

INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO. Huella Ecológica y Ecosistemas Estratégicos en Medellín, Colombia¹.

Resumen.

En la perspectiva de la Sostenibilidad local fuerte, se presenta un análisis de la ciudad sostenible, entendida desde la articulación urbano-regional, es decir, a partir de los procesos ecológicos de uso y deterioro de ecosistemas, causados por el funcionamiento urbano. A partir de indicadores de Sostenibilidad, se desarrollan los conceptos de *Ecosistemas Estratégicos* y *Ecorregión Urbana*, como propuestas de nuevos ámbitos analíticos para la planificación urbana que conecten el universo aislado de las ciudades que ven los urbanistas, con el medio físico circundante conformado por el territorio que le abastece y disipa sus contaminantes. Esta ponencia se organiza en tres partes. La primera parte presenta el concepto de Sostenibilidad bajo una interpretación local de su significado y aplicación. La parte segunda se ocupa de exponer los resultados de la selección y aplicación de indicadores territoriales de Sostenibilidad (Huella Ecológica) en el área de estudio y de presentar los *Ecosistemas Estratégicos* y la *Ecorregión Urbana* como espacios integrados a la funcionalidad ecológica de las ciudades. La tercera parte a manera de conclusión, propone ideas sobre las aplicaciones que tendrían los indicadores y conceptos desarrollados, en la Ordenación del Territorio, concretamente en lo que atañe al señalamiento de nuevos ámbitos para la planificación ambiental urbana.

SUSTAINABILITY INDICATORS AND TERRITORY ORGANIZATION. Ecological Footprint and Strategic Ecosystems of Medellín Colombia.

Abstract.

In the perspective of the strong local sustainability, an analysis of the sustainability city is presented, understood from the ecological processes of use and deterioration of ecosystems, caused by the urban performance. Beginning with sustainability indicators, the concepts of *Strategic Ecosystems* and *Urban Ecorregión* are developed as proposal of new analytic spatial boundaries for urban planning, to connect the insulated universe of cities, which city planners see, with the surrounding physical medium, shaped for the territory which supply and dissipate its contaminants. This paper is organized in three parts. The first part presents the sustainability concept under a local interpretation of its meaning and application. The second part is concerned to expose the selection and application results of the sustainability territory indicators (Ecological Footprint) in the study area and to present the *Strategic Ecosystems* and the *Urban Ecorregión* as integrated spaces to the ecological functionality of the cities. The third part presents, as conclusions, notions about the applications which indicators and developed concepts would have in the territory organization, specifically what concerns to the signs of new scopes to the environmental urban planning.

Índice de Contenidos: 1.Sostenibilidad Local Fuerte, 2.Indicadores de Sostenibilidad, Huella Ecológica, Ecosistemas Estratégicos, 3.Indicadores de Sostenibilidad y Ordenación del Territorio

¹ Luis Carlos Agudelo Patiño. Ing. Forestal Esp. OT y M.Amb. Doctorando Universidad Politécnica de Valencia. Profesor Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Arquitectura. Posgrado en Planeación Urbano-Regional. AA. 1779. Medellín, Colombia. E-mail. lcagudel@perseus.unalmed.edu.co / luiagpa@doctor.upv.es

INTRODUCCIÒN.

La articulaci3n urbano-regional, como concepto rector de la construcci3n de regi3n y por tanto, de la planificaci3n territorial tradicional, ligada al pensamiento econ3mico y a la noci3n convencional que supone desarrollo y crecimiento econ3mico como un solo concepto, admite la misma crtica que ha enfrentado el pensamiento econ3mico neocl3sico, en relaci3n con la crisis ambiental global. Crtica que se fundamenta en la exclusi3n que el pensamiento econ3mico ha hecho, de la base natural que permite el crecimiento, o en t3rminos te3ricos, la presunci3n de una desmaterializaci3n creciente de la economía, gracias al desarrollo tecnol3gico, o de la inagotabilidad de los recursos naturales.

El desarrollo urbano, a menudo interpretado como indicador del crecimiento econ3mico, lleva en su gen3tica incorporadas estas presunciones. Mas all3 del uso directo de espacio, la planificaci3n urbana no se ha ocupado del espacio que la ciudad, es decir, su funcionamiento, organiza y apropia, a fin de mantener indefinidamente, los niveles de bienestar propios de la vida urbana y de los cu3les, al menos en Latinoam3rica, solamente puede disfrutar una minoría de ciudadanos.

En la perspectiva de la Sostenibilidad local fuerte, se presenta un an3lisis de la ciudad sostenible, entendida desde la articulaci3n urbano-regional, es decir, a partir de los procesos ecol3gicos de uso y deterioro de ecosistemas, causados por el funcionamiento urbano. A partir de indicadores de Sostenibilidad, se desarrollan los conceptos de *Ecosistemas Estrat3gicos* y *Ecorregi3n Urbana*, como propuestas de nuevos ámbitos anal3ticos para la planificaci3n urbana que conecten el universo aislado de las ciudades que ven los urbanistas, con el medio f3sico circundante conformado por el territorio que le abastece y disipa sus contaminantes. Esta ponencia se organiza en tres partes. La primera parte presenta el concepto de Sostenibilidad bajo una interpretaci3n local de su significado y aplicaci3n. La parte segunda se ocupa de exponer los resultados de la selecci3n y aplicaci3n de indicadores territoriales de Sostenibilidad (Huella Ecol3gica) en el área de estudio y de presentar los *Ecosistemas Estrat3gicos* y la *Ecorregi3n Urbana* como espacios integrados a la funcionalidad ecol3gica de las ciudades. La tercera parte a manera de conclusi3n, propone ideas sobre las aplicaciones que tendrían los indicadores y

conceptos desarrollados, en la Ordenación del Territorio, concretamente en lo que atañe al señalamiento de nuevos ámbitos para la planificación ambiental urbana.

