

INDICADORES TERRITORIALES DE SOSTENIBILIDAD

CAPACIDAD DE CARGA Y HUELLA ECOLÓGICA DEL VALLE DE ABURRA.

INFORME FINAL

Por

LUIS CARLOS AGUDELO PATIÑO

Ingeniero Forestal, Especialista en Ordenación del Territorio y Medio Ambiente

**CONVENIO CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA-
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, Sede Medellín.**

Medellín, Agosto de 1998

AGRADECIMIENTOS

El autor considera justo agradecer a las siguientes personas y entidades, su colaboración en la realización de este trabajo:

A la **CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA**, a los Ingenieros **NOLBERTO VELEZ** (Director General) y **NORMA GRAJALES** (Interventora).

A la **UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA (España)**, en especial a los profesores **D. JOSE LUIS MIRALLES GARCIA** y **D. JOSEP ELISEU PARDO**.

A la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**. Proyecto SIG.

Al Ingeniero **BENJAMIN CASTAÑO MURILLO**.

A todos aquellos que hicieron su contribución desinteresada.

CONTENIDO

	Pág.
CAPITULO I Desarrollo Sostenible, Lo Global y Lo Local.	
1.1 La Sostenibilidad en la Escena Urbana	1
1.2 Desarrollo Sostenible (DS). Origen y Evolución del Concepto.	2
CAPITULO II CAPACIDAD DE CARGA HUMANA O LOS LÍMITES DEL CRECIMIENTO URBANO.	
2.1 El tránsito del concepto de capacidad de carga de la biología a la ecología humana.	7
2.1.1 Capacidad de Carga en la Ecología.	7
2.1.2. El tránsito del concepto de capacidad de carga hacia la ecología humana	8
2.2. "Los limites" del crecimiento de las ciudades.	11
2.3 Indicadores Territoriales de Sostenibilidad. La Huella Ecológica.	19
2.3.1 Algunos Indicadores de Sostenibilidad.	19
2.3.2. La Huella Ecológica. - Efp - (Ecological foot print).	20
2.3.2.1 Calculo de la Huella Ecológica.	22
CAPITULO III. LA NOCIÓN DE CAPACIDAD DE CARGA EN LOS ESTUDIOS DEL MEDIO FÍSICO.	
3.1 Estudios del Medio Físico. Metodologías y Enfoques.	28
3.1.1 Metodologías	28
3.1.1.1 Metodologías Analíticas	29
3.1.1.2 Metodologías Sintéticas y Mixtas.	29
3.1.2 Cartografía temática y Cartografía Analítica	30
3.1.2.1 Mapas Analíticos	31
3.1.2.2 Mapas Sintéticos	31
3.1.2.3 Mapas Estáticos y mapas Dinámicos.	32
3.1.3 Enfoques	33
3.1.3.1 El Enfoque Geomorfológico	33
3.1.3.2 El Enfoque de Paisaje Integrado	34
3.1.3.3 El Enfoque Pedológico.	36

	Pág.
3.1.3.4 El Enfoque Urbanístico.	37
3.1.3.5 El Método Miralles-Altur	39
3.2. Objetivos y Método Propuesto.	45
3.2.1 Objetivos.	45
3.2.2. Método que se Propone.	45
3.2.2.1. Desarrollo Metodológico	46
3.2.2.2. Discusión del Método y Posibilidades de Aplicación	61
3.2.3. Identificación de Ecosistemas Estratégicos	66
 CAPITULO IV. LA HUELLA ECOLÓGICA DEL VALLE DE ABURRA	
4.1 Población y Centros Urbanos	75
4.2. Perfil Ambiental	79
4.2.1. Transporte Emisiones y Residuos Sólidos.	79
4.2.2. Agua e Hidroenergía	84
4.2.3 Alimentos y Otros Abastecimientos.	86
4.2.4. Vivienda y Equipamientos Urbanos.	88
4.3. Indicadores Territoriales de Sostenibilidad.	88
 BIBLIOGRAFÍA	 92

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. La Huella Ecológica de un Canadiense Promedio, en hectáreas por Persona.	26
Tabla 2. Déficits y Huellas Ecológicas de los países industrializados.	26
Tabla 3. Variables de Capacidad para la conformación de la Matriz.	42
Tabla 4. Matriz de Aptitud.	44
Tabla 5. Rango, Clase y Valor de Capacidad para la Pendiente	50
Tabla 6. Clase y Valor de Capacidad para los Riesgos Naturales.	51
Tabla 7. Aptitud Geológica al Uso Urbano, Clases y Valor de Capacidad	51
Tabla 8. Accesibilidad a Equipamientos y a Vías, Valoración de la Capacidad.	52
Tabla 9 Resumen las Variables de Capacidad.	53
Tabla 10. Coberturas Vegetales. Clases y Valores de Vulnerabilidad	54
Tabla 11. Capacidad agrológica. Clases y Valores de Vulnerabilidad.	55
Tabla 12. Vulnerabilidad a la Contaminación de Cauces Superficiales.	56
Tabla 13. Vulnerabilidad a la Destrucción de Valores Arqueológicos.	57
Tabla 14. Vulnerabilidad a la Inutilización de Yacimientos de Áridos y Arcillas.	57
Tabla 15. Resumen de las Variables de Vulnerabilidad.	58
Tabla 16. Matriz de Aptitud del Territorio.	61
Tabla 17 Ecosistemas de Interés Para La Comunidad Metropolitana	68
Tabla 18. Ecosistemas Estratégicos para el Valle de Aburrá, por los Servicios Ambientales que prestan.	72
Tabla 19. Ecosistemas Estratégicos para el Valle de Aburrá, por los suministros básicos que aportan.	74
Tabla 20. Número de Vehículos en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, en 1991 y Estimativo para 1998.	80
Tabla 21. Emisiones de CO ₂ y CO por el Parque Automotor Metropolitano (1997).	83
Tabla 22. Características de los Embalses que Abastecen de Agua el Valle de Aburrá.	85
Tabla 23. La Huella Ecológica de un Habitante del Valle de Aburrá en ha. por Persona	89

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Curva de Crecimiento Logístico. (Adaptada de Odum, 1994; Conway, 1983; citado por Jiménez, 1997)	9
Figura 2. Análisis Capacidad + Vulnerabilidad = Aptitud	41
Figura 3. Localización del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.	77
FIGURA 4. Área Metropolitana del Valle de Aburrá.	78
Figura 5. La Huella Ecológica del Valle de Aburrá.	91

CAPITULO I. DESARROLLO SOSTENIBLE. LO GLOBAL Y LO LOCAL.

1.1 La Sostenibilidad en la Escena Urbana.

Con la urbanización de la vida humana en el planeta, las ciudades han pasado a ser en este siglo, el hábitat humano por excelencia y por tanto escenario de las crisis de todo orden, así como de los más grandes logros de nuestra especie. No en vano Wackernagel (1996) afirmó que "La batalla por la sostenibilidad se ganará o se perderá en las ciudades". Y es que precisamente la idea de la sostenibilidad, tal como se concibe hoy en día, engloba la máxima aspiración de la humanidad, en tanto comprende las distintas problemáticas originadas en el desarrollo y el subdesarrollo, al tiempo que propone cambios diversos en orden a alcanzar un desarrollo sostenible.

Wackernagel sustentaba 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.

La separación entre la vida urbana y los escenarios naturales y de estos 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 urbana.

Es así como para el habitante urbano medio del siglo XX, 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 de mercurio, etc. Esta 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.

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, a medida que la ciudad crece, surgen las más agudas contradicciones entre medio ambiente y

desarrollo, entre sostenibilidad y deterioro irreversible. Es en 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.

Antes de discutir el papel de la ciudad como proyecto sostenible, es preciso esbozar una primera idea del concepto de ciudad que aquí se propone. En primer lugar parece evidente que ya no se habla del mismo espacio con una morfología dada de otras épocas. 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 sus límites deben buscarse allí donde 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.

Conviene presentar ahora el origen y evolución del concepto de desarrollo sostenible y el tipo de estrategias globales propuestas por distintos organismos internacionales y plantear el debate teórico actual, a fin de exponer ideas propias al respecto.

1.2 Desarrollo Sostenible (DS). Origen y Evolución del Concepto.

Existe consenso en torno al origen del concepto de DS, se distinguen claramente dos fases en la evolución de la idea, en la primera, su uso se relaciona con la comprensión por parte de un sector de la sociedad, de los desequilibrios en la biosfera producto del estilo de desarrollo y el ritmo de crecimiento de la economía, la población y el consumo humano. En la segunda fase el DS sostenible se plantea como aspiración global y se inserta en el discurso y las políticas oficiales.

La evolución del concepto - sin que esta revisión pretenda ser exhaustiva - se remonta a principios de los años setenta, ya en la conferencia de Cocoyoc (México, 1974) aparece el término DS, retomado luego en el informe *Estrategia Mundial para la Conservación*, elaborado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza - UICN - en 1980 (UICN, 1980, citada por Jiménez, 1997) así como en varios informes del Banco Mundial (Clausen, 1981).

La aparición de una idea fuerza que integrara lo que debería ser una preocupación mundial por el deterioro de la biosfera, se da como reacción a un movimiento social originado en la década de los sesenta, básicamente integrado por jóvenes de los países desarrollados

económicamente, que a pesar de contar con un alto grado de satisfacción de necesidades básicas, muestra insatisfacción frente a los valores de la sociedad de consumo capitalista a la que pertenecen (Miralles, 1997).

El debate y la crítica se expresan formalmente en 1970 con la constitución del Club de Roma, por un grupo internacional de científicos, educadores, empresarios humanistas, etc., autodefinido como " Sociedad civil apolítica y no lucrativa" con sede en Ginebra (Suiza) con el objetivo de obtener un conocimiento racional global, de las opciones de futuro que se plantean a la humanidad en relación con la explotación de los recursos mundiales del planeta, para el mantenimiento de la vida humana con una determinada calidad (Palau, 1974, citado por Miralles, 1997).

El Club de Roma promovió la realización del que más tarde se conocería como *Informe Meadows*, publicado en 1972. El influyente informe Meadows (Meadows et al, 1972, citado por Pearce, 1995) adopta una desatada postura *maltusiana* que implica que las políticas de protección del medio ambiente y la promoción de objetivos de crecimiento económico son incompatibles (Pearce, 1995). Predijo que de seguir con las tasas de disminución de los recursos naturales existentes en aquel momento, se llegaría a una importante crisis por agotamiento de materias primas, hacia los años 2020 a 2030, que podía suponer el comienzo del declive de la sociedad humana a nivel mundial y una crisis total de un sistema económico basado en última instancia en la utilización intensiva de unos recursos que son limitados y por tanto agotables (Miralles, 1997), o lo que es lo mismo, que los objetivos de crecimiento a largo plazo, no son factibles.

Esta línea de pensamiento condujo a la apelación de economías de estado estacionario (crecimiento cero) que propone básicamente como ideal, alcanzar un crecimiento nulo de la población mundial y orientar el crecimiento económico, hacia una redistribución internacional de la renta, para disminuir las diferencias entre los "países pobres" y los "países ricos" (Pearce, 1995).

Retomando la evolución del concepto de DS, el informe Meadows, si bien no enunció explícitamente el concepto de DS, si sentó las bases para su formalización como política global, gracias al anuncio de la finitud de los recursos naturales.

1972 fue un año clave en el proceso evolutivo del concepto de DS: la expresión de un cambio de conciencia global frente al desarrollo y el medio ambiente. Además de la publicación del informe Meadows en ese mismo año, tiene lugar en Estocolmo (Suecia) *la Conferencia de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Humano* que, destacando los problemas de la

pobreza y el crecimiento de la población, ensambla los retos ambientales y sociales, centrando su atención en los países en "vías de desarrollo" (Allende, 1995).

De hecho, el propio título de la Conferencia de Estocolmo, tuvo que ser matizado por los países "en desarrollo", insistiendo en la dimensión humana (*Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano*), aclarando que el medio ambiente no debía ser concebido bajo un sentido estrictamente físico-natural, sino que, "siendo una realidad sistémica que nace de la interacción entre el sistema natural y el sistema social, además del medio físico, hay que contar con el medio construido y el medio socio-cultural, donde los hombres desenvuelven su existencia" (Riechmann, 1995).

De modo que ganar la dimensión social del problema ambiental permitió que se incluyera la pobreza como causa de la crisis ambiental y por tanto la participación, globalización de la crisis ambiental, ahora entendida como una crisis de justicia social.

En Estocolmo se sentaron unas nuevas bases conceptuales, para comprender la compleja relación entre medio ambiente y desarrollo (Jiménez, 1997).

- La búsqueda del crecimiento económico no conduce necesariamente a un desarrollo perdurable ni a mayores metas de bienestar de la población.
- El capital natural, subestimado en el proceso de acumulación, se vuelve cada vez más escaso y esta sujeto a límites físicos.
- Los problemas ambientales responden a características y realidades diferentes nacionales/locales, según el grado de desarrollo de los países. Para el "tercer mundo" la insuficiencia de desarrollo, suponía el principal factor de degradación del medio ambiente.

En la misma línea de Estocolmo 72, el informe Brandt en 1980, propone una transferencia masiva de recursos a los países del tercer mundo, para asegurar su incorporación al "mundo desarrollado" (Allende, 1995). Así se cierra una época de importantes avances conceptuales, con el *Ecodesarrollo* como el concepto clave del decenio.

En la segunda fase de evolución del concepto de DS, este gana, por así decirlo, estatus de política oficial con carácter global, esto sucede en la década de los 80, después de dos décadas de pioneras aportaciones, para tratar de compatibilizar, por lo menos en el plano teórico, el desarrollo con la protección del medio ambiente.

El informe *Estrategia Mundial para la Conservación*, elaborado por la UICN en 1980, hace explícito el concepto de DS (UICN, PNUMA, WWF, 1980), pero es la *Comisión Mundial sobre*

Medio Ambiente y Desarrollo, quien en 1987 acuña en forma oficial el término, de allí la adopción oficial del mismo, al ser conceptualizado por un reconocido organismo internacional.

El informe *Nuestro Futuro Común*, también conocido como *informe Brundtland*, reconoce, tal como lo hizo Meadows, al medio ambiente como un auténtico límite al desarrollo; sin embargo a diferencia de su predecesor, acepta que la solución al problema ambiental es tecnocrática (medidas técnicas, financieras, institucionales) sin cuestionar la viabilidad de los fundamentos del modelo vigente de crecimiento económico. (Allende, 1995). El mensaje principal fue que las cuestiones básicas sobre el medio ambiente y la economía, ya no pueden ser tratadas separadamente, " (...) las políticas económicas que han asumido una biosfera ilimitada y autogeneradora, deben ahora cambiar y reconocer serios límites ecológicos" (Brundtland et al, 1987).

Una propuesta similar sobre el origen del DS, presenta Wackernagel (1996), al señalar que el punto de partida para la Comisión Mundial, fue el reconocimiento de que el futuro de la humanidad se encuentra amenazado y recuerda que el Informe comienza anunciando que:

"La tierra es una, pero el mundo no lo es". Todos dependemos de una misma biosfera para sostener nuestras vidas. No obstante, cada comunidad, cada país, lucha por su supervivencia y prosperidad sin darle mucha importancia al impacto que esto pueda tener para otros. Algunos consumen los recursos de la tierra en tal proporción que dejan muy poco a las futuras generaciones. Otros, muchos más en número, consumen muy poco y viven bajo la perspectiva del hambre, la enfermedad, la escasez y la muerte prematura". (Brundtland et al, pg. 27, 1987; citados por Wackernagel, 1996).

