para el bienestar de las comunidades. Hasta ahora, este servicio ecosistémico opera de manera eficiente; no obstante, se requiere preservarlo mediante diversas iniciativas: la consolidación de zonas para la infiltración y el amortiguamiento, en las quebradas que históricamente presentan desbordamientos, el congelamiento de la construcción en zonas de alta inestabilidad de suelos, la aplicación de medidas de control atmosférico, el aumento de las zonas verdes con

alta funcionalidad ecológica, en particular en proyectos de infraestructura, el incremento de zonas verdes en las áreas de protección del retiro de las quebradas para configurar redes ecológicas y parques lineales como estrategia de recuperación de corredores verdes sobre las corrientes de agua.

### Provisión de bellezas escénicas, estéticas y paisajísticas

Este servicio se configura a partir de la posibilidad que tiene la población de contar con lugares, no necesariamente vinculados a infraestructuras construidas para el turismo, donde pueda disfrutar del contacto con la naturaleza y realizar actividades contemplativas, lúdicas y educativas. Por ello, deben poseer, preferiblemente, una mínima dotación que no afecte las condiciones naturales y que facilite su adecuada utilización. Estos lugares corresponden a los charcos, lagos, cerros y áreas de bosque con libre acceso para la población, aunque en su mayor parte corresponden a propiedades privadas y pasiva para que, de manera complementaria, cumplan con la prestación de otros servicios ecosistémicos. Esto se puede lograr de una manera relativamente sencilla, con un proceso intensivo de arborización, aumento del área de coberturas vegetales, adecuación de senderos peatonales y una infraestructura mínima que posibilite el disfrute de numerosos espacios en las zonas urbanas y rurales.

Entre los lugares que presentan estas cualidades, se destacan Salento y Niquía, en Bello; Alto Romeral en los municipios de Angelópolis, Heliconia, Caldas, La Estrella y Medellín; Reserva Natural Alto de San Miguel, declarado

zona de protección del nacimiento del río Medellín; Reserva Forestal y Parque Ecológico de Piedras Blancas; Cerro del Padre Amaya; quebrada La Valeria (Caldas); Alto La Romera (municipios de Envigado y Sabaneta); Cerros Tutelares de Medellín (Volador, Nutibara, Picacho, Asomadera, El Salvador, Pan de Azúcar, Morro Pelón y Santo Domingo); Cerro de Las Baldías (municipio de Bello). Además de las Reservas Forestales y las demás zonas declaradas de protección, se destacan otras áreas relevantes por la belleza, las posibilidades paisajísticas y la conservación de la biodiversidad que allí se puede proteger, tales como Alto de la Cruz y Cerro Ancón (Copacabana);

Tres Dulces Nombres y Alto del Cacique (Itagüí); Cerro La María, Reserva Ecológica La Llorona y Chorro de Las Tres Campanas (Envigado); Jardín Botánico (Medellín); Parques Ecológicos Cerro Monteloro, Monteras y Matasano (Barbosa); Parques Umbí y El Salado (Girardota); Parque Ecológico y Recreativo del Cerro Quitasol (Bello).



### Producción de alimentos

Tradicionalmente la producción de alimentos se ha realizado en las zonas rurales. Sin embargo, estos terrenos son cada vez más integrados al proceso de conurbación que los valoriza a través del mercado inmobiliario y los desplaza a las comunidades campesinas productoras. La situación es agravada por la alta volatilidad de los precios de los productos agrícolas y por las dificultades que tiene la población pobre para acceder a ellos, por lo que tiene vulnerada su seguridad alimentaria. De ahí que el mantenimiento de este servicio tenga carácter estratégico para garantizar condicio-

nes mínimas de supervivencia de la población y exige la preservación de, por lo menos, una parte de las zonas de producción agropecuaria.

Ello requiere la implementación de diversas medidas: el congelamiento de los cambios de usos de suelo en algunas zonas, para dedicarlas exclusivamente a actividades agrícolas; la protección de las condiciones económicas y sociales de la población campesina ubicada en los municipios proveedores de alimentos, con prioridad para los municipios del Valle de Aburrá; la introducción de tecnologías limpias y agroecológicas para mejorar la calidad, productividad y rentabilidad de la producción; el estímulo fiscal mediante disminuciones y exenciones de impuestos y la aplicación de incentivos para estimular el cambio de actividades urbanas, industriales e institucionales o de zonas improductivas, hacia actividades productoras de comida; la adquisición de áreas que en el futuro cercano podrían tener una presión urbanizadora muy alta para convertirlos en granjas comunitarias; la potencialización de espacios públicos urbanos para la siembra de alimentos; el aporte de incentivos para el aprovechamiento de solares y terrazas para el abastecimiento familiar, el intercambio de productos en un ámbito comunitario y, en algunos casos, para la comercialización de los mismos; el apoyo a las redes de intercambio de alimentos entre las zonas rurales y urbanas; la generación de oportunidades de procesamiento de alimentos que dinamicen la cadena de producción y mejoren los términos de intercambio en el mercado, especialmente productos de origen orgánico que no utilice insumos químicos en su producción.