1. Sostenibilidad Local Fuerte.

Se habla aquí de sostenibilidad en el sentido ecológico del término, es decir, se prescinde en este análisis del concepto de desarrollo y por tanto no se aborda ampliamente el debate en torno al desarrollo Sostenible. De acuerdo con Naredo (1998)², sostenibilidad y desarrollo son conceptos que obedecen a niveles de abstracción y sistemas de razonamiento diferentes: el primero, ligado al mundo de las ideas de la economía convencional que equipara crecimiento económico y desarrollo, mientras que el segundo, se preocupa por la perdurabilidad de los procesos físicos singulares y diversos, vinculado estrechamente a la ecología, que es según este mismo autor, una "economía de la naturaleza". Esta ambigüedad origina dos corrientes ideológicas frente a la sostenibilidad, la llamada *Sostenibilidad Débil*, de la economía convencional, y la llamada *Sostenibilidad Fuerte* de la ecología. (Norton, 1992; citado por Naredo, (1998)³.

Con la urbanización de la vida humana en el planeta, las ciudades pasaron a ser durante el siglo XX, el hábitat humano por excelencia, y por tanto, el escenario de las crisis de todo orden, así como de los más grandes logros de nuestra especie. No en vano Wackernagel (1996)⁴ afirmó que "La batalla por la sostenibilidad se ganará o se perderá en las ciudades". Sustenta su afirmación en el hecho de que si bien las ciudades son las más grandes contribuidoras al producto global económico, también son las más grandes consumidoras de recursos y productoras de desechos. De modo que la separación entre la vida urbana y los escenarios naturales y de éstos con la vida rural, no es más que la manifestación creciente de la desnaturalización del hombre. Entiéndase, una comprensión cada vez menor de la relación que existe entre los recursos naturales y los niveles de bienestar, propios de la vida urbana⁵

² Sobre el Origen el Uso y el Contenido del Término Sostenible. Naredo José Manuel. En: Ciudades para un Futuro más Sostenible. La Construcción de la Ciudad Sostenible.: Fundamentos. Web de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Marzo de 1998. Documento html.

³ Op.cit 2.

⁴ ¿Ciudades Sostenibles?. Wackernagel Mathis. En: Ecología Política. No.12, 1996. pg. 43-49

⁵ Al menos para una parte de la población urbana. En Latinoamérica, la pobreza es un fenómeno urbano creciente.

Es así como para el habitante urbano medio de este siglo, la naturaleza es un concepto accesorio, ajeno, antagónico a su propio entorno y por tanto exótico; y lo rural, un estado intermedio previo a la urbanización y en todo caso y según su concepto intuitivo de desarrollo, menos desarrollado. Para este ciudadano, la procedencia de alimentos como la leche, el pescado o las verduras, se ubica en el supermercado; aunque una minoría creciente se preocupa por asuntos como el uso de pesticidas en los cultivos, la contaminación del pescado proveniente de ríos expuestos a vertidos tóxicos, etc. Tal alienación del habitante urbano respecto al entorno rural y natural que hace posible su bienestar, se acentúa a medida que la ciudad crece, aunque, al parecer, a partir de cierto tamaño, esta tendencia se invierte o al menos debería tratar de invertirse.

Esta percepción urbana - desde dentro de la ciudad - de la naturaleza como ajena y antagónica, se magnifica si se consideran servicios de la naturaleza como la fijación de carbono o la regulación hidrológica. Por ejemplo, el acto cotidiano de abrir el grifo y después pagar la factura como un servicio, a cargo comúnmente de entes gubernamentales, ha hecho olvidar que el agua es un producto natural cuya permanencia y calidad, depende del mantenimiento de ciertos equilibrios naturales, en fin, que es desde estos ecosistemas y no estrictamente desde las plantas purificadoras, de donde fluye el agua a las viviendas.

Si la ciudad es el escenario en el que se resume la grandeza de la civilización humana, también es allí en donde se manifiestan las mayores desigualdades sociales y en donde surgen las más agudas contradicciones entre medio ambiente y desarrollo, entre sostenibilidad y deterioro irreversible. Es en la metrópoli moderna, la cúspide del crecimiento económico, donde se aprecian los límites del mismo, si es que se acepta que se ha llegado a tal límite; o en donde se manifestarán, si se mantiene el ritmo actual de consumo del capital natural.

La sostenibilidad urbana (local) se entiende entonces como la perdurabilidad a largo plazo de los procesos ecológicos y los ecosistemas, que le permiten a la ciudad abastecerse de bienes y servicios de la naturaleza, localmente expoliados por la propia urbe, y deshacerse convenientemente de los excesos de elementos contaminantes, ya que tampoco pueden ser reciclados por los ecosistemas locales, profunda e irreversiblemente alterados.

Se parte de una hipótesis central en esta ponencia: la planificación ambiental urbana no ha considerado la dependencia ecológica que la ciudad tiene, de un espacio geográfico de una extensión considerablemente mayor que aquel lugar con una morfología dada de otras épocas. La localización ecológica de la ciudad de hoy, se define, se construye en un ámbito que trasciende los lugares centrales, sus límites se ubican allí donde los efectos directos de la concentración urbana llegan. Usando una idea de la economía, puede decirse que tales límites, deben buscarse adonde los efectos directos de la concentración urbana, se manifiestan como un cambio, una deseconomía asociada a la cercanía, el tamaño y la expansión de la urbe.

¿Porqué hablar de ciudades sostenibles?. La capacidad de convicción del término sostenible está en relación con la noción implícita de "sostenibilidad", como característica de un proceso que puede mantenerse indefinidamente, pese a la acumulación de capital y deterioro ambiental que ocurre a todas las escalas territoriales. De este modo, si el desarrollo sostenible es una aspiración global de cambio estructural hacia un nuevo orden de crecimiento y solidaridad, la noción de sostenibilidad es aplicable a diversas situaciones urbanas locales.