Los años noventa marcan lo que Jiménez (1997) ha llamado, el inicio de una etapa orientada por una " condición de la razón" hacia un " Contrato social planetario", para la cual el hito histórico ha sido la Cumbre de la Tierra de 1992. En Río se refuerza el carácter global del DS; en efecto, se llega a un acuerdo para definir el contexto global - como marco de referencia - donde se producen los problemas interrelacionados y en cual hay que encontrar las soluciones. (Jiménez, 1997).

Puede decirse que en *Río 92*, se reasume el concepto de DS, se explicitan sus características en términos globales y se desarrolla su aplicabilidad centrada en la confrontación norte sur (CNUMAD, 1992; citada por Allende, 1995). Al tratarse de un "acuerdo" entre estados, se compromete lo local/nacional al cumplimiento del objeto y principios de la declaración, en la que la cooperación para el desarrollo surge como elemento a destacar. Las principales dificultades para operativizar el DS, no surgen tanto de la falta de

claridad conceptual a escala global, de hecho, *Río 92* representa un importante avance al respecto. Tales dificultades se instalan en una cierta pasividad en la toma de decisiones y la generación de interpretaciones e indicadores de sostenibilidad - acaso de insostenibilidad - como materia prima para las políticas regionales, que a su vez nutran iniciativas nacionales y demuestren necesidades de cooperación internacional, en un segundo plano.

En conclusión, la propuesta que se elabora en este trabajo, constituye una iniciativa en el marco del *Ecodesarrollo*, en tanto discute la sostenibilidad de la ciudad a escala regional/local, al apuntar elementos para estimar el tamaño de la misma, en términos de la capacidad de carga propia y la *Capacidad de Carga Robada o Huella Ecológica*, del territorio en estudio, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá en Medellín, Colombia. Se proporciona una nueva base interpretativa del proceso de crecimiento de la ciudad, con miras a alimentar iniciativas de educación ambiental. Así la maduración y difusión de algunos de estos planteamientos, puede resultar útil además, a la gestión ambiental local y materia de justificación de protección de áreas estratégicas o de decisiones que pretendan invertir en el bienestar rural, parte de los recursos tributarios recaudados en la ciudad.

En el capítulo siguiente se discute el crecimiento de las ciudades, a partir del concepto de capacidad de carga de los territorios sobre los que tienen lugar habitualmente las concentraciones metropolitanas; se discute la idea tradicional de territorio como hecho administrativo y se amplía para considerarlo como un hecho ecológico, económico y social.

CAPITULO II CAPACIDAD DE CARGA HUMANA O LOS LÍMITES DEL CRECIMIENTO URBANO.

2.1 El tránsito del Concepto de Capacidad de Carga de la Biología a la Ecología Humana.

2.1 1 Capacidad de Carga en la Ecología.

El concepto de capacidad de carga surge, al igual que algunos otros que han hecho tránsito a ámbitos sociológicos⁵, en la ecología. Se define como la población máxima de una especie, que puede mantenerse sustentablemente en un territorio dado sin alterar su base de recursos. Como quiera que las poblaciones crecen, las consecuencias de un crecimiento prolongado acaban apareciendo más tarde o más temprano.

Entonces, ¿cómo se define y calcula el límite superior teórico de crecimiento (K, capacidad de carga) para saber el tamaño poblacional que puede sostenerse en una situación ambiental dada? (Odum, 1994). La respuesta a esta pregunta fue asumida en forma intuitiva en diversas técnicas de cría de ganado, que se preguntaron y respondieron que número de animales sería conveniente tener en un pastizal de área limitada, para que el suelo - entendido aquí como el principal recurso - no sufriera compactación y erosión, dando lugar a ese destino productivo en forma indefinida.

Nociones similares se emplearon para identificar causas de procesos erosivos originados en la ganadería, establecida en suelos de baja capacidad de carga o con niveles de explotación, superiores a dicha capacidad.

Podrían citarse múltiples ejemplos que en la agricultura - capacidad de uso - o en la silvicultura índice de sitio - incluían esta noción, tal como en la ganadería, con un propósito común de sostener por largo tiempo la explotación del suelo en el uso específico, con niveles de beneficio que la hicieran viable.

También en Ecología se reconocen dos niveles en la capacidad de carga: la máxima densidad o de subsistencia, o número máximo de individuos que, supliendo las deficiencias, pueden existir en el hábitat; y el nivel óptimo, o de seguridad, una densidad más baja en la

⁵ Algunos de Ellos, Medio, Ambiente, Diversidad.

que los individuos están más seguros en términos de alimento, resistencia a los depredadores, fluctuaciones periódicas, etc., según los recursos existentes (Odum, 1994).

La capacidad de carga así definida, supone que el impacto per capita de los individuos de una especie es igual, lo cual es especialmente falso en el caso del hombre, pero también en el de muchas otras especies (Odum, 1994).

La utilidad práctica de esta noción se centra en la posibilidad de utilizarla a fin de conocer óptimos y máximos de capacidad de explotación o máximo rendimiento sostenible, constituyendo un criterio biológico y económico para la gestión de los recursos naturales renovables. Según esto, en un bosque se extraerían el número de metros cúbicos de madera al año, que el bosque mismo es capaz de reponer gracias a su crecimiento natural; el máximo potencial de pesca también representa un criterio convencionalmente utilizado en la utilización sostenible de recursos pesqueros.

En general, para cualquier población cuyo crecimiento pueda representarse mediante un modelo logístico; se puede representar la situación de equilibrio poblacional, en la cual las restricciones del medio, limitan el crecimiento poblacional. Como ya se indicó, tal límite se denomina "capacidad de carga" del ecosistema.

A partir de este punto la población (o la biomasa) no crece, sino que permanece constante (K). El máximo crecimiento neto (Δp máximo) se obtiene cuando el tamaño de la población es aproximadamente, la mitad de su valor máximo (K/2) o 2/3 del mismo ($2K/3$), Conway, 1983; citado por Jiménez, 1997). K representa el nivel máximo, mientras que el nivel óptimo (K_0) es otro punto inferior, situado entre el nivel de saturación y el punto de inflexión (Δp máximo). (Odum, 1994). (Figura 1).

Una población puede alcanzar en distintos momentos en el tiempo (t_1, t_2, \dots, t_n) el nivel máximo, siempre que la cantidad de biomasa extraída o población se mantenga por encima del nivel óptimo; es decir, siempre que se extraiga por encima del nivel óptimo, que en todo caso, no es igual a la capacidad de carga K ($K/2 < 2K/3 < K$)

2.1.2 El tránsito del concepto de capacidad de carga hacia la ecología humana

Basándose en la capacidad de carga de individuos o biomasa, es factible suponer que cada unidad (cada individuo o unidad de peso) tiene más o menos el mismo impacto sobre el ambiente que cualquier otra unidad. Sin embargo, los individuos pueden diferir ampliamente en su impacto. Esto es especialmente cierto en el caso del hombre. (Odum, 1994).

Se sabe que el consumo de energía y recursos per capita en los países industrializados, puede ser muchas veces mayor al que se produce en los países llamados pobres. En consecuencia, la capacidad de carga, en términos de número de personas, depende del nivel de consumo de la población y es menor, tanto mayor sea este. Puesto que el hombre difiere ampliamente en su impacto sobre los recursos sustentadores de la vida, la sociología ha añadido una nueva dimensión, intensidad de uso, al concepto de capacidad de carga. Catton, (1987); citado por Odum (1994) define capacidad de carga como *el volumen y la intensidad de uso que puede ser sostenido ininterrumpidamente sin degradar la idoneidad futura del medio ambiente para este uso*.

De este modo, el concepto de capacidad de carga comienza a emplearse sin demasiadas especificaciones en ciencias sociales, entendiéndose como la capacidad de sustentación del planeta tierra y para la especie humana (Riechmann, 1994).

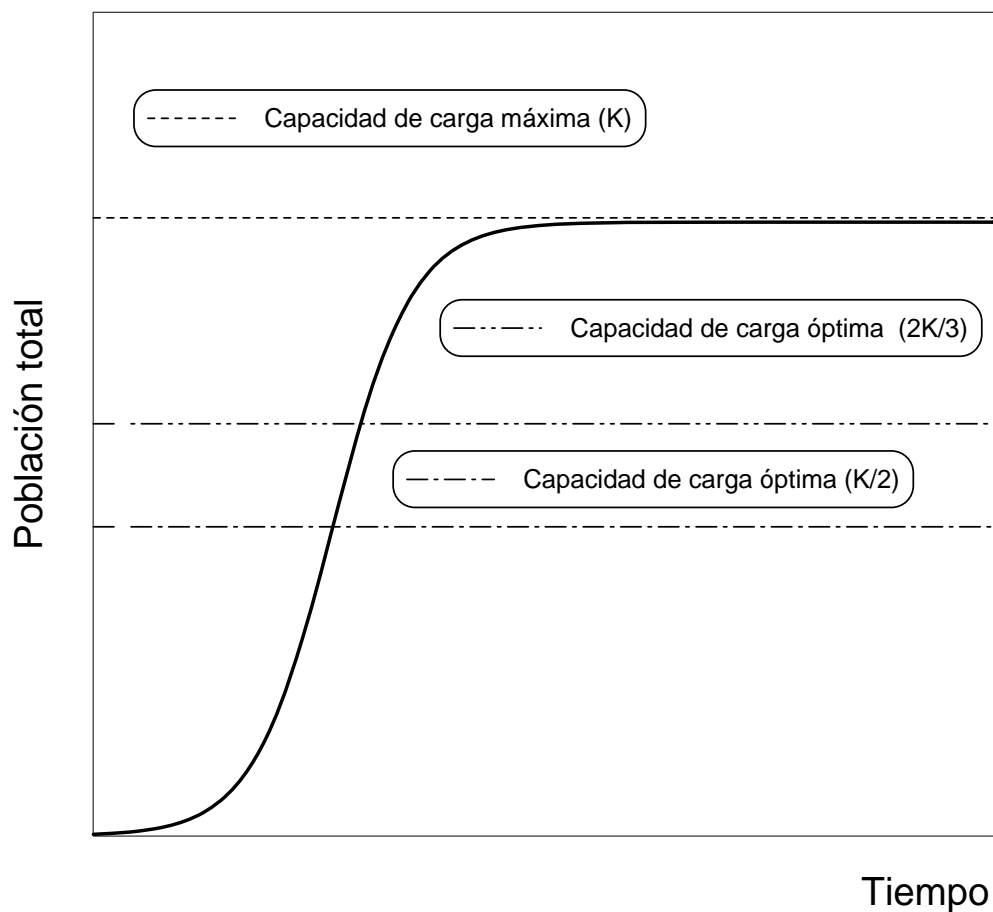


Fig.1 Curva de Crecimiento Logístico. (Adaptada de Odum, 1994; Conway, 1983; citado por Jiménez, 1997)

Esta nueva denominación, más común en ciencias sociales y ambientales, "capacidad de sustentación" evoluciona claramente del concepto de capacidad de carga e incorpora la noción de sostenibilidad, entendida como la perpetuación de las actividades humanas en un territorio sin deteriorar la base de recursos, denominada capital natural, por similitud con el concepto económico clásico de capital; de este modo, desde la interpretación económica del concepto de capacidad de sustentación se asimila el ecosistema al capital natural, la extracción máxima sostenible a los "intereses" que ese capital produce en un tiempo determinado; y en consecuencia, la capacidad de carga se refiere al número de agentes económicos que dado un nivel de consumo y una cierta tecnología, es posible mantener dejando intacto el capital.

¿Pero existe un valor K para la especie humana en el cual pueda decirse que se ha saturado la capacidad de sustentación del planeta?, ¿hay límites al número de seres humanos que pueden vivir en este planeta sin dañar irreversiblemente la biosfera? (Riechmann, 1994); el reconocimiento de que vivimos en una biosfera finita, nos deja con, por lo menos, la certeza de que esta capacidad de sustentación es limitada; en esta línea argumental, tras los interrogantes planteados, se empieza a hablar de *carga humana*, una noción que en parte retoma las tesis del crecimiento cero y el pensamiento económico clásico.

La idea de capacidad de carga humana se incorpora al debate sobre la sostenibilidad, a pesar de que como señala Rees (1996) hay una gran división respecto al valor que tiene la inclusión de este concepto en tal debate. Existen dos posiciones contrarias que se enfrentan alrededor de la posibilidad de extender el concepto de capacidad de carga o sustentación, al campo de la ecología humana.

Los economistas y planificadores convencionales, continua Rees (1996) generalmente ignoran o desechan el concepto cuando lo aplican a la especie humana. pese a los incrementos de la sofisticación tecnológica, la humanidad permanece en un estado de obligada dependencia de la productividad y de los servicios vitales de la ecosfera (Rees 1990, citado por Rees, 1996). (...) hoy en día la población humana y el consumo se están incrementando mientras que el total de la superficie productiva y el stock de "capital natural" están fijos o en declive.

Estas tendencias opuestas requieren de una aplicación del análisis de capacidad de carga. El razonamiento propuesto por Rees (1996) define en principio la capacidad de carga y carga humana: (...) a causa de nuestra aparente habilidad para aumentar nuestra capacidad de carga eliminando a otras especies, importando recursos localmente escasos y mediante la tecnología, esta definición parece irrelevante para los humanos; de hecho, el comercio y la tecnología se usan a menudo como razones para rehusar totalmente el concepto de

capacidad de carga humana (Rees, 1996). Este es un error contraproducente, ya que una disminución de la capacidad de carga puede volverse pronto el único tema importante con el que se enfrentara la humanidad.

La razón de esto se aclara, propone este autor, si definimos la capacidad de carga no como la máxima población, sino como la máxima carga que puede ser impuesta por la población al medio sin estropearlo (Rees, 1996). Esta ultima idea de Rees, coincide en buena medida con la definición que se adopta en este trabajo como capacidad de carga, capacidad de sustentación o capacidad de acogida, concepto que se desarrollará más adelante.

2.2. "Los Límites" del Crecimiento de las Ciudades.

"Los límites del crecimiento de la ciudad", esta afirmación parece aun hoy producto de una ideologización extrema del pensamiento utópico o un impulso ecologista fruto de la reacción en contra de la crisis ambiental.

Así, la Teoría General de la Urbanización de Ildefonso Cerdá propuso un modelo de urbanización sin límites que puede extenderse en forma continua en el territorio al ritmo de las necesidades de expansión urbanas (Miralles, 1997); la idea de crecimiento de la ciudad, como expansión de los hechos urbanos, enunciada por Cerda en 1867, sigue viva en la mente de muchos planificadores que identifican el problema de la ciudad actual como un conjunto de necesidades de espacio, para la vivienda, para el ocio, para los equipamientos,... de este modo, si hay espacio urbanizable, cualquier problema urbano puede resolverse eficientemente.

Retornando al concepto de capacidad de carga. Odum (1994) coincide con nuestra apreciación anterior cuando señala que "el mensaje de que la capacidad de carga óptima siempre es inferior al máximo, es un concepto difícil de hacer comprender a los diseñadores urbanísticos, quienes tienen la tendencia a querer abarrotar los núcleos urbanos, ya que frecuentemente hay más dinero que ganar promoviendo cantidad que promoviendo calidad. Las actuales políticas de impuestos y ordenación territorial deberían cambiarse, eliminando los incentivos que conducen a sobrepasar la capacidad de carga" (Odum, 1994).