A pesar de los esfuerzos institucionales recientes para avanzar en la senda propuesta, aún es muy insuficiente el resultado, por lo que es prioritario aplicar una estrategia para aumentar

la producción del Valle de Aburrá y garantizar que las regiones aledañas abastecedoras continúen con su actividad. De otra manera, la región dependerá cada día más de las inciertas condiciones internacionales, siempre marcadas por la posibilidad de una crisis alimentaria mundial.

### Producción de materias primas

Las materias primas incluyen la vasta gama de insumos que demandan los sectores primario, secundario y terciario a través de las actividades agrícolas, pecuarias, industriales, comerciales e institucionales. En este tópico, se enfatizan las materias requeridas en la industria de la construcción.

Para garantizar este servicio es necesario mitigar los fuertes impactos ambientales que causan las actividades extractivas de los recursos mineros, usualmente obtenidos en terrenos otrora rurales y posteriormente incluidos en la matriz urbana donde se incrementa la presión social para expulsar estos usos del suelo y del subsuelo del territorio. Cuando ello ocurre se incrementan los costos de los materiales y se ocasionan más deterioros ambientales en áreas alejadas donde es poco probable el control de la comunidad y donde, por ende, se hace necesario implementar medidas para vigilar estas nuevas unidades productivas.

El asunto clave respecto a estos materiales consiste en diferenciar aquellos que son insustituibles y críticos para garantizar las actividades productivas y el funcionamiento de la región, es decir, respecto a los cuales se tiene una alta dependencia, de todos los demás que se pueden reemplazar por bienes producidos al interior de la región, o que están más accesibles en otras áreas.

También es necesario revisar las actuales formas de explotación de las materias primas y perfeccionar los procedimientos vigentes para mini-

mizar los impactos ambientales. En este sentido, es fundamental el papel de las autoridades ambientales en la regulación y control de las explotaciones y en la implementación de medidas que viabilicen el reciclaje de materiales de la construcción.

### Conclusión

Lo anterior, aún con las deficiencias de información, revela la inmensa interdependencia que existe entre los 10 municipios del Valle de Aburrá y de éstos, con otras regiones cercanas. Evidencia la necesidad de darle un nuevo impulso a la implementación de políticas territoriales y ambientales para lograr la sostenibilidad de una región urbana como el Valle de Aburrá. Expresa también la necesidad de afinar los instrumentos para la identificación e instrumentalización de indicadores que faciliten la comparación de las regiones urbanas en diferentes contextos y escalas, para avanzar en la comprensión de la dinámica y del proceso de expansión física de nuestras ciudades, consecuencia del modelo de desarrollo económico y del modelo cultural, determinados por las interacciones de las personas entre sí y con su ambiente.

En suma, se requiere entender y actuar sobre la forma en que estas dinámicas funcionan: degradan los recursos naturales, configuran cada día las regiones urbanas, incrementan las presiones sobre sus ecosistemas internos y maximizan la dependencia de los servicios de ecosistemas externos para garantizar el suministro de los bienes sin los cuales es imposible el funcionamiento de las ciudades y el bienestar de su población.

Finalmente, se resalta la necesidad de que los estamentos del Estado apliquen los diferentes mecanismos, desde los tradicionales de comando y control hasta los instrumentos económicos, tecnológicos, sociales, científicos y políticos que permitan avanzar

efectivamente hacia la sostenibilidad ambiental de las regiones urbanas. De manera especial, para evitar más tragedias y conservar los ecosistemas que generan los servicios ambientales de los que dependemos, queremos reiterar el carácter fundamental del perfeccionamiento y cumplimiento de las leyes por parte de toda la sociedad.