El Desarrollo, en sentido filosófico, podría definirse como la materialización de las utopías colectivas de una sociedad. Al respecto, si bien los colectivos locales por su propia cuenta, no pueden conseguir un desarrollo sostenible tal y como se define comúnmente éste, parece interesante revivir los planteamientos del *Ecodesarrollo*, del cual se transcribe sólo el primer principio, por su coincidencia con lo que se ha llamado aquí la perspectiva de la sostenibilidad ecológica fuerte y local. Este principio se conecta al propósito de la autodependencia local, abriéndose interesantes perspectivas para la satisfacción de las necesidades de cada comunidad, según los recursos de su sistema ecológico, incluyendo la sensación de controlar su propio destino

1. En cada Ecorregión el esfuerzo se dirige al aprovechamiento de sus recursos específicos para satisfacer las necesidades básicas de la población en materia de alimentación, alojamiento, salud, educación, estando definidas éstas de una manera realista y autónoma, para

evitar los efectos nefastos de las manifestaciones del estilo de consumo de los países "ricos". (Jiménez, 1997)⁶. (...). ¿Puede entonces ser sostenible la ciudad?

Solow, citado por Naredo (1998)⁷, señala que debemos precisar lo que se quiere conservar. Si se trata de la ciudad como sistema en el que transcurre la vida de, al menos, la mitad de la población humana actual, nuestro propósito se orientará a asegurar, como ya se indicó y se demostrará más adelante, la perdurabilidad de los flujos de materiales y energía, así como la conducción y disposición de los desechos urbanos, de tal forma que el bienestar y la habitabilidad urbanas se mantengan, incrementen y redistribuyan con criterios de equidad intra e intergeneracional.

Aunque el planteamiento del desarrollo sostenible tenga sentido profundo a escala global, y resulte un objetivo de política mundial, con reformas al sistema económico internacional que afectan valores y principios que prevalecen en el actual sistema social y de economía de mercado (Rodclift, 1987; citado por Allende, 1995⁸), la implementación de la sostenibilidad ecológica, como criterio de planificación, tiene un protagonismo urgente y decisivo en las escalas inferiores, fundamentalmente local urbana. En síntesis, si el desarrollo sostenible (o la sostenibilidad económica, social y ambiental) tiene una escala natural global, la sostenibilidad ecológica urbana tiene una escala local posible.

2. Indicadores de Sostenibilidad. Huella Ecológica y Ecosistemas Estratégicos.

En este apartado, el propósito principal, es hacer un balance entre la oferta ambiental actual del Valle de Aburrá, como un enfoque complementario para leer la problemática ambiental asociada a los procesos de urbanización, y las demandas de naturaleza que generan los modos de producción y vida propios de la economía metropolitana.

⁶ Desarrollo Sostenible y Economía Ecológica. Integración Medio Ambiente - Desarrollo y Economía - Ecología. Economía. Jiménez H. Luis. Serie Actualidad. Ed. Síntesis. Madrid, 1997.

⁷ Op.Cit 2

⁸ Desarrollo Sostenible, de lo Global a lo Local. Allende Landa José. En: Ciudad y Territorio. Revista de Estudios Territoriales. III (104). 1995. Págs. 267-281.

Los datos de oferta ambiental y demandas de recursos naturales se sintetizan en el cálculo de indicadores de sostenibilidad, mediante una matriz de consumos nacionales, utilizada internacionalmente para tales efectos y adaptada al caso que nos ocupa. A continuación se presenta propiamente el balance entre oferta y demanda, identificando los recursos más críticos, bien por el tipo y la intensidad de las demandas que soportan, o bien por la distancia desde la que deben importarse, es decir, el grado de sustituibilidad local.

Es oportuno reconocer una de las grandes debilidades de estos indicadores, que se espera poder corregir en el futuro, esta es la consideración de que la sociedad que se analiza, es homogénea, es decir, que observa niveles de consumo de recursos naturales, aproximadamente iguales. En el área metropolitana de Medellín, al igual que en muchas otras regiones metropolitanas, esta simplificación de la realidad es especialmente grave.

2.1 Oferta Ambiental Actual en el Valle de Aburrá.

La *Oferta Ambiental* hace referencia al conjunto de condiciones ecológicas que determinan la productividad de los ecosistemas, generando "excedentes" aprovechables por organismos de todos los nichos tróficos. Este "excedente" corresponde, en realidad, a una parte del flujo de materiales y energía que puede extraerse temporalmente del sistema, sin alterar la posibilidad de que los organismos que lo integran, se alimenten y reproduzcan de manera sostenida en el tiempo.

En sí misma la naturaleza no ofrece nada, es un tipo de relación particular entre los organismos vivos y su entorno, la que hace que éstos puedan aprovecharse de aquél, generando así la noción de oferta del ambiente. En consecuencia, organismos mejor adaptados hacen un aprovechamiento eficiente de las condiciones naturales de su hábitat, pero siempre hasta un límite en el que esas condiciones resulten infranqueables, es decir, hasta el límite de la *capacidad de carga del ambiente*.

Sólo la especie humana ha conseguido aumentar la oferta ambiental de los ecosistemas, mediante el recurso a la tecnología, que le ha posibilitado retrasar y acelerar los ciclos de materiales y energía en los ecosistemas, y trasladar capacidad de carga desde unos lugares hacia otros. Las ciudades son un buen ejemplo de ambas estrategias tecnológicas: Para construir un ambiente esencialmente diferente a su entorno natural, los humanos consumimos grandes cantidades de energía exosomática⁹, generalmente proveniente de las reservas de biosferas del pasado, extraídas y utilizadas como combustible. En las grandes ciudades, los pocos terrenos no urbanizados, no alcanzan a proveer a la gran población que las habita, obligando a la importación de alimentos y agua desde lugares incluso muy distantes.

De manera que, la oferta ambiental en los entornos urbanos generalmente es baja, debido a la utilización intensiva que la urbanización hace de los recursos naturales, con lo que allí mismo predomina la importación de la capacidad de carga, en principio y por economía, desde los extrarradios urbanos más próximos y a medida que la ciudad crece en población y actividad, y dependiendo también de condiciones del mercado y la producción, desde sitios cada vez más distantes. Pese a ello, la dependencia con los entornos cercanos especialmente en alimentos, sumideros de carbono, agua y recipientes de contaminantes, rara vez se rompe.