Podemos señalar que se trata de una vieja polémica que ha pasado por diversas argumentaciones y aun hoy existen quienes hablan de desaparición de las ciudades (Schoonbrodt, 1994), mientras otros las señalan como eventuales espacios "privilegiados" donde se manifiesta la crisis global (Fernández *et al*, 1994)

."La ciudad como proyecto sostenible", parece el tema crucial a enfrentar en medio del debate sobre la expansión urbana y sus efectos sobre el territorio. En su trabajo clásico sobre *La Economía de las Ciudades*, publicado en agosto de 1969, en medio del creciente interés mundial sobre la crisis ecológica global; Jacobs, apunta, para referirse al fenómeno del crecimiento de la ciudad que "la idea de que, de acuerdo con una planificación económica consciente, el crecimiento de la población ha de limitarse, porque los recursos naturales son limitados, es "profundamente reaccionaria" (Jacobs, 1971)

Jacobs consideraba que los problemas ambientales urbanos son producto del estancamiento y no del desarrollo, y que su manifestación se debía a la falta de la generación y puesta en práctica de nuevos bienes y servicios tecnológicos, para contrarrestar fenómenos como el ruido urbano; citando la opinión de Francis Bello, "especialista en tecnología", Jacobs sostenía que los proyectos para contrarrestar el ruido urbano eran factibles "desde hacía algún tiempo", pero no habían sido utilizados... y continuarán sin serlo, tal como lo admitía la autora para su época, podría admitirse algo igual hoy en día, pero en buena parte, porque tales tecnologías para contrarrestar el ruido urbano, proveniente en gran medida de la movilidad vehicular, aun se encuentran en un estado precario, a pesar de importantes avances en la medición de los niveles sonoros admisibles y el diseño de aislamientos, que valga decir, absorben las altas frecuencias de las ondas sonoras, las menores en el ruido vehicular, compuesto predominantemente de bajas frecuencias (Gaja, 1997).

Para analizar el antecedente que proponemos, nos centramos en el trabajo de E. Howard cuya sistematización teórica tuvo lugar en 1868, en un trabajo denominado *Garden Cities of Tomorrow* (Ciudades Jardín del mañana), el planteamiento de Howard nos interesa en tanto su propuesta pretendía solucionar el problema de la superpoblación en las ciudades y la consecuente reducción de las zonas rurales. Howard analizó el problema sencillamente: las grandes ciudades pagaban salarios más altos que los pueblos y por eso atraían a la mano de obra, superpoblando por ello las ciudades y agotando los recursos humanos del campo; a este fenómeno lo denominó Howard "el imán campo ciudad". (Howard, citado por Ayonino, 1972)

Esto para indicar que el debate es, como señalamos anteriormente, ciertamente antiguo. No nos remontaremos a análisis de la situación de las ciudades antiguas con su elevado índice de mortalidad infantil y su gran número de huérfanos, con su gran cantidad de animales de carga, sus establos, sus moscas, sus calles llenas de estiércol y orines de caballo (Jacobs, 1969) muchos de estos problemas, ciertamente habían sido resueltos por la tecnología en las ciudades modernas a principios del siglo y mucho antes; la crisis de la superpoblación a la que se refería Howard no planteaba tanto un problema tecnológico, sino una cuestión

económica y social; al igual que hoy las generadoras de los cuestionamientos más serios al funcionamiento y el futuro de las ciudades.

Estas interpretaciones en torno al crecimiento de la ciudad, siguen teniendo los mismos ataques, se les acusa a menudo de estar inspirados por un antiurbanismo nostálgico, anti-industrialismo, o vuelta al campo. Lo cierto es que desde la época de Howard hasta nuestros días, las ciudades siguen recibiendo más población en condiciones cada vez más deplorables, mientras las zonas rurales se desocupan; esto es especialmente cierto en el caso de la ciudad latinoamericana.⁶

Tras decenios de críticas a la civilización urbana - a la que se ha cargado con todos los males -, creemos que lo que esta en cuestión no es la existencia de la ciudad, ni siquiera su crecimiento, sino el estilo de vida y el modelo de expansión urbanas que esta generando crecientes desequilibrios de todo orden, en las zonas "rurales" circundantes, que comprometen el nivel de bienestar en las urbes, en donde finalmente repercuten todos los problemas de las zonas rurales, aun las más lejanas de las concentraciones metropolitanas.

¿Cuál es entonces el estado actual del debate sobre la expansión de la urbanización? En 1800 solo el 3% de la población vivía en ciudades, cantidad que paso al 15% en 1900, saltando al 33% en 1950 y se prevé que alcance el 50% para el año 2000. Entre 1950 y el 2000 la población urbana del "Norte" se doblara, mientras que la del "Tercer Mundo" se multiplicara por seis (Brauchard, 1993; citado por Fernández *et al*, 1994) efectivamente en Colombia más del 75% de la población vive en zonas urbanas (Universidad Nacional, 1994).

Muy diversas causas se apuntan para explicar este fenómeno migratorio campo-ciudad a escala mundial, a propósito Fernández *et al* (1994) señalan a los procesos de mundialización económica como responsables de los procesos incontrolados de urbanización.

A esta opinión, que compartimos, habría que sumar en el caso de Colombia la violencia desatada en los campos tras cuatro décadas de guerra civil no declarada, además de la concentración de las inversiones en infraestructuras y de la toma de decisiones en las ciudades; estas podrían entenderse sin embargo, como reflejos de la causa estructural señalada por Fernández *et al* (1994).

Esta situación mundializadora tiene rasgos comunes en todas las ciudades del mundo de alguna importancia; sin excepción quieren seducir la economía mundial, atraer y retener

⁶ Actualmente en Colombia el 75% de la población vive en las ciudades. Fuente: Política Ambiental del Plan Nacional de Desarrollo. Documentos de Base. (Universidad Nacional, 1994)

inversionistas. Para ello, se valen de un despliegue de atractivos e imágenes construidas, normalmente con grandes costos económicos. Como señalara J.P. Gaudin, citado por Fernández *et al* (1994), se trata de erotizar lo local; la competitividad de la ciudad es a menudo asunto de política estratégica para posicionar la ciudad a nivel mundial, al tiempo, en las periferias urbanas crece la ingobernabilidad ante la expansión de los llamados cinturones de miseria o "barrios subnormales". Al tiempo, los gases producto de la combustión de combustibles fósiles y los desechos industriales de todo tipo contaminan el aire, el suelo y los - otrora - ríos que atraviesan las urbes.

La ciudad actual, metrópoli, esta en el centro del debate sobre la sostenibilidad del modelo de desarrollo dominante y los patrones de uso y abuso de los recursos naturales que impone; se acusa a estas grandes concentraciones humanas de ser las principales responsables de los desequilibrios económicos, sociales y ambientales que ocasiona el modelo, dando lugar a crisis de la misma naturaleza que están derivando en la progresiva ingobernabilidad de los territorios metropolitanos.

Hablamos pues, de tres tipos de crisis (Fernández *et al*, 1994) la económica, la sociopolítica y la ambiental. Los desequilibrios en la inversión social y el cada vez más costoso mantenimiento de las ciudades; la creciente expansión de la violencia y el progresivo agotamiento de los recursos naturales y deterioro del entorno que afecta al funcionamiento de la ciudad; son, en su orden, reflejos de estas tres crisis; crisis que se interrelacionan y retroalimentan entre sí.

La violencia en las ciudades, a juzgar por la definición que de ella hacen los medios de comunicación internacional, parece más un fenómeno propio de los países del llamado "tercer mundo" que de los países "desarrollados"; sin embargo, no parece eso cierto, al menos categóricamente. Los comportamientos sociales desordenados, delictivos o desviados y patológicos, se expanden en todas las regiones metropolitanas del mundo; aun en aquellas que observan altos índices de necesidades básicas cubiertas.

Estos conglomerados urbanos se han consagrado como aquellos espacios en los que, a pesar de concentrar los más altos volúmenes de inversión, se observa la precarización del empleo, y donde se concentran las desigualdades sociales más extremas y se condensa la ingobernabilidad social (Fernández *et al*, 1994). Se han consolidado como enclaves tremendamente costosos de mantener en términos económicos, absorbiendo recursos públicos del resto de los territorios y como responsables del elevado nivel de endeudamiento - publico y privado - que hoy día amenaza las economías de las grandes metrópolis, que a menudo, ven en la especulación pública y privada con el suelo, la única salida a su deficitaria situación financiera, para lo cual recurren a calificar y vender suelo, por encima de las

expectativas de servicios a la nueva población; pero a la larga, como indica Fernández *et al* (1994) el remedio es peor que la enfermedad.

Las mayores inversiones por tanto, están casi siempre dirigidas a incrementar la competitividad de la ciudad y a controlar la violencia; el mal social urbano del siglo XX. En el primer caso, la creciente dimensión de los procesos de globalización-modernización, a cuya zaga marchan la firma de acuerdos y tratados de libre comercio, que conllevan ampliación de los mercados y una paralela concentración de la actividad económica en las grandes regiones metropolitanas, desde las cuales, contingentes de capital de inversión parten hacia las zonas rurales a promover agricultura tecnificada de exportación, con la lógica exclusión, incluso de los mercados locales, de grandes grupos de campesinos que se marchan a las ciudades.

La conflictividad social en las metrópolis latinoamericanas, mucho más difundida por la prensa internacional⁷ con mucha mayor virulencia que en las metrópolis del "mundo desarrollado", aparecen áreas donde se concentran bolsas de extrema pobreza y marginación, que ante la mirada a veces atónita, a veces indiferente, llegan a constituir verdaderos micro estados en los que grupos criminales o subversivos ejercen todas las funciones de un gobierno legal. Aun en estos contextos, los gobiernos locales insisten en sustituir objetivos de justicia social y equilibrio territorial por eufemismos como innovación, competitividad y crecimiento económico.

La tercera crisis, la ambiental, tampoco ha sido objeto de un tratamiento afortunado, en muchos casos, se inscribe en la misma lógica de la competitividad y la globalización, cuando se aborda el medio ambiente como un atractivo para localizar actividades; la calidad ambiental resulta, según esto, un factor de competitividad de primera magnitud. Desde nuestra perspectiva, la crisis ambiental cubre un contexto mucho más amplio y crucial que embellecer las avenidas, las zonas verdes, limpiar las basuras de las quebradas o invitar a la población a reciclar; todas estas legítimas y necesarias.

La crisis ambiental la entendemos en dos dimensiones, una que podríamos llamar interna, que se relaciona con todos los fenómenos de deterioro del entorno que son percibidos por los ciudadanos en forma cotidiana o por las administraciones a través de instrumentos y planes de gestión.

⁷ Sorprende el dato de un asesinato cada 14 minutos en New York, reportado - sin fuentes - en el trabajo de Fernández *et al* (1994)

La otra dimensión, externa, se corresponde con la creciente dependencia de las metrópolis respecto de las actividades y recursos naturales que provienen de regiones cada vez más lejanas. Abordaremos en principio, la dimensión interna de la crisis ambiental urbana.

En el primer capítulo ya anunciábamos la alienación que tiene el habitante de la metrópoli respecto de su entorno natural; pese a ello, "la preocupación por la ecología" es un agente importante de los movimientos sociales urbanos en todo el planeta. Una de las preocupaciones más recurrentes de estos movimientos ecologistas, es la contaminación medioambiental. Al agrupar bajo esta categoría, la contaminación del aire, del suelo - residuos sólidos - de las fuentes de agua y más recientemente, las llamadas contaminación acústica y visual.

Todos los problemas ambientales y algunos otros más particulares a cada ciudad, son abordados con relativo éxito por entidades estatales encargadas de la gestión ambiental; puede decirse que se conocen tecnologías y existe voluntad política de superar estos problemas; no puede generalizarse esto al caso de la ciudad latinoamericana en donde aun es letra muerta mucha de la retórica ecologista mundial...aparentemente, las prioridades son otras.

Es importante aclarar, sin embargo, que no creemos viable la utilización de tecnologías (el más estricto control de la contaminación o el más amplio uso de la evaluación de impacto ambiental o la adopción por parte de la población de hábitos ecológicamente sanos como sociales) aplace o sustituya o resuelva la crisis ambiental en las ciudades... en todo caso, estos instrumentos marchan a un ritmo menor del que se producen los deterioros ambientales descritos, y parece más prudente no preguntar hasta donde es sostenible esto en el tiempo. Nos ocupamos ahora de la dimensión externa de la crisis ambiental urbana.

Podemos partir de unas recientes formulaciones de la segunda ley de la termodinámica en orden a comprender el impacto de las concentraciones urbanas sobre su entorno inmediato; estas formulaciones sugieren que todos los sistemas altamente ordenados se desarrollan y crecen (incrementan su orden interno) a expensas de un desorden creciente en los niveles más altos de la jerarquía de los sistemas (Schnaider y Kay, 1992; citado por Rees, 1996). Es decir, los sistemas dinámicos complejos permanecen en un estado de no equilibrio a través de una continua disipación de energía disponible y del material extraído de los ambientes que los hospedan. Estos sistemas requieren de un constante *input* de energía y materia para mantener su orden interno, frente a la desintegración entrópica espontánea. así, los sistemas auto organizativos en estado de no equilibrio, son llamados "estructuras disipativas" (Rees, 1996). Para este autor, la economía humana es una de esas estructuras disipativas

altamente ordenada, dinámica y lejos del equilibrio; a las ciudades como centros de vida y actividad humana por excelencia, les son aplicables estas consideraciones.

El modelo de intercambio de materia y energía de una metrópoli, es opuesto al de un ecosistema maduro natural, tipo arrecife de coral o bosque húmedo. En estos últimos los ciclos son muy cortos y el transporte eminentemente vertical. Por el contrario, la ciudad no es autosuficiente y extiende su importación de materia y energía a un espacio en rededor considerable; domina pues el transporte horizontal largo, a expensas de invertir grandes insumos de energía exosomática, en lugar del reciclado vertical corto (Parra, 1994); de modo que la ciudad se expande, crece, pero ya no como una extensión de la malla urbana, sino a través de los impactos que las demandas de materiales y energía hacen del entorno, de donde están importando su sostenibilidad.

Podemos hablar entonces de una nueva realidad campo-ciudad, que a nuestro juicio no resuelve ni agrava el viejo debate, simplemente lo pone en un nuevo escenario. Tradicionalmente las diferencias entre lo rural y lo urbano han estado claras, se acepta que el primero se caracterizaba por:

- Núcleos de población con pocas personas que se conocían entre si.
- Dispersión relativa del poblamiento y, en consecuencia, cierta escasez (asumida y conformista) de servicios colectivos.
- Importancia de las actividades agropecuarias (en términos de población ocupada y de población relativa)

Pero hoy día no se debe mantener esta visión, al menos con carácter general; el concepto de ciudad es, en el contexto de las grandes metrópolis, más cualitativo que cuantitativo; aunque la diferencia visual entre campo y ciudad puede ser aparente, si nos atenemos a criterios funcionales, apreciamos un proceso de homogeneización, sobre todo en aspectos sociológicos.

Esto apenas se reconoce en las políticas de ordenación y desarrollo del medio rural, en las que prima, en el mejor de los casos la idea asistencial (Ors, 1998). Esta visión tradicional, aunque útil, no considera un conjunto de usos del suelo y actividades que de forma creciente se implementan en el medio rural (creciente en función de la homogeneización del espacio, en términos de energía y comunicaciones - transportes y telecomunicaciones -) que permiten en la actualidad, y más de cara al futuro, la incorporación de formas de vida y actividades típicamente urbanas al hábitat rural (Gómez Orea, 1992).