### Bibliografía

A continuación, se presenta una sinopsis de la bibliografía consultada en la elaboración del presente artículo:

- AGUDELO P, Luis Carlos, Identificación, caracterización y valoración económica de los servicios ambientales prestados por ecosistemas localizados en el área de influencia del valle de Aburrá. Convenio Universidad Nacional y Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia CORANTIOQUIA. Medellín, 2000.
- AGUDELO P, Luis Carlos, Indicadores territoriales de sostenibilidad. La huella ecológica del valle de Aburrá. Convenio Universidad Nacional de Colombia y CORANTIOQUIA. Medellín, 1998.
- ÁLVAREZ, S., et al. La síntesis emergente: integrando energía, ecología y economía. Fundación González Bernáldez. Madrid, 2006.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA). Orientaciones Metropolitanas de Ordenamiento Territorial (OMOT). Medellín, 2006.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA). Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Regional (PGIRS). Medellín, 2006.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá AMVA. Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Aburrá (POMCA). Medellín, 2007.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá AMVA. Plan Integral de Desarrollo Metropolitano (PIDM) 2008-2020. Medellín, 2007.
- BARSEV, Radoslav. Valoración Económica de Bienes y Servicios Ambientales, Corredor Biológico Mesoamericano CBM. Conclusiones del II Foro Regional de Pago por Servicios Ambientales. Montelimar, Nicaragua, 2000.
- BOISIER, Sergio, Biorregionalismo: La última versión descuento del traje del emperador. Revista Territorios, No 5; Universidad de los Andes. Bogotá, 2000.
- BOLUND, Per, Criteria for Urban Sustainability. 1997 [En línea] <<http://www.bfr.se/docs/uppsatser/per%20bolund.htm>> (Consultado en Marzo de 2003).
- BOLUND, Per and HUNHAMNAR, Sven, Ecosystem Services in Urban Areas. En: Ecological Economics. Ed. 29, 1999. pp. 293-301.
- CHIESURA, A. y DE GROOT, R.S., Critical natural capital: a socio-cultural perspective. En: Ecological Economics, No 44. (s.l.) 2003. pp. 219-231.
- COSTANZA, Robert, The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. En: Revista Nature, Vol. 387. 1997. pp. 253 - 260.
- DAILY, Gretchen, Introduction: ¿What are Ecosystem Services? Natures Services. Island Press, Washington, 1997.
- DE GROOT, R, WILSON, M, BOWMANS, R. A typology for the classification, description, and evaluation of ecosystem functions, goods and services. En: Ecological Economics, (s.l.) No 41, 2002. pp. 393-408.
- FERNÁNDEZ, Roberto, Gestión ambiental de ciudades. Teoría crítica y aportes metodológicos. (s.e.) Buenos Aires, 2000.
- GIRARDOT, Herbert, Creando Ciudades Sostenibles. Ediciones Tilde. Colección Gorgona. Valencia, 2001.
- MÁRQUEZ, Germán. Ecosistemas Estratégicos y otros Estudios de Ecología Ambiental. Fondo FEN Colombia, Vol.1. Santa Fé de Bogotá, 1996. pp. 221.
- MILLER, Kenton, ¿What is biorregional planning? Paper presented to workshop on integrated planning at different scales. Perth, Escocia, 1999.
- MOONEY, Harold y EHRlich, Paul, Ecosystem Services: A Fragmentary History. Natural Services, Island Press, Washington, 1997.
- NAREDO, José Manuel, *Sobre la insostenibilidad de las actuales conurbaciones y el modo de paliarla*. Primer catálogo español de buenas prácticas. Vol. I. Ed. MOPTMA. Madrid, 1996.
- WACKERNAGEL, Mathis ¿Ciudades Sostenibles? En: Ecología Política. Número 12. 1996. Págs. 43 - 50.
- World Resources Institute EM, Evaluación de Ecosistemas del Milenio. Ecosistemas y Bienestar humano: Marco para la Evaluación, 2003. [en línea] <http://www.millenniumassessment.org/en/index.aspx> Consultado en Marzo del 2008).
- World Resources Institute EM, Ecosystems and human well being: Synthesis, 2005. [en línea] <http://www.millenniumassessment.org/en/index.aspx> (Consultado en Marzo del 2008).

### Notas

- 1 Este artículo se basa en el libro "El análisis de los Servicios Ecosistémicos, herramienta metodológica efectiva para determinar la sostenibilidad ambiental de las regiones urbanas", en proceso de edición, en el cual se exponen con detalle la revisión de fuentes secundarias, el marco teórico construido y la caracterización realizada del área metropolitana del Valle de Aburrá.
- 2 En este orden se localizan los municipios, de sur a norte en el Valle de Aburrá.