Desde luego, algunos abastecimientos esenciales no se pueden obtener de la vecindad metropolitana, en ningún momento de la historia del desarrollo de la ciudad. Es el caso de los combustibles (petróleo y derivados, carbones y recientemente gas natural) que, en Colombia, llegan a las grandes ciudades andinas, desde los centros de extracción en las zonas bajas tropicales, excepción hecha del carbón que también se extrae en valles y vertientes cordilleranas.

El área Metropolitana del Valle de Aburrá está conformada por 10 municipios: Caldas, La Estrella, Itagiú, Envigado, Sabaneta, Bello, Copacabana, Girardota, Barbosa y Medellín, tiene un área total de 1152 Km² y una población cercana a los 3 millones de habitantes. Es el prototipo de un entorno metropolitano, en el que la oferta ambiental natural ha sido secularmente utilizada de manera intensiva, de acuerdo con la racionalidad propia de las

⁹ Exosomática es la energía que proviene de fuentes externas que, al no provenir de la respiración, se utiliza para

conurbaciones industriales: suelo para urbanización, quema de combustibles fósiles, trasvases de agua para la población y para los procesos industriales, y corrientes hidrológicas para transportar y diluir contaminantes.

Dentro del área se encuentran varios ecosistemas de gran importancia ya que cumplen una función de conservación del suelo, hábitat de fauna y flora y protección y regulación de aguas, que entre otros usos, surten acueductos veredales y municipales.

Algunos de estos ecosistemas se han denominado estratégicos, gracias a los servicios ecosistémicos que prestan a la población metropolitana. Retomando un concepto planteado atrás, se trata de ecosistemas que proveen bienes y servicios ambientales de baja sustituibilidad local: Regulación Hidrológica, Regulación Atmosférica, Dilución de Contaminantes, Seguridad Alimentaria, Recreación, entre otros. Muchos de estos ecosistemas se localizan en las partes altas de la mayoría de las cuencas del Área Metropolitana, otros, por fuera del Valle geográfico del río Aburrá.

La hipótesis inicial queda demostrada mediante el cálculo de los indicadores que se presenta más adelante (Tablas 1 y 2), se concluye que la "ciudad" metropolitana del Valle de Aburrá, "importa" su sostenibilidad desde una *Ecorregión*, más extensa que los límites de la metrópoli que se reconoce administrativamente en la actualidad. Es decir, que como tal no es sostenible, en la medida en que "roba" capacidad de carga de otras localidades.

2.2 Indicadores de Sostenibilidad.

Los indicadores utilizados hacen parte de una familia de índices del impacto espacial de una economía sobre el territorio. Al respecto se destacan los trabajos de Thomson (1994)¹⁰, Rees y Wackernagel (1995)¹¹ y Rees (1996)¹², y algunos otros desarrollados recientemente en Chile e

realizar actividades diferentes al mantenimiento de procesos vitales.

¹⁰ City Ecological Footprints. Thomson Kay. En: Global Forum 94., *Cities and Sustainable Development*. Memories. Manchester (Inglaterra), 1994.

¹¹ Ecological Footprints and Appropriated Carrying Capacity. Measuring the Natural Capital Requirements of the Human Economy. Rees William et al.. En: Janson. AM, M Hammer, C Folke and R Constanza Eds. Investing in

Italia. En Colombia, un ejercicio de aplicación de este indicador, fue realizado por Agudelo (1998)¹³.

Para el Valle de Aburrá, se han calculado tres indicadores de sostenibilidad, a saber, *Huella Ecológica*, *Planetoide Personal* y *Déficit Ecológico o Capacidad de Carga Robada*. Para ello se recurrió a una matriz utilizada en cálculos similares en varios países (Tabla 2). Esta matriz fue adaptada para el área de estudio, de acuerdo con la información disponible. Se trata de una aproximación importante, si se considera que se ha hecho una búsqueda rigurosa de los datos que la componen, pero es innegable que será necesario afinar la información de las categorías de consumo incluidas, muchas de las cuáles, ante la imposibilidad de datos locales, se promediaron de las de otros estudios o se estimaron mediante consultas puntuales a expertos.

La matriz resume todas las categorías de consumo consideradas y el área correspondiente de acuerdo con la productividad en cada caso. El dato más importante de esta matriz corresponde al primer indicador denominado *Planetoide Personal o Huella Ecológica per cápita*. Los cálculos arrojan para este indicador un valor de 2,6 ha. (Tabla 1)

Consecuencia del anterior la Huella Ecológica de la población del Valle de Aburra es 7677.763,6 ha. Un espacio ecológico 66,6 veces superior al área ocupada directamente. La Capacidad de Carga Robada es equivalente a 77.625,6 Km²¹⁴ o 66,6 veces el espacio natural del Valle de Aburrá¹⁵, que en condiciones ecológicas ideales de autoabastecimiento, podría albergar a una población cercana a los 44 307 habitantes con los hábitos de consumo actuales. Son especialmente escasos los recursos agua, suelo para producción de alimentos y vegetación en su función de regulación de gases de efecto invernadero. Se revisan a continuación algunos otros

Natural Capital. The Ecological Economics Approach to Sustainability. Washington Island Press, 1995. pg. 362-390.

¹² Indicadores Territoriales de Sostenibilidad. Rees E. William. En: Ecología Política No. 12, 1996. pg. 27-41.

¹³ Indicadores Territoriales de Sostenibilidad. La Huella Ecológica del Valle de Aburrá. Agudelo P. Luis C. Convenio CORANTIOQUIA -Universidad Nacional. 1997. 207 pág.

¹⁴ El Departamento de Antioquia tiene un área total de 63612 Km². Es decir, La Huella Ecológica es superior al área del Dpto. En el 1.8%, vive el 56.5 % de la Población Dptal.

¹⁵ Recordar que el área del Valle de Aburrá es 1152 Km².

resultados que ilustran la dependencia ecológica de la metrópoli, frente a la *Ecorregión Urbana* o su localización ecológica.