Esto tiene consecuencias de gran alcance en la planificación del territorio, aun poco consideradas. Por otra parte, el espacio rural añade a sus funciones tradicionales de producción (agricultura, madera, fibras, capitales y mano de obra exportable, etc.) Otras funciones relacionadas con importantes servicios: conservación de espacios prístinos, recursos paisajísticos, turísticos, áreas de conservación de especies, etc.

Estas funciones se exigen por la población urbana como garantía de calidad de vida, aunque rara vez son reconocidas plenamente a efectos de compensación territorial (Ors, 1998) y mucho más raro resulta el hecho de que el conjunto de la población relacione actos tan cotidianos como abrir el grifo o encender una bombilla, con el mantenimiento de valores y recursos en el entorno rural de la ciudad.

Estas apreciaciones cobran validez a medida que aumenta el tamaño de la ciudad. Las metrópolis actuales difieren de las pequeñas ciudades, no sólo en su tamaño, sino en la configuración y funcionamiento de sus ciclos de materia y energía; esta desproporción origina las alteraciones medioambientales más importantes. Es regla que las edificaciones urbanas, altamente densificadas por la edificación en altura, se asientan sobre los suelos de mayor valor ecológico y agronómico; al igual que las infraestructuras necesarias para mantener la vida urbana.

Pero ¿cuál es el rasgo más característico o la manifestación más común de la crisis ambiental y económica en las áreas rurales afectadas por la órbita de las concentraciones metropolitanas?

Como "crisis" del medio rural nos referimos a la brusca quiebra de los sistemas tradicionales de producciones agropecuarias y silviculturales, que ha dado lugar a:

- Marginalización socioeconómica de grandes áreas rurales.
- Cambios sociales y poblacionales bastante bruscos.
- Grandes impactos ambientales, debidos a la perdida de la capacidad autorreguladora de estos sistemas tradicionales que se mantenían por un constante aporte de trabajo y dedicación que ya no es rentable en las condiciones actuales (Ors, 1998).

El modelo económico y productivo energívoro y de alto impacto ambiental, y poco demandante de mano de obra, frecuentemente compite con ventaja frente a las producciones tradicionales de menor componente tecnológica, basada en el uso intensivo de mano de obra y de menos efecto ambiental. (Fernández *et al*, 1994)

Los altos impactos ambientales impuestos por las nuevas tecnologías - deforestación, pérdida de suelo fértil, contaminación, agotamiento de recursos - provocan la disolución de las estructuras productivas previas, al desaparecer su base local de subsistencia, lo que obliga a emigrar a las grandes ciudades; la producción tradicional no puede competir con la tecnificada y altamente subsidiada producción agroindustrial; tampoco con el costo de oportunidad frente a opciones como segundas residencias, establecimientos de ocio y otros usos del suelo, comúnmente demandados tras la apertura o mejora de vías.

Otra causa importante del desplazamiento del campesinado a las zonas urbanas, es la implantación en el área rural, de infraestructuras necesarias para el funcionamiento urbano; embalses, hidroeléctricas, grandes aeropuertos, vías; a la que se agrega en Latinoamérica, la presencia de conflictos armados, que se desenvuelven en su mayor parte en los campos.

Estamos aún lejos de considerar el medio rural como parte integral del bienestar urbano, aún con la creciente integración inducida por el actual proceso de aceleración y mundialización de la economía y también por la aceleración de los procesos sociales que recortan cada vez más la capacidad de reacción de las personas individuales, arrastradas por la propia dinámica social y la ley del beneficio a corto plazo. En el medio rural estos procesos originan:

- Estandarización de los hábitos culturales guiados por los medios de comunicación.
- Estandarización de los hábitos consumistas, siguiendo una falsa relación calidad precio.
- Estandarización y compartimentación de las producciones tradicionales.
- Concentración geográfica del valor añadido
- Desvertebración económica y territorial.

2.3. Indicadores Territoriales de Sostenibilidad. La Huella Ecológica.

2.3.1 Algunos Indicadores de Sostenibilidad.

En el apartado anterior hemos mostrado como el funcionamiento de las grandes conurbaciones, es posible gracias a que se satisfacen una serie de requerimientos de salubridad urbana, de vertido de desechos, de abastecimientos, de movilidad, etc.; a base de desplazar los efectos negativos a otros territorios no tenidos en cuenta, pero que constituyen la impronta sobre el territorio del crecimiento urbano.

El análisis que se propone a continuación, parte de aceptar la importancia de que sea desde la ecología y no únicamente desde el urbanismo, desde donde se reflexione sobre el funcionamiento físico de las ciudades y sus impactos en ámbitos periféricos y aún distantes y

a poner tímidamente en cuestión, las actuales formas de vida y organización, al apreciar su inviabilidad o insostenibilidad.

Concretamente se propone el concepto de "Huella Ecológica" como indicador territorial de sostenibilidad; una medida de la incidencia de las metrópolis sobre el territorio y, a partir de allí, una delimitación del territorio metropolitano, más cercana a la realidad ecológica.

La Huella Ecológica hace parte de un conjunto de indicadores desarrollados para juzgar el impacto general de la economía humana sobre el medio ambiente. Algunos de estos indicadores han intentado corregir el Producto Nacional Bruto (PNB); Martínez (1998) los denomina *correcciones verdes al PNB*. Entre estos se incluyen el de Cobb y Daly, del *Bienestar económico sustentable* (Index sostenible economic well-being, ISEW) y el índice de El Serafy de *los recursos no renovables*, que intenta responder a la pregunta ¿Qué parte de los ingresos de un país por la venta de recursos no renovables, puede considerarse ingreso verdadero y que parte debe considerarse descapitalización?

En la misma dirección Rofie Hatting se preocupa de la valoración de los servicios o funciones ambientales dañados por la actividad humana, teniendo como telón de fondo las metas u objetivos concretos planteados en el informe Brundtland (Martínez, 1998).

2.3.2. La Huella Ecológica. - Efp - (Ecological foot print).

Este concepto fue desarrollado por William E. Rees y Mathis Wackernagel en 1994 (Rees et al, 1994); en ese mismo año en el Global Forum, sobre ciudades y desarrollo sostenible, se propuso esta idea para aplicarla a las metrópolis (Thomson, 1994). El trabajo de los dos primeros defiende que la capacidad de carga ecológica es una de las bases fundamentales de la contabilidad demográfica. Se pregunta si quedara suficiente stock de "capital natural" para sustentar la carga de la economía humana prevista para el próximo siglo.

Según Rees (1996) la huella ecológica muestra que muchos de los llamados países avanzados, están acumulando rápidamente un gran déficit con el resto del planeta; en otras palabras, que están importando capacidad de carga, para mantener sus actuales niveles de producción y consumo. Para fines prácticos, el análisis de huella ecológica, ha optado por dar una representación espacial de la carga ambiental de la economía. Más que preguntar cuál es la población que puede sostener una determinada región o país en forma sostenible - lo que dependería no solo de su geografía y recursos sino también de su nivel promedio de consumo exosomático y de materiales, y de la intensidad energética y material de las tecnologías empleadas; y también del comercio - la pregunta de la capacidad de carga se convierte en ¿cuan grande debe ser un área para sostener indefinidamente una población dada, con los niveles de vida y las tecnologías actuales?

Rees redefine la capacidad de carga humana como las tasas máximas de utilización de recursos y generación de residuos (la carga óptima) que pueden sostenerse indefinidamente sin deteriorar progresivamente la productividad e integridad funcional de los ecosistemas donde quiera que estén. En síntesis, la propuesta de Rees para introducir la capacidad de carga al análisis de huella ecológica propone dar la vuelta al numerador y denominador de la habitual expresión (habitantes/unidad de superficie). En vez de preguntar - como ya señalamos - cuanta población puede mantener sosteniblemente una región determinada, la cuestión sobre la capacidad de carga es ahora que superficie de suelo es necesaria para mantener una población determinada indefinidamente, sea donde sea que se encuentre este suelo? (Rees, 1992; Rees y Wackernagel, 1994; Wackernagel y Rees, 1995; citados por Rees, 1996)

Muchas formas de flujos materiales y servicios ambientales, son producidos por los ecosistemas terrestres o acuáticos. Entonces debería ser posible estimar el área de suelo/agua requerida para producir sosteniblemente la cantidad de cualquier recurso o servicio ecológico, utilizado por una población definida, a un nivel tecnológico determinado.

La suma de estos cálculos para todas las categorías de consumo, nos daría una estimación del capital natural usado por una población, medido por un territorio o área. Rees (1996) propone un ejercicio mental para entender la realidad ecológica que existe detrás de este análisis; propone imaginar una ciudad definida por ejemplo por un área de suelo edificado, encerrado en un hemisferio hermético de plástico, de modo que no es posible el suministro de recursos vitales y sin sumideros de residuos; en esta situación rápidamente la población moriría de hambre y sofoco. Concluye que en esta ciudad imaginaria, los ecosistemas no tienen capacidad para soportar la carga ecológica impuesta por la población humana.

Este modelo mental muestra que, como resultado de la alta densidad demográfica, del enorme incremento de consumo de energía y materia per capita, facilitado (y requerido por) la tecnología, y de una dependencia universalmente creciente del comercio, "la localización ecológica de los asentamientos humanos ya no coincide con la localización geográfica" (Rees, 1996) a esta localización ecológica es a lo que llamaremos territorio; el territorio metropolitano.

Las ciudades se apropian necesariamente de la producción ecológica y de las funciones de soporte de la vida de regiones distantes de todo el mundo; pero especialmente de aquellas regiones que hacen rentables ciertos flujos, las periferias suburbanas o rurales.

Los mecanismos usuales son el comercio y el transporte en general y los ciclos biogeoquímicos de materia y energía. La cantidad de ingreso natural que no puede abastecerse en el propio entorno urbano - entendido este en el sentido clásico de la planificación urbanística: la suma aditiva de las mallas urbanas o términos municipales - se llama capacidad de carga robada o apropiada (Apropriated Carrying Capacity) que Rees (1996) define como: la parte de los flujos de recursos biofísicos y de la capacidad de asimilación de residuos por unidad de tiempo, del total global, apropiados por una población o economía determinadas.

En esta definición los flujos son demandados por la población que no los produce en forma autónoma, el autor incluye la unidad de tiempo para dotar de conmensurabilidad este indicador. En suma, el total de suelo/agua requerido para sostener esos flujos continuamente es la verdadera "huella ecológica" de la población en cuestión. Se define como "El área de territorio productivo o ecosistema acuático necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población definida, con un nivel de vida específico, donde sea que se encuentre esta área" (Ecológica foot print - Efp-).

Calcular la huella ecológica establece una medida aproximada de las necesidades de capital natural de cualquier población, en comparación al suministro disponible (Rees, 1996).

2.3.2.1 Calculo de la Huella Ecológica.

El primer paso para el cálculo de la huella ecológica de una población, es estimar el área apropiada o usada per capita ("aa") (área personal) para la producción de cada uno de los principales artículos de consumo "i". Lo hacemos dividiendo la media anual de consumo de cada artículo ("c", en Kg./habitante) por su productividad o rendimiento medio anual por hectárea ("p", en Kg./ha). En la práctica solo es posible estimar la media anual de consumo de cada artículo per capita, dividiendo el consumo agregado por la población total en referencia. Como muchos artículos incorporan varios tipos de materiales, Rees y colaboradores, decidieron considerar las áreas apropiadas ("a") para cada material o input en general.

Un segundo problema es estimar el área necesaria para producir determinadas categorías de bienes y servicios de consumo (Wackernagel y Rees, 1995 han estimado el área necesaria para producir 23 categorías de bienes y servicios).

Luego se computa la huella ecológica total per capita ("ef") sumando todas las áreas ecosistémicas apropiadas por cada artículo del cesto de la compra anual de bienes y servicios de consumo:

$$ef = \sum_{i=1}^n aa$$

Entonces, la huella ecológica (Efp) de una población estudiada es la huella ecológica total per capita, multiplicada por el tamaño de la población (N).

$$Efp = N (ef)$$

ef constituye lo que los autores del concepto de huella ecológica llaman el planetoide personal (personal planetoid) es la huella ecológica per capita.

Las principales categorías de usos del suelo para el cálculo de la huella ecológica serian como sigue:

- Las tierras de cultivo y ganado para producir la dieta presente (también se podría incluir la correspondiente extensión de mar).
- Tierras de plantación de bosques para maderas y papel.
- Tierra ocupada o degradada o construida como suelo urbano.
- Tierra con vegetación destinada a la absorción de CO₂, por medio de la fotosíntesis, o en su caso, la tierra para producir el etanol equivalente al consumo actual de energía fósil (Martínez, 1998).

Una de las debilidades conceptuales más importantes del concepto de huella ecológica es como advierte Martínez (1998) la discrepancia entre el tiempo económico y el tiempo ecológico; aspecto que Rees (1994) incorpora en su propuesta, de manera un tanto "arbitraria": la huella ecológica corresponde al área necesaria para abastecer los bienes y servicios demandados por una población dada, para un periodo anual; área que posteriormente se representa en forma espacial - como veremos - para mostrar la carga ambiental de la economía.

Otro argumento, en contra de la utilidad de estos análisis, que consideran la capacidad de carga humana, proviene de Martínez (1998) - como ya se dijo - el comercio internacional, en la medida que incrementa la capacidad de carga en un territorio dado; el análisis de comercio ecológico desigual del mismo autor (Martínez, 1998) serviría para discutir la importancia del comercio para inducir capacidad de carga. A nivel regional, especialmente en el caso de la ciudad latinoamericana, ese intercambio desigual ocurre tras la generación de las deseconomías - no incorporadas en la contabilidad de esos proyectos - en territorios rurales situados en la órbita de influencia de las metrópolis - embalses, segunda residencia, etc.- un

flujo positivo de bienes y servicios hacia las ciudades, que no implica el reflujo justo de compensación hacia el área rural; a escala biorregional, el comercio tampoco contribuye a la capacidad de carga. Coincidimos con Rees (1996) que a nivel global ocurre de la misma forma.

Esta claro sin embargo, que se trata de una idea útil, mucho más allá de una metáfora simbólica o un recurso didáctico; constituye una autentica reflexión, desde la ciencia ecológica, del desarrollo actual de las conurbaciones, cuyo resultado debería al menos hacer pensar, en una revalorización de lo local, como objetivo de políticas de *Ecodesarrollo*; iniciativas modestas, pero posibles, practicables. Antes de mostrar algunos resultados de la aplicación del concepto de huella ecológica, conviene citar los indicadores traídos por Rees (1996), adicionales a los ya introducidos, a saber

- Justa porción de Tierra (Fair Earthshare: el territorio ecológicamente productivo "disponible" per capita en la tierra. Actualmente (1995) alrededor de 1,5 ha. La justa porción de océano (ecológicamente productivo - plataforma litoral y estuario - dividido por el total de la población) es de poco más de 0,5 ha.
- Déficit ecológico (Ecological Déficit) el nivel de consumo de recursos y descarga de residuos de una economía o definida, que exceda la producción natural sostenible de la región o localidad y a su capacidad asimilativa (también en términos espaciales, es la diferencia entre la huella ecológica de esta población o economía y el área geográfica que ocupa).
- Brecha de Sustentabilidad (Sustainability Gap): una medida de la disminución de consumo (o del incremento de la eficiencia material y económica) requerida para eliminar el déficit ecológico. (Puede ser aplicado a escala regional o global).

Destaquemos ahora algunas de las aplicaciones y resultados obtenidos, a través del concepto de huella ecológica.

En su propia ciudad (Vancouver, Canadá) Rees aplicó el concepto de huella ecológica. Esta ciudad tenía en 1991 una población de 472.000 habitantes y una superficie de 114 Km² (11.400 ha.). Cada canadiense requiere, según los cálculos de Rees, más de una hectárea de cultivo y tierra de pasto, para obtener su dieta alta en proteínas, utilizando las practicas corrientes de gestión del suelo; y alrededor de 0,6 ha. para madera y papel y otros artículos de consumo. Además cada ciudadano de Vancouver ocupa 0,2 ha. de suelo ecológicamente degradado y urbanizado. Los canadienses están entre los primeros consumidores del mundo

de energía fósil, con una emisión anual de carbono de 4,2 ton. (15,4 ton. CO₂) por habitante; por lo tanto, con un valor de absorción de carbono de 1,8 tan./hab/año, se requerirán 2,3 ha. adicionales de bosque de mediana edad, de latitud norte, como sumidero de carbono.

La Tabla 1 resume los valores obtenidos. Solo con estos datos, el planetoide personal de un ciudadano medio de Vancouver, suma 4,2 hectáreas; un área de 205 metros de largo por 205 metros de ancho. Esto es más o menos comparable a cerca de seis campos de fútbol. La columna de la izquierda muestra varias categorías de consumo y la fila de los títulos muestra categorías de uso de la tierra. "Energía", tal como se utiliza en la tabla, es un calculo de la cantidad de tierra que se requiere para absorber el CO₂ emitido por la quema del carbón, petróleo y gas natural.

El término "ambiente construido" se refiere a los terrenos dedicados definitivamente a uso urbano. Valores como la cantidad de combustible utilizada en hospitales, o la cantidad de electricidad utilizada en los bancos, son ejemplos de lo que se incluye en el rubro "Recursos en servicios" (Wackernagel, 1996).

Para utilizar la tabla y encontrar por ejemplo, la cantidad de tierra agrícola, requerida por un canadiense, para alimentarse, se lee la fila Alimentación, bajo la columna Tierra Agrícola, cuyo valor es 0,9 ha.

Comparando estos resultados con la justa porción de tierra, el ciudadano de Vancouver ya la ha triplicado; utiliza tres veces más tierra de la que dispondría en una justa distribución global teórica. Ello significa también, que si toda la gente viviera con el nivel de consumo de este ciudadano, necesitaríamos por lo menos tres planetas. Hay evidencia de que la huella ecológica de la humanidad es ya un 30% más grande que el terreno ecológicamente productivo, lo que significa una creciente degradación del patrimonio natural (Wackernagel y Rees, 1995. pp. 88-91).

Wackernagel y Rees (1995) utilizaron datos del World Resources Institute y de un estudio realizado por Newman, en la universidad de Trier, Alemania, para concluir que muchos países desarrollados tienen una abrumadora dependencia de la ecoproductividad externa; citan el caso de Holanda, país con una superficie de 33.920 Km², que requiere, según estos datos, un área 14-15 veces mayor que su propia área geográfica, para el consumo de alimentos, productos forestales y energía. Solamente la huella correspondiente a los alimentos, supera los 100.000 Km², con el promedio de productividad mundial; lo que equivale a 5 o 6 veces el área holandesa de suelos cultivables (Wackernagel y Rees, 1995).

Tabla 1. La Huella Ecológica de un Canadiense Promedio, en hectáreas por Persona.

	Energía	Ambiente Construido	Tierra Agrícola	Bosques	Total
Alimentación	0.3		0.9		1.2
Vivienda	0.4	0.1		0.4	0.9
Transporte	0.8	0.1			0.9
Artículos de Consumo	0.5		0.2	0.2	0.9
Recursos en Servicios	0.3				0.3
TOTAL	2.3	0.2	1.1	0.6	4.2

Fuente: Wackernagel, 1996.

La tabla 2 muestra los déficits ecológicos de los países industrializados, en base al análisis de huella ecológica.

En la tabla, Canadá, con una superficie grande rica en recursos y población pequeña es uno de los pocos países "desarrollados" que consume menos que su ingreso natural domestico. Sin embargo, los stoks de "capital natural" de Canadá están siendo agotados por las exportaciones de energía, madera, pescado, productos agrícolas, etc. En resumen, el aparente "excedente" ecológico de Canadá; esta siendo en parte incorporado por el comercio en la huella ecológica - y los déficits ecológicos - de otros países, particularmente de EE.UU. y de Japón (Rees, 1996).

Tabla 2. Déficit y Huellas Ecológicas de los países industrializados.

	Suelo ecológicamente productivo (ha)	Población 1995	Suelo ecológicamente productivo por habitante (ha)	Déficit Ecológico Nacional <i>per capita</i> en ha en %
País	A	b	c = a/b	
<i>Países con Huella ecológica de 2-3 ha.</i>				<i>Suponiendo una Huella ecológica de 2 ha.</i>
Japón	30 340 000	125 000 000	0.24	1.76 730
Corea	8 669 000	45 000 000	0.19	1.81 950

Países con Huella ecológica de 3-4 ha				<i>Suponiendo una huella de 3 ha</i>
Austria	6 740 000	7 900 000	0.85	2.15 250
Bélgica	1 987 000	10 000 000	0.20	2.80 1400
Dinamarca	3 270 000	5 200 000	0.62	2.38 380
Francia	45 385 000	57 800 000	0.78	2.22 280
Alemania	27 774 000	81 300 000	0.34	2.66 760
Holanda	2 300 000	15 500 000	0.15	2.85 1900
Suiza	3 073 000	7 000 000	0.44	2.56 580
Países con Huella ecológica de 4-5 ha				<i>Suponiendo una huella de 4,3 ha en Canadá y 5.1 ha en EE UU</i>
Canadá	433 000 000	28 500 000	15.19	-(10.89) -(28)
EE UU	725 643 000	258 000 000	2.81	2.28 80

Adaptada de Wackernagel y Rees (1995); citados por Rees (1996)

El concepto de huella ecológica, útil e ilustrativo como ya vimos, tiene posibilidades de aplicación e interpretación en contextos regionales: ¿áreas metropolitanas o bioregiones? ¿cuál es la situación de déficit o superávit ecológico en los países latinoamericanos? un probable desarrollo de estas cuestiones se ha propuesto en el capítulo IV de este trabajo; como área de estudio, se tiene el área metropolitana de Medellín, Capital del Departamento de Antioquia en Colombia.

El capítulo siguiente, aborda previamente, una cuestión que parece crucial si se quiere hacer viable la aplicación del concepto de capacidad de carga y huella ecológica en el nivel local/regional; y tal como propusimos en el capítulo I, tornar hacia iniciativas de planificación orientadas por el *Ecodesarrollo*, el aporte más factible al interés global de alcanzar un desarrollo sostenible.

Esa cuestión es precisamente, ¿cómo conocer la capacidad de carga del territorio?, como pretendemos demostrar esta noción, desarrollada a través de los instrumentos metodológicos adecuados, permitiría, no sólo avanzar en la estimación regional de la capacidad de carga, sino en la determinación de la misma en un punto dado del territorio; un instrumento para la gestión ambiental.

CAPITULO III. LA NOCIÓN DE CAPACIDAD DE CARGA EN LOS ESTUDIOS DEL MEDIO FÍSICO.

3.1 Estudios del Medio Físico. Metodologías y Enfoques.

Uno de los objetivos de este trabajo es desarrollar una metodología para obtener unidades naturales homogéneas. Se considera útil exponer en líneas generales, las metodologías para la planificación física del territorio, agrupándolas en dos tipos metodológicos, de los que señalan las principales características.

3.1.1 Metodologías

Según García (1993) es común a todas las metodologías la representación cartográfica como base sobre la cual verificar los análisis y evaluaciones para los distintos usos del suelo. Esta representación cartográfica, mediante mapas de distintos tipos se ajusta sucesivamente en sus contenidos a las sucesivas fases del proceso metodológico a saber: de información o fase descriptiva, fase interpretativa de predicción, de evaluación, y por último, en algunos casos, de prescripción o al menos orientativa.

Este mismo autor agrupa las metodologías existentes en tres grandes categorías:

- a) Las metodologías analíticas que se fundamentan en el estudio separado de los distintos elementos del medio natural para su posterior integración.
- b) Las metodologías sintéticas que parten del estudio de unidades territoriales cuyas características integradas se diferencian unas de las otras.
- c) Métodos que combinan los dos anteriores.

En cualquiera de las estas líneas metodológicas, existen diversidad de enfoques, en relación a las diversas características del trabajo, en cuanto a su amplitud o generalidad.

La base del análisis es la cartografía que, según Cendrero (1980); citado por García 1990) debe realizarse delimitando porciones de un territorio determinado, que tengan un potencial o una capacidad dada para acoger una serie de usos o actividades. En otras palabras, los mapas resultantes deben confeccionarse en base a la delimitación de áreas homogéneas respecto a determinadas características o parámetros, o cuando menos, áreas de potencial y respuesta homogénea para distintas actividades humanas. Una segunda característica

importante de las distintas metodologías es la zonificación del área de estudio, de acuerdo con la vocación natural de cada zona, un concepto análogo a capacidad de carga.

A continuación, se describe cada una de estas categorías metodológicas, siguiendo a García (1990).

3.1.1.1 Metodologías Analíticas

Estas metodologías constituyen una subdivisión temática del territorio mediante la utilización de atributos seleccionados. Cada uno de estos elementos tiene una representación por unidades cartográficas y mediante la agregación o superposición se obtiene la valoración de cada parcela del territorio.

En función de los usos concretos o generales, se verifica una selección de aquellos elementos que tienen relevancia para dichos usos. Los elementos así inventariados son objeto de mapas temáticos.

Cada unidad en que se subdivide cada uno de los elementos, tiene un valor y el valor de conjunto se obtiene por la agregación de los distintos valores que caracterizan el territorio.

Estas metodologías demandan altos costos, especialmente en la elaboración de la cartografía temática y por el tiempo que demandan. Las principales ventajas son la posibilidad de mayor detalle, mayor precisión y más fácil cuantificación y además, la menor subjetividad que puede acompañar la definición de unidades ambientales homogéneas. A esto se añaden otras ventajas: una es que la creación de bases de datos y su posterior tratamiento mediante un sistema de información geográfico, es más fácil a partir de los procedimientos de subdivisión temática (García, 1990). Otra ventaja es la posibilidad de contar con equipos de especialistas en los diferentes aspectos sectoriales (Antoliín, 1998)

3.1.1.2 Metodologías Sintéticas y Mixtas.

Estas metodologías, se diferencian de las anteriores, en que recurren a la consideración inicial de unidades homogéneas. Con diversos nombres, su característica común es la delimitación de áreas territoriales que presentan cierta homogeneidad interna frente a las áreas colindantes de las que se diferencian. De modo que, si en las metodologías analíticas las unidades homogéneas resultan de la integración de valores de las variables seleccionadas como relevantes a los usos considerados, en las metodologías sintéticas, las unidades homogéneas se determinan desde el inicio.

La denominación que reciben las unidades homogéneas es muy variada: "Unidades Geológico ambientales" (Cendrero, 1980; citado por García, 1990). "Unidad de paisaje" (Sanchez. et al, 1984), entre otros.

El proceso secuencial que implica la definición de unidades homogéneas lleva a establecer primero unidades grandes, que se dividen a continuación en otras más pequeñas, hasta alcanzar un grado detalle que se adecue al fin perseguido. La geomorfología suele ser en estos métodos, la característica del medio físico considerada en primera instancia, le siguen el clima, la litología, los procesos activos, la vegetación, etc.; y por último, si el nivel de detalle lo requiere, la definición de tipos dentro de cada uno de ellos (García, 1990).

Las metodologías sintéticas ofrecen como ventaja más destacable, además de su rapidez y economía, la visión de conjunto de las características territoriales y de las interrelaciones. También resultan apropiadas para operar a nivel regional y local o de elementos geomorfológicos, para cartografía geocientífica y evaluaciones globales del territorio y para estudios de detalle (García, 1990). Sin embargo, a nivel local y de detalle. los costos y el tiempo requeridos pueden ser tan o más altos que en los métodos analíticos.

La principal desventaja se presenta según García (1990) en la dificultad de asignar los distintos usos y actividades a la realidad territorial. Agregamos la subjetividad en la definición previa de unidades homogéneas, en especial si se trata de territorios grandes poco o mal conocidos, por lo que a menudo se requiere de metodologías temáticas. Ello es lo que origina, en alguna medida, los métodos mixtos.

Los métodos mixtos incluyen en su desarrollo, tanto la elaboración de mapas temáticos, como la de unidades ambientales integradas. Vale decir que estos métodos agrupan buena parte de los utilizados hoy en día. Estos métodos pueden tener tanto ventajas como inconvenientes propios de las metodologías analíticas y sintéticas (Antolín, 1998).

Los análisis del medio físico acuden a estas categorías metodológicas, desde muy diversos enfoques, que a menudo dependen de la especialidad del investigador, antes, tal vez, que de los propósitos del análisis.

3.1.2 Cartografía Temática y Cartografía Analítica

Es necesario diferenciar entre los distintos métodos para la planificación física del territorio y la cartografía que se utiliza en cada caso; decir, métodos analíticos no significa que se utilice en su desarrollo únicamente cartografía de este tipo o que la cartografía resultante lo sea. Lo mismo puede decirse en el caso de las metodologías sintéticas y mixtas.

3.1.2.1 Mapas Analíticos

Los mapas analíticos representan la extensión y repartición de un fenómeno dado (o de un grupo de fenómenos relacionados, o de un aspecto particular de un fenómeno), sin otro fin que el de precisar sus relaciones con el espacio geográfico: posición, altitud, alejamiento del mar, orientación, etc.. Los planos, los mapas topográficos son ejemplos. En gran medida, todo mapa analítico es también un mapa de referencia; es decir, una especie de inventario de hechos debidamente localizados. (Joly, 1976)

El fenómeno estudiado puede ser puntual, lineal o zonal. Cuando es puntual, el signo representativo en el mapa, será igualmente puntual y la interpretación de la importancia del fenómeno estará dado como densidad y recurrencia espacial del mismo. Normalmente se designa a este tipo de documentos con el nombre de *mapas de distribución*, ejemplos de ellos son los mapas de población, mercados, ciudades, etc.. Cuando el fenómeno es lineal, su signo será así mismo lineal y su longitud medible a escala. Según los casos puede ser continuo o discontinuo, ramificado o formado por elementos aislados. De este tipo son los mapas de redes hidrográficas, de vías, de límites administrativos, etc.

Cuando el fenómeno es zonal, es decir, extendido en la superficie y dispuesto en islotes independientes o en zonas yuxtapuestas, puede ser representado mediante colores y tramas diferentes. La forma y la extensión del símbolo vienen determinadas por sus límites reales (calles, discontinuidades materiales) o por contornos abstractos, que permiten determinar su superficie, en función de la escala. de este tipo son los mapas geológicos, de formaciones vegetales, los mapas "políticos" (de estados, de provincias, etc.) (Joly, 1976).

3.1.2.2 Mapas Sintéticos

Los mapas sintéticos son en general más complicados, se trata de mapas de *explicación* o de *presentación*, más que de referencia; agrupan por superposición o por transformación, los datos de varios mapas analíticos. Agrupan a su vez dos tipos de mapas, los mapas de *correlaciones* y los mapas *tipológicos*. Los mapas de *correlaciones* combinan sobre un mismo fondo, las variables múltiples cuyas relaciones se quieren explicar. Están elaborados para dar al lector una visión directa de la comparación entre varios datos, y de las consecuencias que de ella se derivan. Por ejemplo, los mapas geomorfológicos detallados, o los de ocupación del suelo que relacionan factores del medio físico o humano, a esta categoría pertenecen también los mapas de paisajes integrados o de medios. A partir de los aspectos regionales de las distintas variables, los mapas de *correlaciones* facilitan la búsqueda de zonas homogéneas, que constituyen las bases de la regionalización.