En materia de abastecimiento de agua, si se considera el caudal promedio anual del río Aburrá de 32.8 lt./seg.¹⁶, el Aburrá podría absorber la demanda de agua potable de 44.983 habitantes, suponiendo un consumo per cápita diario de 63 lt.. En realidad, los 2'952.086 habitantes, asumiendo el mismo consumo per cápita, consumen 6,69 E10 lt/año, que la ciudad importa en su totalidad del sistema de embalses de fuentes externas al Valle¹⁷, ya que el Aburrá está contaminado. En promedio, los habitantes del Área Metropolitana producen en promedio 0.5 Kg./día/persona de basura y vierten 3.522 Kg./día de carga orgánica en el río Medellín, carga que según un estudio reciente, se diluye a unos 100Km de distancia aguas abajo. (Grajales, 1999)¹⁸.

El suelo dedicado a la producción de alimentos en el Valle de Aburrá responde tan sólo por el 1,1% de la demanda absoluta de áreas en producción agropecuaria, correspondiente a 0,67 ha per capita. La proporción de suelo dedicado a esta actividad que corresponde a 12. 415,54 ha., un 10.7% del área del valle, que aún así resulta importante. Hay que aclarar, sin embargo, que buena parte de estos cultivos son de café, que bien se sabe, no aportan a la seguridad alimentaria local en forma directa. Las cifras muestran una alta dependencia de otras regiones. Esta es una situación común a las grandes ciudades. Lo que tiene de particular el área metropolitana del Valle de Aburrá, es que buena parte de sus abastecimientos en materia alimentaria, proviene de municipios cercanos, localizados en las regiones del Oriente y del Norte del Departamento. Del oriente llegan a las centrales de abastos 4 de cada 10 productos con una tendencia a la baja. Esta proporción no incluye volúmenes anuales. Así mismo, la producción lechera del Norte podría abastecer el 95% de la demanda de la población metropolitana estimada en 398'653.110 lt/año.

¹⁶ Fuente: Instituto Mi Río. Guía Ecológica y Ambiental. Medellín, 1996.

¹⁷ Se han embalsado ríos con grandes impactos ecológicos para abastecer a la población metropolitana de agua y generar energía, en las poblaciones de Guarne, El Retiro (Oriente), Entrerrios y Belmira (norte)

¹⁸ La Deuda Ecológica por la Contaminación del Río Medellín. Grajales L. Norma y Londoño L. Luis F. Monografía Especialista. Posgrado en Planeación Urbano-Regional. Facultad de Arquitectura. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. .

En el Area Metropolitana la vegetación esta constituida por: Rastrojos altos y bajos, pastos enmalezado, pastos manejado y pastos naturales, que es la cobertura predominante. Existen también cultivos, bosques plantados, y por último, el bosque de sucesión, que comienza a ser protegido en ecosistemas especiales El balance emisiones coberturas muestra que las 18.168 ha de bosques naturales y plantados. Asumiendo para ellos una tasa de fijación de carbono de 2 ton/año, estarían fijando el 2,4 % del volumen de gases de efecto invernadero (CO₂ y Otros), el equivalente a las emisiones de una población de 72.038 personas. En materia de emisiones por tanto, la brecha de sostenibilidad muestra que se requieren un total de 726.577 ha de bosques con una capacidad media de fijación de 2 ton/ha./año, para equilibrar el balance.

Estas cifras proponen un orden de magnitud de la *Dependencia Ecológica* de la ciudad de Medellín y su área metropolitana, en otras palabras, la magnitud de la insostenibilidad de la urbe, al menos si se mantiene tácitamente la idea de que una gran concentración urbana puede ser sostenible en si misma, sin considerar las áreas de las que importa su bienestar: bienes y servicios ambientales de baja sustituibilidad local, a costos razonables, accesibles para la mayor parte de la población. Por último, le tendencia hacia la insostenibilidad se aprecia cuando se describen los procesos actuales de urbanización.

Los procesos de urbanización metropolitanos se extienden más allá de los límites político administrativos de las autoridades ambientales y de planeación local. Lo “urbano” no coincide con la ciudad. Del mismo modo, “lo rural” ya no incorpora necesariamente utilización del suelo en actividades de producción primaria¹⁹.

Estos espacios rururbanos, ofrecen graves dificultades de planificación relacionados con la calificación del suelo (urbano o rural), el reparto de cargas y beneficios y en general la participación económica de los propietarios en la solución de los problemas urbanísticos y ambientales asociados. A estos desarrollos residenciales en suelo rural, les son atribuibles

¹⁹ En Colombia los municipios son autónomos en el manejo del suelo rural, debiendo acoger únicamente la legislación sectorial ambiental. Mientras que en España, el manejo del suelo rural es de competencia conjunta Autonómico-Municipal e incorpora legislación sectorial de protección de suelos agrícolas, al tiempo que no permite usos residenciales en suelo rural.

algunos de los problemas ambientales más graves de la ciudad difusa: El saneamiento básico y la dotación y mantenimiento de vías, especialmente cuando las otrora segundas residencias y/o fincas de recreo, se convierten en residencias permanentes. En este suelo rururbano, se presenta alto fraccionamiento predial y presión de urbanización con densidades bajas comparadas con las urbanas, pero que, como ya se indicó, terminan por desatar una urbanización difusa difícil de controlar, en tanto proliferan vías informales de acceso a cada vivienda, construcción de piscinas, instalación de pozos sépticos y tomas de agua; conflictos que finalmente debe intervenir la municipalidad con grandes costos.

Lo anterior sin mencionar el deterioro los impactos ambientales por contaminación del suelo y el agua con vertidos de origen doméstico y material de arrastre de la construcción de viviendas, piscinas y vías; el desplazamiento de actividades agrícolas de los suelos productivos y algunos otros asociados con la alta circulación vehicular - otro rasgo peculiar de la urbanización difusa- la accidentalidad y la inseguridad.

También bajo esta situación, los campesinos que viven en áreas de influencia metropolitana y que en Valle de Aburrá tienen mayor presencia en el Norte, se vinculan como mayordomos, en el mejor de los casos, de lo contrario, una vez vendidos sus predios, emigran a los barrios populares a sufrir los rigores del desempleo. A éste respecto, la gestión ambiental puede aportar a superar la actual crisis social, protegiendo las economías campesinas en las *Ecorregiones Urbanas*, como una estrategia de generación de empleo y de regulación de los precios locales de los alimentos.