Los mapas *tipológicos* insisten más sobre las combinaciones específicas que tienen lugar sobre cada una de las porciones del espacio, que sobre los elementos analíticos básicos que han permitido definirlos; el tratamiento de la información se hace previamente en otros documentos, ya sean mapas analíticos o de correlación, o por medio de cualquier otro procedimiento lógico o informático, y de él solamente se exponen los resultados. En definitiva, estos mapas también conducen a la regionalización, pero lo que se cartografía son las categorías o tipos, que constituyen una unidad taxonómica representada como tal en la leyenda. Son ejemplos de mapas *tipológicos* los mapas edafológicos usuales que representan la extensión de los diversos tipos de suelos. (Joly, 1976)

3.1.2.3 Mapas Estáticos y Mapas Dinámicos.

Este autor presenta un tercer tipo cartográfico que corresponde a los mapas *dinámicos* y *estáticos*. Los mapas estáticos describen un fenómeno en un momento dado, o bien el comportamiento medio del fenómeno, tales pueden ser los mapas de isoyetas. Ofrecen todas las dificultades de una estimación estadística en relación con las fuentes y la duración de las series de datos utilizados en su confección. Los mapas *dinámicos* tienen mucha importancia para la planificación del medio físico; se proponen mostrar el sentido y el valor de las modificaciones que se han producido o se producirán en un intervalo de tiempo dado. Joly (1976) diferencia dos tipos de mapas dinámicos, a saber, mapas de *flujos* y mapas de *evolución*. Los primeros describen el desplazamiento espacial del fenómeno estudiado. Los segundos se ocupan de los cambios de estado en el transcurso del tiempo, de un fenómeno: mapas geodinámicos, evolución de la ocupación del suelo, cambios en las coberturas vegetales, modificaciones de cauces fluviales, etc.

Estas descripciones permiten apreciar con claridad, que los métodos expuestos utilizan y producen, indistintamente, mapas de tipo analítico, sintético y estáticos o dinámicos. Estos últimos son tan necesarios como escasos en las distintas metodologías que, en muchos casos tienen un marcado carácter estático a escalas de detalle, cuando, como se ha insistido, el interés por la dinámica de ciertos fenómenos naturales, interesa especialmente a nivel macro, para decisiones de implantación de proyectos, localización de usos, determinación de zonas de riesgo o protección de recursos naturales.

Antes de describir estos enfoques se presenta una descripción de lo que en este trabajo se consideran niveles de análisis y las escalas de trabajo asociadas. Las referencias a escalas "grandes" deben entenderse como escalas detalladas (denominador pequeño). Llamaremos escalas "pequeñas" a aquellas de carácter más general, no detalladas (denominador grande).

3.1.3 Enfoques

En este apartado se describen las aproximaciones al concepto de capacidad de carga, realizadas desde diferentes disciplinas científicas.

3.1.3.1 El Enfoque Geomorfológico

Desde su origen, en los análisis del medio físico que realizaban por separado los ingenieros de obras públicas y los ingenieros de montes (Tricart et al, 1979), se diferencian dos corrientes en el desarrollo de la geomorfología. La primera de ellas, muy cercana a la geomorfología norteamericana y su utilización en estudios geológicos, es, fundamentalmente fisiográfica, se fundamenta en descripciones de la corteza terrestre, sin ocuparse de explicar el origen de dichas formas. La segunda corriente, emparentada con la geomorfología alemana (Tricart et al, 1979) empieza por considerar la relación existente entre el clima y la evolución del relieve - geomorfología climática - contribuyendo, entre otras, a la Ecología del Paisaje.

A partir de la geomorfología climática, otros factores del ambiente se han incorporado para explicar las formas y procesos que dan origen al relieve, integración que le imprime un carácter interdisciplinario a esta disciplina científica y da paso al desarrollo de la geomorfología dinámica: una concepción naturalista de la geomorfología según Tricart et al (1979). Este enfoque trata de responder a necesidades prácticas de información sobre el medio físico, conectadas con el desarrollo urbano y agrícola.

Para tal utilización práctica, resultan tan útiles las descripciones de las formas, como la de los procesos que originan relieve, especialmente aquellos que permanecen activos. En el nivel micro, estos análisis conllevan dificultades inherentes a la escala a la que ocurren determinados procesos geomorfológicos.

La diferenciación de las unidades geomorfológicas se basa en la confrontación de un proceso, una forma y un material: así por ejemplo, una duna se describe como un montículo levantado por el viento y generalmente formado de arena. Sin embargo, no siempre es posible establecer esta trilogía en todos los niveles de estudio, en el nivel micro resulta imprescindible, aún más si se refiere al estado actual y la evolución del proceso: acumulación, erosión...y esto es así porque existen procesos morfológicos que son más o menos aparentes; algunos de ellos pueden aparecer con claridad en ciertos medios, otros son infinitesimales y difíciles de medir; otro tanto de ellos no guardan regularidad temporal o están separados por largos periodos de tiempo. Es el caso de las avenidas torrenciales; la

erosión leve, puede ejemplificar procesos infinitesimales y la erosión severa en regiones de alta pendiente, procesos morfológicos más evidentes.

El problema se resume, a nivel general, en la dificultad para predecir, sino la existencia, si la evolución y las expresiones que a lo largo del tiempo tienen estos fenómenos. A nivel micro se interpretan como riesgos naturales a las actividades humanas, pero su localización y delimitación se deduce de estudios y cartografías a escala regional o macro, por lo que regularmente no se establece la intensidad con la que un riesgo natural puede afectar sectores específicos o incluso instalaciones. Las actividades humanas así implantadas, adoptan medidas preventivas que pueden resultar insuficientes, ante la intensidad de una crecida, un sismo, un carcamiento hundimiento del terreno, etc.

Los avances en cartografía geomorfológica permiten adelantar estudios de detalle, pero el, a veces, impreciso lenguaje de los procesos morfológicos y la semiótica cartográfica, sumado a la escasez de registros estadísticos - dramática en Colombia - hacen especialmente difícil el papel del especialista que, a este nivel, describe bien las formas superficiales del terreno y la litología, y con cierta carga subjetiva, la historia de esas formas, pero encuentra dificultades para integrar sus resultados con los de otras disciplinas, por ejemplo con la ecología forestal al momento de clarificar la relación vegetación-geoformas, especialmente a escalas grandes.

El valor de los análisis geomorfológicos dinámicos para establecer la capacidad de carga de un territorio, radica en la calidad de la delimitación de áreas afectadas o afectables por riesgos naturales asociados a procesos morfológicos activos y a la posibilidad de integrar los resultados de estos análisis, a los que resultan de otras disciplinas, para lo cual, el lenguaje y la escala de la cartografía resultante, debe dar cuenta de la conexión entre los procesos morfológicos y los materiales, con los riesgos naturales.

3.1.3.2 El Enfoque de Paisaje Integrado

La noción de paisaje coincide prácticamente, con la de unidad natural. Un paisaje se caracteriza por una asociación de características de relieve, clima, vegetación, suelos, que en conjunto se diferencian de otras asociaciones. El concepto es de naturaleza fisonómica. Coincide con los descubrimientos del *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization* (CSIRO) en Australia (Tricart et al, 1979).

Gracias a esta génesis del concepto de paisaje, el considerar la actividad humana como uno de los factores dinámicos más relevantes en la conformación del mismo, este enfoque gana en posibilidades para explicar el estado actual y predecir escenarios futuros; en otras palabras, para conocer la historia de la utilización de los recursos naturales.

Existe un interés creciente por este tipo de análisis integrados del medio físico, con destino a la ordenación del territorio y a las evaluaciones de impacto ambiental. Bien concebidos, este tipo de estudios proporciona un adecuado marco de referencia para integrar estudios sectoriales, a la vez que proporcionan la base para otros más especializados.

En su contra juegan entre otros factores, las muy distintas acepciones del término paisaje y los variados enfoques, métodos y contenidos que pueden llegar a tener los estudios agrupados bajo esta denominación. Todo ello crea un cierto confusionismo y contribuye a devaluar el término y los estudios paisajísticos (Ibarra, 1993).

Los estudios modernos de paisaje integrado adoptan el concepto desarrollado por Bertrand (1968) que lo define como " una porción del espacio caracterizado por un tipo de combinación dinámica, por consiguiente inestable de elementos geográficos diferenciados - físicos, biológicos y antrópicos - que, al relacionarse dialécticamente entre sí, hacen un paisaje, un conjunto geográfico indisociable, que evoluciona en bloque, tanto bajo el efecto de los elementos que lo constituyen como bajo el efecto propio de cada uno de sus componentes considerados separadamente" (Bertrand, 1970; citado por Tricart, 1979).

Se entienden las unidades de paisaje como espacios que, a una escala determinada, se caracterizan por una fisonomía homogénea y una evolución común, siendo de unas dimensiones concretas y cartografiables (Ibarra, 1993)

La delimitación de las unidades de paisaje, que se realiza según criterios seleccionados a partir de las especiales características y combinaciones de los distintos elementos del paisaje (Ibarra, 1993); la selección de estas variables y las correlaciones dependen de la experiencia o especialidad del investigador, lo que genera un alto grado de subjetividad: a la misma escala, para una misma región, estudios de paisaje integrados, resultarían en unidades de paisaje diferentes, según los criterios utilizados.

Pueden plantearse una serie de inconvenientes, a manera de preguntas: ¿los estudios de paisaje integrado en su versión geográfica: ¿partiendo desde el nivel micro, la suma de las unidades de paisaje resultaría en una unidad de paisaje de menor escala?. Especialmente en el contexto latinoamericano, no se justifica el costo de la elaboración de cierta cartografía temática - suelos por ejemplo - para satisfacer los requerimientos de este método; de hecho, la falta de información temática ambiental a escala de detalle es una dificultad con la que comúnmente se encuentran este tipo de análisis.

No cabe duda de su rentabilidad científica, pero quedan dudas de su utilidad con fines de

gestión ambiental y territorial, a las escalas a las que comúnmente se realiza la información temática ambiental, poco detalladas y heterogéneas, especialmente en Colombia.

3.1.3.3 El Enfoque Pedológico.

Como quiera que, la agricultura y el pastoreo, han sido las principales actividades de la humanidad a lo largo de la historia, los esfuerzos precientíficos y científicos para comprender el funcionamiento y los valores de uso del medio, se han centrado, en gran medida, en la identificación de "tierras buenas" para cultivar, cazar y criar animales.

Este interés en el suelo como recurso, ha impulsado el desarrollo de la agrología, más tarde, de la pedología. La preocupación de la agrología se centraba en la relación entre los primeros centímetros de suelo - capa arable - y la productividad de los cultivos; de este modo se clasificaban las tierras en ligeras, francas, áridas, pesadas; de acuerdo con su utilidad para soportar cultivos (Gaucher, citado por Tricart, 1979)

La pedología estudia la relación entre el suelo y el sustrato geológico, que influye en sus características físicas y químicas y sus relaciones hídricas con los cultivos, que tanto preocuparon a la agrología. Otro importante aporte de la pedología, fue el incorporar en sus análisis, la génesis de los suelos y su explicación a partir de factores ambientales como el clima, el material parental - sustrato geológico - y el tiempo. Los trabajos pioneros en la materia datan de 1878 y se atribuyen a Dukutchaev.

Una vez clarificado el cuerpo teórico de la pedología se establecieron clasificaciones a partir de los procesos pedogenéticos y los factores de formación de los suelos y que ante todo, suministran a los pedólogos la posibilidad de representar cartográficamente las unidades definidas por la clasificación, agrupadas convenientemente según la escala del *levantamiento edafológico*, como se conocen este tipo de estudios. De modo que, dependiendo de los fines del levantamiento o inventario del recurso suelo, se emplea una u otra escala y es esta finalmente la que determina la utilidad práctica de los resultados.

A nivel macro o meso, los levantamientos edafológicos cumplen la función de exploración para implantar nuevos usos o detectar conflictos de utilización y entonces impulsar políticas adecuadas para revertir tales conflictos. Pero el que tales situaciones se reflejen a estas escalas, depende de factores socioeconómicos como pueden ser la propiedad de la tierra y la concentración parcelaria y la diversidad de usos del suelo presentes en una región determinada. Todos estos factores están presentes en el caso de Colombia y muchos otros países latinoamericanos, por lo que los mapas de suelos o los utilización actual o potencial

de los mismos, a escalas pequeñas, arrojan poca utilidad práctica a nivel municipal, por ejemplo, aunque sirven, como ya se señaló, para la definición de políticas.

Todas estas conclusiones se derivan de estudios macro y meso, sin embargo, la alta parcelación y la diversidad de cultivos, técnicas de labranza y pastoreo, escasamente resultan a escalas micro, que se corresponden con levantamientos detallados de suelos; muy costosos para ser asumidos por regiones con rentas bajas, en donde se asienta buena parte de la producción agrícola. Levantamientos detallados de los suelos si se realizan en cambio, como parte de grandes proyectos forestales, agroindustriales, pecuarios o de expansión urbana.

3.1.3.4 El Enfoque Urbanístico.

Bajo esta denominación caben todos aquellos análisis del medio físico destinados a la ordenación del territorio, en su definición más clásica y cercana al urbanismo: la organización de la expansión de la ciudad, que tiene origen en la *Teoría General de la Urbanización y Rurización*, desarrollada en 1867 por Ildefonso Cerdá, con el propósito de otorgan a la Ordenación del Territorio el estatuto de ciencia (Naredo, 1994)

Los propósitos de la ordenación del territorio se han ampliado, y hoy, sus principio se aplican no solo a las ciudades y sus periferias, sino a todas aquellas regiones en las que se desarrollen actividades humanas, considerando como una de esas actividades a la conservación de áreas naturales.

El principal objetivo con el que se emprenden los estudios urbanísticos es conocer la aptitud del suelo para implantar en el y mantener en el tiempo, distintos usos urbanísticos. Como tales pueden considerarse una amplia gama de actividades y dependiendo de que tan amplia sea esta gama, el enfoque urbanístico permite la evaluación de la aptitud a un número determinado de implantaciones, al mismo tiempo que evaluaciones a escalas de detalle - micro - o a escalas más pequeñas macro y meso. La primera aproximación se realiza desde le nivel regional y la escala de trabajo más destacada está alrededor de 1:50 000.

Existen diferentes acepciones del concepto central de este enfoque *la aptitud* del suelo al uso tal; se confunde con el concepto de *capacidad*.

No existe unidad en cuanto al significado de estos dos conceptos que, normalmente se utilizan como sinónimos en las distintas metodologías o se presenta a alguno de ellos como idea más general y al otro concepto como una de las variables que lo definen. Sin embargo, desde el punto de vista urbanístico, en el que el suelo es el principal recurso, se habla de

capacidad por similitud de la aplicación de dicho término en otras ciencias - como por ejemplo cuando se habla de *capacidad* de una vía de tráfico o *capacidad* de una red de abastecimiento de agua - en que se utiliza el término en el sentido de la cantidad de servicio capaz de ofrecer o capaz de soportar desde el punto de vista de las posibilidades o de las necesidades de la infraestructura o de las necesidades del servicio, sin tener en cuenta otros aspectos como los afectos negativos que dichos servicios, puedan producir en otras variables del medio en que se ubican (Miralles y Altur, 1996).