En consecuencia, se está extendiendo un modelo de urbanización dispersa que demanda abastecimiento de servicios públicos, agua y saneamiento básico, también vías y amoblamientos propios de la ciudad que implican en conjunto, demandas de agua para abastecimiento y vertidos domésticos y altos costos para los municipios que a la larga, se ven enfrentados a resolver estas demandas. En términos de los indicadores, la tendencia es a incrementar la huella ecológica de Medellín y su área metropolitana, a aumentar la capacidad de carga robada, y en suma a alejarse cada vez más de la sostenibilidad ecológica.

Tabla 1. Huella ecológica de un Aburraense Promedio. (Se asume una cobertura como sumidero de C con una tasa de fijación de 2 ton/ha/año).

<i>DEMANDA</i>				<i>OFERTA</i>			
Huella Ecológica(per capita)	<i>total</i>	<i>factor</i>	<i>total</i>	Existencia de la bio- capacidad dentro del país (per capita)			
Categoría	[ha/cap]	<i>equivalente</i>	<i>equivalente</i>	Categoría	<i>factor</i>	<i>área</i>	<i>rendimiento ajustado</i>
		[-]	[ha/cap]		<i>rendimient</i>	<i>total</i>	<i>equiv. area</i>
					o	[ha/cap]	[ha/cap]
Tierra para sumidero de C	0,2522	2	0,5044	tierra para absorción de C	2,0	0,006152	0,012305
energía fósil	0,528473	1,1	0,6	área construible	1,5	0,005989	0,026150
área construible	0,006139	2,8	0,0	área arable	1,5	0,006363	0,027785
Tierra arable	0,256893	2,8	0,7	pasto	0,7	0,001320	0,000531
Pasto	0,406391	0,5	0,2	bosque	0,5	0,006153	0,003732
Bosque	0,457385	1,1	0,5	mar	1,0	0,0	0,0
Mar	4,78E-05	0,2	0,0	TOTAL existencias		0,025977	0,070502
TOTAL usado	1,908		2,6	TOTAL aprovechable (menos 12% para biodiversidad) ²⁰			0,062042

Tabla 2. Cálculo de Huella Ecológica de un Aburraense promedio (Matriz Convencional, datos de 1999)

población de Valle de Aburra: 2952986 en 1999
3004344 en 2000

ESTIMACIÓN DEL ÁREA DE TIERRA Y MAR (recursos bióticos)									
CATEGORÍAS	rendimiento	ref.-	Producción	ref.-prod.	Importación	ref.-imp.	consumo	Consumo	Componente huella ecológica
unidades aunque no especificadas	[kg/ ha]	rendimiento	[t]		[t]	Igual al consumo	per capita	[t]	[ha/cap]
	(promedio global)								
ALIMENTOS									
Carne. Producción de productos animales desde pasto (expresada en unidades promedias)	300	#25			149015,087 #4		0,050463	149015,087	0,168208368 Pasto
..bovino							0,043254	127728,53	
porcino							0,007208	21286,557	
Productos lácteos					410612,7				
Leche	9673	#43			410612,7 #28		0,139050	410612,7	0,014375064 Pasto
Queso	967								
Mantequilla	967								
pescado marino	29				4		1,38113E-06	4	4,77512E-05 mar
Cereales	1743,5	#8			1038137,416		0,351436133	1038137,416	0,201637593 tierra arable
Agua					187505,327 #4		0,063497	187505,327	
vegetales y frutas	20123	#5			1219599,392		0,412865664	1219599,392	0,020524051 tierra arable
Vegetales	22297	#5							
frutas frescas	17948	#5							
raíces y tubérculos	9894	#5			160129,4744		0,05422629	160129,4744	0,005480725 tierra arable
café y té	928	#5			17100,58957		0,005790948	17100,58957	0,006240246 tierra arable
cocoa	367	#5			2091,355301		0,000708217	2091,355301	0,001929747 tierra arable
azúcar	4893	3:153-156#67,68,69			90910,95154		0,03078611	90910,95154	0,006291868 tierra arable
semilla aceite (soya)	1856	3:106,111,112,114,	3:106-121#40,#41,#43,#46		58887,60483		0,019941715	58887,60483	0,010744458 tierra arable
Madera [en madera rolliza equivalente,m3]	1,99				2463810,262		0,834345392	2463810,262	0,419269041 bosque
Madera rolliza [m3/ha,m3]	Factores de conversión		5:02		3266935,894		1,106316079	3266935,894	

²⁰ Se descuenta el 12% de la capacidad ecológica, con destino a la protección de la biodiversidad: las otras especies con las que el hombre comparte el planeta.. (CMMAD, citada por Wackernagel, 1998. En: The Ecological Footprint of Santiago de Chile, Local Environment Vol 3 No.1 Feb. 1998), pp 7-25)

Leña [m3, calculado a partir de este peso]	0,53	para mad. rolliza equiv. en 5:20 m3)	1165154,328	0,394568186	1165154,328	23,1	de consumo	madera para leña
Madera aserrada (m3)	3,00	para mad. rolliza equiv. en 5:109 m3)	274401,7309	0,092923478	274401,7309	30,8	de consumo	madera aserrada
Madera basada en paneles (m3)	4,50	para mad. rolliza equiv. en 5:146 m3)	232572,8359	0,07875853	232572,8359	39,2	de consumo	madera paneles
Madera de pulpa (m3)	1,98	para mad. rolliza equiv. en 5:223 m3)	136178,6502	0,046115576	136178,6502	10,1	de consumo	minas
papel y tableros(t)	1,35	para mad. rolliza equiv. en 5:285 m3)	140391,7456	0,0475423	140391,7456	7,1	de consumo	papel
Madera para tableros	cálculo estadístico de factores de conversión para Colombia		2672550,931	0,620247962	2672550,931			
				[t] consumo directo de madera rolliza(5:103)				
Otros productos								
Tabaco	1647,00	#8		0,00140953	4163,73319	0,000856107	Tierra arable	
Algodón	1000	IIED p64	Aparente consumo	0,004349127	12847,25891	0,004350599	Tierra arable	
Caucho	1550	#5	Aparente consumo	0,001332668	3936,683241	0,000860	Tierra arable	
Lana	15	Wackernagel et al 1993:67	Aparente consumo	0,003001137	8865,318076	0,200143585	pasto	
Piel	300	similar a carne de bovino	Aparente consumo	0,007096781	20963,79169	0,023663947	pasto	
Balance de energía	<i>Prom. Mundial</i>	<i>Energía específica de la huella e.</i>	<i>tipo de energía</i>		[Gj/yr/cap]		Componente de la huella ecológica en (ha/cap)	
	55	[Gj/ha/yr] carbón	consumo de carbón		1.02462E-7	#19	1,8626E-09	área para energía fósil de carbón
	71	[Gj/ha/yr] combustible fósil líquido	consumo combustible fósil líquido		38	calc.promedio	0,528470728	área para eng. Fos. de comb. líquidos
	1.000	[Gj/ha/yr] energía hidroeléctrica	consumo total de combustible fósil consumo hidroeléctrico		4665722000Kwh		0,000464614	área total de los embalses
	91	[Gj/ha/yr] energía basada en madera-fibra	consumo de bioenergía (leña) :		3	calc. Promedio	0,038115475	área bosque
							0,567052680	