La *aptitud* del suelo a los usos urbanos es por tanto la idea central, y la *capacidad* del suelo para soportar dichos usos, una de las variables que la define.

El objetivo de este enfoque se resume en analizar las variables del medio físico que permite identificar las zonas más o menos adecuadas a la acción urbanística. Se trata de un enfoque utilitarista y pragmático, de cuyo resultado dependería la normativa que vincule los resultados del análisis - ordenación del territorio - con la producción legislativa - gestión territorial -.

Utiliza la información proveniente de estudios del medio físico temáticos, sintéticos y especiales, que tengan significado a escala meso o micro. Considera la pendiente como una de las variables a incluir en el análisis de capacidad y la posterior evaluación de la aptitud, pero esta es solamente una de las variables, lo que ya constituye un avance importante respecto al concepto clásico de aptitud que, por lo menos en el caso latinoamericano, ha predominado, tal es que los suelos planos son urbanizables, sin más consideraciones.

Con el criterio de la pendiente se ha "planificado" el crecimiento de la ciudad latinoamericana, al menos en Colombia; la urbanización espontánea sobre pendientes fuertes, se considera en principio inconveniente, pero a medida que se mejoran las condiciones técnicas para la dotación de servicios públicos, estas áreas se consolidan como urbanas y así se califican en la normativa.

Lo expuesto parece una simplificación extrema, más si se tiene en cuenta que la dimensión ambiental ha permeado el planeamiento urbanístico, pero desde el punto de vista metodológico e instrumental, la cartografía topográfica es allí, la más abundante, precisa y disponible, además la pendiente es una variable de fácil percepción *in situ*; no es extraño entonces que haya dirigido los conceptos de aptitud del suelo al uso urbanístico.

La inclusión de la variable ambiental en el planeamiento urbanístico y el carácter vinculante de los estudios del medio físico destinados al ordenamiento, le conceden a este enfoque un carácter práctico, el cual se pretende describir en este trabajo, a partir de una metodología

desarrollada por un equipo de trabajo de la Universidad Politécnica de Valencia (Miralles y Altur, 1996) y cuyos resultados y procedimientos, se adaptan para su utilización en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y como un aporte conceptual y metodológico a otras regiones de Colombia y Latinoamérica.

3.1.3.5 El Método Miralles-Altur

Esta metodología fue desarrollada en el periodo de julio de 1992 a noviembre de 1996. Un avance de los resultados fue presentado en el "VII Congreso Iberoamericano de Urbanismo Región y Calidad Urbana" (Miralles y Altur, 1996) y posteriormente bajo el título "El suelo como Patrimonio y su Gestión Sostenible. Una Aportación Conceptual y una Propuesta de Gestión Aplicada".

a) Conceptos básicos.

El fundamento conceptual de la metodología asume la definición clásica de desarrollo sostenible (Conferencia Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, CMMAD, 1988), retoma igualmente los criterios operativos del desarrollo sostenible, planteados por Riechmann (1995):

- *Principio de Irreversibilidad cero*: reducir a cero las intervenciones acumulativas y los daños irreversibles.
- *Principio de Recolección Sostenible*: las tasas de recolección de recursos naturales renovables, deben ser iguales a las tasas de regeneración de estos recursos.
- *Principio de Vaciado Sostenible*: es *cuasi* sostenible la explotación de recursos naturales no renovables, cuando la tasa de vaciado sea igual a la tasa de creación de sustitutos renovables.
- *Principio de Emisión Sostenible*: las tasa de emisión de residuos deben ser iguales a la capacidad de asimilación de los ecosistemas a los que se emiten esos residuos (lo cual significa emisión cero de desechos no biodegradables)
- *Principio de Selección Sostenible de Tecnologías*: han de favorecerse las tecnologías que aumenten la productividad de los recursos (el volumen de valor extraído por unidad de recurso) frente a las tecnologías que incrementen la cantidad extraída de recurso (eficiencia frente a crecimiento)

- *Principio de Precaución*: ante la magnitud de los riesgos a que nos enfrentamos, se impone una actitud de vigilante anticipación que identifique y descarte de entrada, las vías que podrían llevar a desenlaces catastróficos, aún cuando la posibilidad de estos parezca pequeña y las vías alternativas, más difíciles u honerosas.

El método parte de considerar el suelo como el principal recurso para el proceso de urbanización, que debe ser transformado de un medio natural o antropizado en cierto grado, en un medio típicamente antrópico, la ciudad, el medio urbano. Se trata de una transformación irreversible a la que no puede aplicarse el principio de irreversibilidad cero, que negaría - según los autores - la posibilidad de crear ciudad.

Identifica a la urbanización con desarrollo económico y considera que esta es una realidad objetiva e irrefutable, ya que el proceso urbanizador y las actividades posteriores, incrementan la actividad económica: empleo, incremento de recursos obtenidos por la administración, por concepto de impuestos y tasa. Esto inscribe a la propuesta dentro de los supuestos de la llamada *sostenibilidad débil*, descrita por varios autores, entre ellos Jiménez (1997).

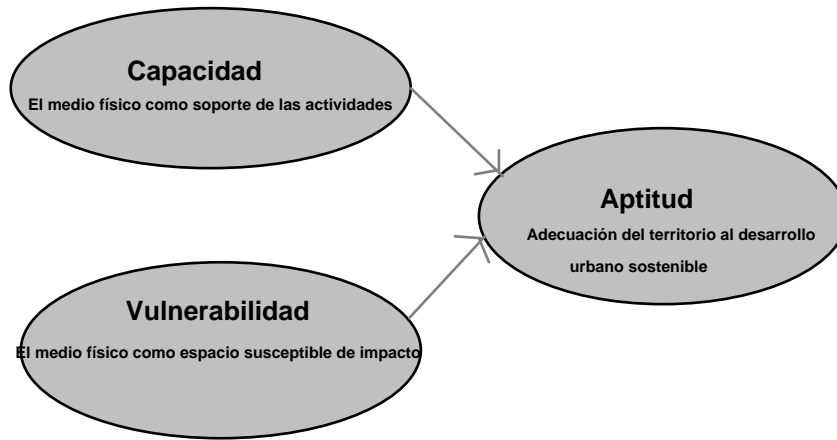
En síntesis, la metodología desarrollada trata de responder a la pregunta ¿Cuándo el proceso de transformación irreversible que supone la urbanización, es asumible en el marco del desarrollo sostenible?. Responder esta cuestión permite decidir si admitir o no la urbanización de una zona concreta del territorio. Una gran virtud de la conceptualización que acompaña este desarrollo metodológico, es el reconocimiento de que la expansión urbanística tiene restricciones ambientales.

b) Análisis Capacidad + Vulnerabilidad = Aptitud

Esta sencilla ecuación resume el planteamiento metodológico de este enfoque (Figura 2)

Miralles y Altur (1996) identifican su trabajo con los realizados por varios autores, con diversos criterios de racionalidad en el uso del territorio. Estas aportaciones, sostienen, se han ido centrando en torno a la utilización de dos conceptos, el concepto de fragilidad y el concepto de capacidad de acogida o capacidad de carga (Gómez, 1995; citado por Miralles y Altur, 1996). Como fragilidad se entiende la mayor o menor facilidad con que el medio puede verse alterado por un determinado uso, así como la dificultad en volver a su estado original. La capacidad de acogida se define como la cantidad de un uso que se puede implantar en una zona del medio físico, sin alterarlo significativamente.

Figura 2. Análisis Capacidad + Vulnerabilidad = Aptitud



Fuente: Miralles y Altur (1996)

El enfoque urbanístico se ocupa de la mayor o menor adecuación del territorio a los usos urbanos, por lo que se centra única y exclusivamente en ellos.

Como hipótesis de partida se considera que para los usos urbanos, la relación implantación urbana-medio físico, este último cumple una doble relación respecto a la acción urbanizadora. Por un lado, es soporte de dicha acción, ya que el suelo, con todas sus características asociadas de todo tipo, es un recurso que se emplea completamente en la implantación. Desde este punto de vista el suelo tiene unas capacidades.

Por otro lado, el medio físico o medio natural, queda afectado por el proceso urbanizador, durante la implantación del uso específico y posteriormente por la actividad urbana desplegada. Así, el medio presenta una vulnerabilidad al proceso de urbanización del territorio.

La aptitud, es decir, la adecuación del medio natural para implantar en el actividades, desde el punto de vista de la sostenibilidad del desarrollo, tal como la entienden estos autores, del desarrollo económico en general y del desarrollo urbano en particular, como expresión física del anterior, vendrá dada como síntesis de la aptitud y la vulnerabilidad. (Figura 2).

En el análisis de la Aptitud del territorio, pueden darse tres situaciones tanto para la capacidad como para la vulnerabilidad, a la capacidad plena del territorio a los usos

urbanísticos se oponen limitantes de tipo técnico; a la vulnerabilidad nula del mismo se oponen limitantes o restricciones de carácter ambiental. Las situaciones de capacidad son:

- Situación A: Uso urbanístico sin limitaciones técnico económicas, no hay restricciones impuestas por el medio físico.
- Situación B: Existe algún tipo de limitación, pero es técnicamente superable y económicamente viable. Existen dos causas para estas limitaciones, limitaciones físicas directas (p.e pendientes) y riesgos naturales (p.e. riesgo de inundabilidad). Por tanto, para la implantación de un uso en esta situación, debe mediar un informe de viabilidad técnico económica - VTE -.
- Situación C: En este caso existen limitaciones graves técnicamente no superables o cuya solución hace económicamente inviable la realización del proyecto o proyectos en cuestión. Esta situación es uno de los resultados probables de análisis de VTE. Corresponde a situaciones de riesgo natural grave (p.e riesgo de inundación >80 cm con una probabilidad de 1/100, es decir un periodo de retorno de 100 años).

Estas situaciones resultan de combinar las variables significativas utilizadas para explicar la capacidad del territorio a los usos considerados (en este caso pendientes, inundabilidad, inestabilidad de laderas y accesibilidad a los recursos hídricos) y de una valoración de la intensidad de cada factor; la combinación entre los distintos grados y factores, determina las situaciones de capacidad, que se expresan en una *Matriz de Capacidad* (Tabla 3).

TABLA 3. Variables de Capacidad para la conformación de la Matriz.

PENDIENTE	INUNDABILIDAD	INESTABILIDAD DE LADERAS	ACCESIBILIDAD A LOS RECURSOS HÍDRICOS
1. Baja (B)	1. Muy Baja (MB)	1. Nula (N)	1. Alta (A)
2. Media (M)	2. Media (M)	2. R.d bajo (B)	2. Media (M)
			3. Muy Baja (MB)
3. Alta (A)	3. Alta (A)	3. R.d Medio (M)	
4. Muy Alta (MA)	4. Muy Alta (MA)	4.R.d Alto (A)	
		5. Riesgo de desprendimiento.	

Fuente: Miralles y Altur (1996)

Estas variables dan lugar a 240 ($4 \times 4 \times 5 \times 3$) posibles combinaciones o unidades de capacidad Muy Alta, Alta, Moderada, Baja y Muy Baja, agrupando luego en la cartografía, aquellas que tengan el mismo valor de capacidad a determinado uso.

En esta metodología, se asigna a la unidad el valor menor, más limitante, que resulte en alguna de las variables, basta por ejemplo una pendiente muy alta que tiene un valor de capacidad bajo, para que toda la unidad en la que se presente se le asigne un valor bajo de capacidad para los usos predeterminados.

Las situaciones de vulnerabilidad consideradas en el método, entienden la vulnerabilidad como el costo ambiental de la acción urbanizadora o la actividad urbanística. Las situaciones de vulnerabilidad son:

- Situación A: La urbanización de la zona no supone la destrucción de ningún valor ambiental reconocido, ni tampoco la alteración significativa de alguna variable ambiental.
- Situación B: En este caso, la urbanización produce o puede producir alteraciones significativas en alguna o algunas variables ambientales, pero estas alteraciones son corregibles. No se produce ninguna destrucción de valores ambientales reconocidos. El instrumento adecuado para concretar las medidas correctoras es la evaluación de impacto ambiental - EIA -.
- Situación C: La urbanización supone la destrucción irreversible de valores ambientales reconocidos.

Como en el caso de la capacidad, se elabora una *Matriz de Vulnerabilidad* que incorpora todas las posibles combinaciones de los valores asignados a las variables de vulnerabilidad en sus distintas categorías. Allí también, el máximo valor de vulnerabilidad de alguna variable, le determina a la unidad en la que se presente, el máximo de vulnerabilidad.

Se insiste en que tanto en las situaciones de capacidad como en las de vulnerabilidad, existe una relación recíproca causa-efecto, de manera que las variables de capacidad o de vulnerabilidad que dan lugar a una determinada situación, producen dicha situación de manera objetiva. Los valores que toma cada variable están establecidos de tal forma que, cada zona del territorio se encasilla dentro de alguna de estas tres situaciones.

Como síntesis, se combinan las situaciones de capacidad y las de vulnerabilidad, dando lugar a 6 posibles situaciones de Aptitud, que se resumen en una *Matriz de Aptitud* (Tabla 4)

Los niveles básicos de Aptitud resultantes de las tres situaciones de capacidad y vulnerabilidad son las siguientes:

- **SL.** Uso sin limitaciones. No existen restricciones técnico económicas ni restricciones ambientales.
- **A(EIA).** El uso se acepta, pero debe mediar la elaboración de un estudio de impacto ambiental en el que se demuestren las medidas a tomar para corregir el impacto previsto.

TABLA 4. Matriz de Aptitud.

MATRIZ DE APTITUD			
	VULNERABILIDAD		
CAPACIDAD	A	B	C
A	SL	A(EIA)	DES
B	A(VTE)	A(VTA+EIA)	
C	NP		

Fuente: Adaptada de Miralles y Altur (1996)

- **A(VTE).** En esta situación se acepta el uso previo informe favorable de viabilidad técnico económica.
- **A(EIA+VTE).** El uso se acepta siempre que sean favorables los informes de viabilidad técnico económico y la evaluación de impacto ambiental.
- **DES.** El uso se desaconseja, según los autores, por acarrear un desarrollo urbano "no sostenible", al estar implicada la destrucción de valores ambientales reconocidos, ello aunque la situación de capacidad resulte favorable al uso a implantar. El desarrollo económico en estos casos, no es compatible con la protección del medio ambiente.
- **NP.** En estos casos el uso urbano no se permite ya que pueden generarse situaciones de riesgo catastrófico.

c) Desarrollo Metodológico.

El desarrollo metodológico puede resumirse en los siguientes pasos

1. Definición de los objetivos del análisis.

2. Definición de los usos a considerar
3. Definición de las áreas fuera de análisis
4. Definición de las variables significativas para la determinación de la capacidad y la vulnerabilidad
5. Definición de los criterios de valor para cada una de las variables seleccionadas de capacidad y de vulnerabilidad y elaboración de matrices de capacidad y vulnerabilidad.
6. Instrumentación del Sistema de Información Geográfico, previsión y corrección de fuentes de error
7. Elaboración de los mapas de unidades homogéneas de capacidad y los mapas de unidades homogéneas de vulnerabilidad, para cada uno de los usos considerados. (Mapas 1 y 2)
8. Integración del análisis y cartografía de unidades homogéneas de aptitud, para cada uno de los usos considerados. (Mapa 3) (Anexo)

3.2. Objetivos y Método Propuesto.

3.2.1 Objetivos.

El método que se propone responde a dos objetivos bien definidos:

- Proporcionar una herramienta que permita identificar las limitaciones y posibilidades que el medio físico impone a la expansión de los distintos usos del suelo en el Valle de Aburra.
- Facilitar el uso de la información cartográfica básica y temática ambiental existente, para la gestión ambiental, especialmente orientada a la evaluación de la factibilidad ambiental de proyectos de desarrollo o conservación de áreas naturales..