Fuentes de la Matriz. 1. Accidentalidad Vial Medellín, 1999. Secretaría de Transportes y Tránsito/ 2. **Anuario Estadístico 1998. Gobernación de Antioquia. Departamento Administrativo de Planeación. Dirección Sistema de Información Estadística. Medellín, 2000.** / 3. Anuario Estadístico del Sector en el Departamento de Antioquia. 1999. Gobernación de Antioquia. Secretaría de Agricultura. Medellín 2000. / 4. **Anuario Estadístico Metropolitano 1992. Municipio de Medellín. Departamento Administrativo de Planeación Metropolitana.** / 5. Departamento Administrativo de Planeación, Gobernación de Antioquia. Consumo, Tipo y Precio del Carbón 1998. / 6. **Coyuntura Colombiana. CEGA Centro de Estudios Ganaderos y Agrícolas. 01 Abril 1999. Santa Fé de Bogotá. D.C. Colombia. Anexo Estadístico.** / 7. Departamento de Antioquia. Dirección Técnica de Censos. Grupo de Proyecciones de Población por Área Según Municipios a Junio 30 de 1995-2005. DANE. / 8. **Información Directa de Funcionarios de la Secretaría de Agricultura.** / 9. La Actividad Agropecuaria en Antioquia: Reflexiones a su Desempeño 1993-1997. Gobernación de Antioquia- Secretaría de Agricultura. Medellín 1999. / 10. **Plan Básico de Ordenamiento Territorial Municipio de Santa Rosa de Osos. Diagnóstico. Centro de estudios de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Ambiental. Universidad de Medellín.** / 11. World Resources. A Guide To The Global Environment. The Urban Environment 1996-97. New York. OXFORD. OXFORD

2.3 Ecosistemas Estratégicos (EE).

Una nueva pregunta resulta del análisis presentado en el acápite anterior. Si la ciudad "importa" su sostenibilidad, ¿Desde donde lo hace?. ¿Dónde "pisa" la huella ecológica?, y ¿Cuáles son las características que esos espacios deben tener para asegurar el flujo sostenible de bienes y servicios ambientales con los que proveen a las ciudades?. A aquellos lugares se les denomina aquí Ecosistemas Estratégicos. No existe una definición formal que permita usar el concepto de EE con alguna consistencia teórica, se puede aproximar una construcción conceptual, a partir de dos leyes básicas de la Ecología, a saber: Ley del mínimo de Liebig (1840) y Ley de Tolerancia de Shelford (1913).

A partir de allí, se construyó una definición que opera por lo menos en el caso que nos ocupa, conocer cuáles ecosistemas son estratégicos para la sostenibilidad de la Metrópoli de Medellín. Así resultó, que un ecosistema estratégico se define como: ***Una porción geográfica concreta, delimitable exactamente, en la cual la oferta ambiental, natural o inducida por el hombre, genera un conjunto de bienes y servicios ambientales imprescindibles para la población que los define como tales.*** Se trata entonces de una categoría social, no natural, en la medida en que para su definición opera el interés humano, que declara como estratégicos, de acuerdo con las leyes ecológicas propuestas, a aquellos ecosistemas de los cuales obtiene recursos limitantes o escasos, y/o, que actúan como disipadores de excesos (contaminación) de determinado factor.

La pregunta a resolver a continuación fue ¿Qué recursos son limitantes y cuáles factores ambientales exceden los límites de tolerancia? y entonces, ¿Cuáles ecosistemas en el entorno de la Metrópoli de Medellín actúan como proveedores y/o como disipadores?. Responder a esta última cuestión implicó la construcción y aplicación de una metodología para identificar EE. Se realizaron dos procedimientos metodológicos que se denominaron: Método Ecosistemas - Servicios y Método Servicios - Ecosistemas

En el primero, se elaboró un listado amplio de lugares que tienen alguna importancia para el conjunto de la población Metropolitana, importancia leída en su incorporación como sitios de interés, tanto en los planes de desarrollo, como en los entonces en proceso de elaboración,

planes de ordenamiento territorial municipal. Este listado, se sometió mediante una encuesta Delphy a un grupo de expertos, para su calificación por importancia, de acuerdo con 4 variables que permitieron establecer el grado de concordancia entre esta visión experta y los contenidos de los planes. A cada variable considerada se le asignó un rango de calificación ponderada. Las variables y sus rangos se representan en la Tabla 3

Tabla 3. Variables y rangos de calificación de la importancia de los EE

Variable	Rango
Importancia urbana del servicio	0 – 3
Singularidad	0 – 2
Riesgo de deterioro	0 – 2
Sinergia	0 – 3

Como resultado se obtuvo un primer listado de ecosistemas calificado por el grupo de expertos, de acuerdo con su importancia para el funcionamiento de la metrópoli. Un sencillo procedimiento estadístico permitió concluir que 12 ecosistemas del listado calificarían como estratégicos, si fuese la importancia descrita por medio de éste conjunto de 4 variables, el criterio de definición.

El segundo procedimiento metodológico, llamado Servicios - Ecosistemas, partió de la producción teórica reciente entorno a lo que son los servicios ambientales (Constanza *et al*, 1997)²¹ luego, contando con los diversos estudios ambientales, diagnósticos, planes, etc., se seleccionaron cinco servicios ambientales como los más importantes y a cada servicio se le asignó un conjunto de ecosistemas, en principio, presuntamente asociados con el servicio en cuestión. Estos 5 servicios se seleccionaron a partir de un análisis de sustuibilidad, es decir, el grado en que otros ecosistemas o alguna tecnología disponible, podría reemplazar a costos

²¹The Value of the World's Ecosystems Services and Natural Capital. Constanza Robert *et al*. Ecological Economics, Vol. 25, No. 1 April 1997.

razonables el conjunto de bienes y servicios ambientales considerado. Los cinco servicios escogidos fueron:

- ❑ Regulación Hidrológica
- ❑ Depuración de Efluentes Líquidos
- ❑ Servicio de Regulación de Gases de Invernadero
- ❑ Seguridad Alimentaria
- ❑ Provisión de Bellezas Escénicas y Singularidades Paisajísticas.

Estos servicios teóricos se renombraron para el área de estudio así:

- ❑ Transporte y Depuración de Contaminantes Líquidos o en Solución, domésticos e industriales.
- ❑ Fijación de Carbono y de Gases de Invernadero.
- ❑ Regulación Hidrológica.
- ❑ Seguridad Alimentaria
- ❑ Provisión de Bellezas Escénicas y Paisajistas como Oportunidades Recreativas.

A continuación se asoció a cada servicio un conjunto de ecosistemas que de acuerdo con sus condiciones naturales actuales, prestan principalmente el servicio ecosistémico en cuestión. A este se le denominó el *servicio ecosistémico principal o estratégico* para el grupo social interesado. De este modo se obtuvo un segundo listado, que con el primer listado, configuró el grupo definitivo de los Ecosistemas Estratégicos.

Un ejercicio final, propuso una valoración económica crematística de los servicios ambientales considerando el valor del flujo anual de los servicios ambientales calculado en dólares por hectárea y por año para cada *Ecosistema Estratégico* y el flujo total anual para el conjunto de ellos²². Los resultados produjeron un valor cercano a los 9 millones de dólares al año. Este valor no es más que un índice de la importancia de los Ecosistemas y los servicios asociados a ellos o

²² El trabajo completo ha sido publicado bajo el título: Identificación, Caracterización y Valoración Económica de los Servicios Ambientales Prestados por Ecosistemas Localizados en el Área de Influencia del Valle de Aburrá. Agudelo P. Luis C *et al.* CORANTIOQUIA-U.NAL. 2000.

valores de existencia de la naturaleza. No se propone ni interpreta en términos monetarios porque se reconoce lo limitado del instrumento económico, para salvar la frontera ética dentro de la cual deberá aprender a vivir la humanidad, si atiende a la sostenibilidad ecológica como un proyecto esencial de todos los pueblos de la tierra.

3. Indicadores de Sostenibilidad y Ordenación del Territorio.

Uno de los propósitos centrales de la ordenación del territorio, como técnica de planificación, es alcanzar una utilización de la oferta natural de los ecosistemas en el territorio objeto, tal que, la ampliación de tal oferta mediante la tecnología, no resulte en una alteración de la base natural que permite la sostenibilidad de los procesos físicos complejos.

Las ciudades como los espacios crecidamente artificializados del planeta, o sea, los lugares en los que la adaptación de una especie ha conseguido la más importante alteración de las condiciones originarias de los sistemas naturales, de que se tenga noticia en la historia de la tierra, requieren una atención especial por parte de la ordenación del territorio, hasta ahora y en muchos países, preocupada casi exclusivamente por los problemas de espacio que ocurren en el seno de la ciudad y no por aquellos causados por la ciudad, en el territorio en el que se asienta.

En el estrecho marco espacial en el que las ciudades se localizan y delimitan geográficamente, no hay duda de que la metrópoli moderna no es sostenible. Aún conglomerados modestos en población como el caso descrito, establecen relaciones de dominio y explotación sobre un extenso territorio del que importan su sostenibilidad. Es imperativo establecer la localización ecológica de la ciudad, es decir, el espacio geográfico que contiene a la propia ciudad y a los ecosistemas que le abastecen y le liberan de sus desechos, mediante flujos permanentes, no compensados, de bienes y servicios de la naturaleza, de baja sustituibilidad local. A ésta localización ampliada se le ha denominado *Ecorregión Urbana*.

Los indicadores territoriales de sostenibilidad son útiles para conocer las “huellas” de las ciudades, o en los términos propuestos, la extensión de una *Ecorregión Urbana* con miras a controlar su crecimiento y a proteger especialmente aquellos *Ecosistemas Estratégicos* para la

sostenibilidad. Ecosistemas que prestan servicios ambientales a las ciudades como un verdadero subsidio ecológico a su funcionamiento.

Estas herramientas pueden ser utilizadas por la Ordenación del Territorio, para delimitar nuevos ámbitos espaciales vinculados con la ordenación ambiental urbana, orientada a reconducir los procesos de urbanización, hacia objetivos coincidentes con la sostenibilidad de los procesos ecológicos, que permitan crecientes niveles de habitabilidad y bienestar a la ciudad moderna, transformando, como proponen Naredo y Rueda (1998)²³, *“las relaciones de simple explotación y dominio unidireccional hombre-naturaleza o ciudad-campo, en otras de mutua colaboración y respeto, concientes de la simbiosis que a largo plazo está llamada a producirse entre ambos extremos”*

Medellín, Febrero de 2002.

²³ La “ciudad sostenible”. Resumen y Conclusiones. Naredo José Manuel y Rueda Salvador.. En: Ciudades para un Futuro más Sostenible. La Construcción de la Ciudad Sostenible.: Fundamentos. Web de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Marzo de 1998. Documento html.