3.2.2. Método que se Propone.

El método que se propone se fundamenta en el concepto de *Ecodesarrollo*, se define como una técnica ecológica que permite utilizar de forma objetiva la información sobre el medio físico existente en un momento dado e identificar necesidades de estudios especiales y cartografía detallada, de los sectores y de las variables implicadas en los procesos más dinámicos de cambio en el uso del suelo.

Se ha diseñado con el propósito de que pueda ser aplicada en el nivel meso y micro, usa información preexistente y presenta sus resultados en función de la capacidad de carga del medio físico. Es una metodología analítica. Se vale en primera instancia de la información sobre los distintos aspectos del medio físico por separado y posteriormente los integra: de este modo se obtiene mapas de unidades homogéneas de capacidad, de unidades homogéneas de vulnerabilidad y finalmente, mapas de aptitud del territorio a cada uno de los usos considerados o a un proyecto en particular, dependiendo de la escala y los objetivos del análisis.

Los elementos del medio físico son específicos de cada uso considerado a nivel meso, y dependientes del proyecto en cuestión a nivel micro, es decir, es flexible, ya que permite introducir variables, bien para mejorar la explicación y la precisión de la cartografía de capacidad, la vulnerabilidad y la aptitud, o para adaptarse a los requerimientos de información de distintos tipos de utilización del medio.

En todo caso se ha considerado la cartografía existente, las distintas escalas y temas, elaborada por entidades de planeación o los municipios del Valle de Aburrá, así como adaptaciones de la cartografía básica y temática del Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC - que a la fecha está disponible.

En líneas generales se trata de una adaptación a la situación local a información y la gestión del método propuesto por Miralles et al (1996) que se describió en el apartado de enfoque urbanístico. La adaptación consiste en el grupo de usos a considerar, las variables de capacidad y vulnerabilidad, la escala de trabajo y los objetivos del análisis que se pretende realizar con esta metodología, que se espera trascienda el enfoque urbanístico, tal como se ha descrito en el apartado 3.1.3.4.

3.2.2.1. Desarrollo Metodológico

Las escalas de trabajo propuestas están en función de la información cartográfica disponible. Los pasos que componen el desarrollo metodológico a nivel meso y a nivel micro se describen por separado a continuación.

a) Aplicación Regional (Metropolitana)

- Escala de trabajo 1: 100 000
- Objetivo: Localizar áreas potenciales para la ubicación de usos urbanísticos típicos y no tradicionales, a saber:
 - Residencial alta densidad

Residencial baja densidad
Dotacional
Segunda Residencia
Zonas de protección natural
Zonas de riesgo
Áreas de protección de la agricultura, etc..

Todas estas zonas están en un solo mapa del que se excluye - como veremos - el uso urbano consolidado, lo que permitiría discutir las posibilidades de expansión de los usos urbanos y preservar usos que como el agrícola, no pueden competir con el mercado inmobiliario en condiciones de libre mercado; se generan de este modo alternativas de utilización de áreas estratégicas para el Ecodesarrollo, con carácter orientativo, cuya delimitación podría precisarse a efectos normativos, por parte de cada municipio, por ejemplo.

Otra posibilidad de la aplicación de la propuesta es la localización de áreas de conflicto entre las tendencias de cambio en el uso del suelo y el uso recreativo, agrícola o la conservación de áreas naturales. La preservación de la productividad natural de ecosistemas estratégicos locales, para producción de alimentos, la absorción de contaminantes o la preservación de fuentes de agua, debe ser materia de interés general y objeto de la gestión territorial. Una mirada nueva desde la ciudad, a "lo rural" más inmediato; en este sentido la propuesta constituye una herramienta para el ordenamiento territorial.

A mediano plazo estudios del medio físico, como el que se propone, elaborados bajo la óptica de la capacidad de carga del ambiente, permitirán análisis de Huella Ecológica mucho más depurados que el que se presenta en el Capítulo IV de este trabajo. Además del carácter orientativo con el que los resultados aportan en materia de planificación, los indicadores territoriales de sostenibilidad aplicados en este caso, nos dejan ante una medida objetiva de los desequilibrios territoriales, del desbalance entre la oferta natural del medio en el Valle de Aburrá y las demandas de bienes y servicios del entorno, en últimas ante un nuevo concepto de *territorio metropolitano*: un hecho ecológico, que no rigurosamente administrativo.

El carácter analítico del método propuesto se fundamenta en el tratamiento de 9 mapas temáticos, escala 1: 100 000; 4 en los que se representan variables de capacidad y 5 que corresponden a variables de vulnerabilidad.

- Pasos Metodológicos

1. Delimitación del área de trabajo: Se excluye el uso urbano consolidado.

2. Definición de los usos a considerar

Residencial de alta densidad

Residencial de baja densidad

Segunda Residencia

Industrial

Equipamiento Ocio-recreativo

Relleno Sanitario

Extracción de materiales para construcción (arcillas, áridos).

Las variables se han propuesto para este grupo de usos seleccionados con el criterios de la disponibilidad de información y también por constituir temas críticos de la planificación urbanística y algunos de ellos por ser, la aparición más común de las demandas urbanas en suelo rural;: ocio, materiales de construcción y disposición de desechos.

3. Definición de las variables de Capacidad.

Para la evaluación de la Capacidad del territorio a los usos considerados se tiene en cuenta:

*Pendientes

*Drenajes y áreas de inundación.

*Aptitud geológica al uso urbano.

*Accesibilidad al equipamiento y a vías.

4. Definición de variables de Vulnerabilidad.

A partir de la información existente se consideraron:

*Vulnerabilidad a la pérdida de coberturas vegetales valiosas.

*Vulnerabilidad a la destrucción de suelos con alto potencial agrícola.

*Vulnerabilidad a la contaminación de fuentes de agua

*Vulnerabilidad a la destrucción de valores arqueológicos

*Vulnerabilidad a la inutilización de canteras de materiales para construcción.

5. Definición de criterios de valor para la determinación de la Capacidad.

La valoración de la capacidad tiene un significado contrario a la de la vulnerabilidad.

Las pendientes se han agrupado en rangos que dependen de la localización clinométrica observada actualmente, para los distintos usos en el área de estudio. Hacia la porción central del Valle se concentra la mayor parte de la población, los asentamientos se han hecho, tanto en la parte plana como en las laderas oriental y occidental; numerosos barrios se localizan sobre laderas con pendientes que en ocasiones superan el 100%, lo mismo ocurre en las faldas del cerro Quitasol al norte del área metropolitana y en sectores aislados de los municipios de Caldas, Sabaneta, y Itagüí y La Estrella, al sur. Este tipo de ubicaciones de vivienda en zonas de pendientes fuertes, ha generado desastres con pérdidas de vidas humanas, pero también ha generado unas adecuaciones urbanísticas y unas previsiones que cuando se emplean adecuadamente, permiten edificaciones en condiciones aceptables; de cualquier forma y ante la demanda de vivienda de interés social, estos suelos en los que se masifica la vivienda, se hacen rentables para esa explotación.

La vivienda de segunda residencia, por su parte, también ocurre sobre suelos con fuertes pendientes, especialmente en los municipios del sur del Valle de Aburrá, en sectores de El poblado, San Cristobal, Santa Elena y Piedras Blancas en el municipio de Medellín; en San Felix, Potrerito, Tierradentro y Hato Viejo en el municipio de Bello y en las zonas rurales de Copacabana, Girardota y Barbosa en forma cada vez más acentuada. Este tipo de construcciones generan, en ocasiones, grandes movimientos de tierra, no tanto en la instalación de la vivienda que se hace sobre localidades planas, como en la adecuación de las vías de acceso que deben efectuarse cortando las laderas. al igual que las acometidas de agua potable y las instalaciones de alcantarillado, que agravan los riesgos de deslizamiento y contaminación de quebradas.

Las extracciones de limos y arcillas para la industria ladrillera y áridos se efectúa sobre suelos con pendientes fuertes, tanto como en la vega inundable del río Medellín y los niveles de terraza más recientes, en los que además tiene lugar una incipiente actividad minera (aurífera); generalmente la pendiente limita la cantidad de material a extraer, aunque la tecnología empleada es básicamente igual; en ningún caso se repone la cobertura fértil de suelo removida para la extracción, aunque en tal sentido se dan pasos importantes.

A partir de estas consideraciones se han establecido los rangos y valores de capacidad para la pendiente, que se presentan en la Tabla 6.

Tabla 5. Rango, Clase y Valor de Capacidad para la Pendiente.

RANGO (%)	CLASE	VALOR DE CAPACIDAD
0-12	Baja (B)	Muy Alta (MA)
13-25	Media (M)	Alta (A)
26-50	Fuerte (F)	Moderada (M)
>50	Muy Fuerte (MF)	Baja (B)

El conjunto de variables referidas a los riesgos naturales, considera deslizamientos e inundaciones, ya que son este tipo de fenómenos los más comunes y desastrosos, según los registros históricos de que se dispone. En el período comprendido entre 1977 y 1988, Medellín fue afectada por un gran número de deslizamientos, alcanzando un promedio de 31.2 por año (González, 1995). Dentro de este período se destacó el año 1988 - especialmente lluvioso - en el que se presentaron múltiples emergencias. Solo en Medellín hubo 53 deslizamientos en la vertiente oriental del Valle y 42 en la vertiente occidental, para un total de 95 eventos (Flórez, 1998).

Por su gravedad han hecho historia dos deslizamientos, ambos en la vertiente oriental:

El deslizamiento de Santo Domingo Sabio, ocurrido el 29 de septiembre de 1974, que dejó un saldo de 100 personas muertas y abundantes pérdidas materiales.

El deslizamiento de Villatina, ocurrido el 27 de septiembre de 1987, con un saldo de 502 pérdidas de vidas humanas.

Otra situación de riesgo se presenta por la localización de viviendas en zonas aledañas a quebradas, en las partes bajas de las cuencas. Este problema se agrava debido al drenaje cordillerano como el que se presenta en el Valle de Aburrá que corresponde a ríos y quebradas torrenciales, con alta capacidad de erosión y transporte de sedimentos, con crecidas rápidas generadoras de desastres.

En el periodo 1977-1988, se presentaron 54.4 inundaciones por año (González, 1988). Los registros históricos dan cuenta de 32 puntos críticos de acuerdo a la mayor recurrencia de crecidas. Esto para ilustrar que se trabaja en el perfeccionamiento de los estudios de riesgos naturales.

La información existente en distintos estudios, permite proponer para esta variable, los siguientes riesgos, clases y valores de capacidad (Tabla 6)

Tabla 6. Clase y Valor de Capacidad para los Riesgos Naturales.

RIESGO	CLASE	VALOR DE CAPACIDAD
Riesgo geológico muy bajo o nulo, hidrológico muy bajo o nulo	Muy Bajo (MB) o Nulo (N)	Muy Alta (MA)
Riesgo geológico bajo e Hidrológico bajo a nulo	Bajo(B)	Alta(A)
Riesgo geológico medio e hidrológico medio a nulo	Medio(M)	Moderada(M)
Riesgo geológico alto e hidrológico medio a nulo	Alto(A)	Baja(B)
Riesgo geológico alto e hidrológico alto	Muy Alto (MA)	Muy Baja (MB)

La existencia de un tipo de riesgo en una clase superior de riesgo, determina una situación de riesgo lo más alta posible, la valoración más alta de los riesgos y por tanto la menor capacidad ocurre cuando se presentan valores altos para ambos tipos de riesgo. Pueden resultar situaciones no previstas en la tabla, que deben ser resueltas según estos criterios, lo mismo que si en la cartografía se consideraran otros riesgos o distintas clases que las que se proponen. En todo caso se homologarían esas leyendas con la propuesta o bien se construiría una tabla de valoración de la capacidad en función de la información disponible.

En cuanto a la variable Aptitud Geológica al uso urbano, se adaptan las de la cartografía existente y se traducen a valores de capacidad (Tabla 7). El concepto de aptitud empleado en esta cartografía preexistente, es enteramente diferente al empleado en la metodología propuesta.

Tabla 7. Aptitud Geológica al Uso Urbano, Clases y Valor de Capacidad

APTITUD GEOLÓGICA	VALOR DE CAPACIDAD
Alta (A)	Alta(A)
Media (M)	Moderada M)
Baja (B)	Baja (B)
Muy Baja (MB)	Muy Baja (MB)

La variable de capacidad denominada Accesibilidad a los Equipamientos y a Vías, se ha definido en función de la cartografía preexistente de división veredal y equipamiento, así

como a los mapas topográficos base o cartas generales del IGAC. Se ha considerado un factor de distancia relativa a la cabecera corregimental o centro de servicios más cercano, la distancia relativa se entiende en función del tipo de vía que comunique con el centro de servicios. La Tabla 8 presenta las distancias, la clase de accesibilidad y al valoración de capacidad.

Las distintas variables consideradas con sus respectivas clases generan un total de 320 (4*5*4*4) posibles combinaciones al superponer las distintas capas temáticas. El criterio de asignación de valor de capacidad a una unidad está dado por la existencia en ella del menor valor de capacidad de alguna de las cuatro variables. Por ejemplo: La Unidad de Capacidad para el Uso Residencial Intensivo No.25: Pendiente Baja (B), Riesgo Natural Medio (M), Aptitud Geológica al Uso Urbano Media (M) y Accesibilidad a Equipamientos y Vías Deficiente (D), tendrá en conjunto una Capacidad Baja, a causa de esta última variable, aunque las demás presenten valores de capacidad más altas. Las unidades con el mismo valor de capacidad se agrupan para conformar zonas homogéneas desde el punto de vista de la capacidad a un uso determinado.

Tabla 8. Accesibilidad a Equipamientos y a Vías, Valoración de la Capacidad.

DISTANCIA RELATIVA	CLASE DE ACCESIBILIDAD	VALORACIÓN DE LA CAPACIDAD
Localizado en un radio de 0-5 Km por vía asfaltada o 0-3 Km si la vía no es asfaltada	Buena (B)	Alta (A)
En un radio de 6-10 Km por vía asfaltada o 4-9 Km por vía no asfaltada	Aceptable(A)	Moderada (M)
En un radio de 11-20 Km por vía asfaltada o 10-20 Km por vía no asfaltada	Deficiente (D)	Baja (B)
En un radio >20Km	Muy Deficiente (MD)	Muy Baja (MB)

Finalmente la Tabla 9 resume las variables de Capacidad utilizados.

Tabla 9 Resumen las Variables de Capacidad.

PENDIENTES	RIESGOS NATURALES	APTITUD GEOLÓGICA AL USO URBANO	ACCESIBILIDAD A DOTACIONES Y VÍAS
1. 0-12 % (B)	1. Riesgo geológico muy bajo o nulo, hidrológico muy bajo o nulo (MB) o (N)	1. Alta (A)	1. Localizado en un radio de 0-5 Km por vía asfaltada o 0-3 Km si la vía no es asfaltada
2. 12-25 % (M)	2. Riesgo geológico bajo e Hidrológico bajo a nulo (B)	2. Media (M)	2. En un radio de 6-10 Km por vía asfaltada o 4-9 Km por vía no asfaltada
3. 25-50% (F)	3. Riesgo geológico medio e hidrológico medio a nulo (M)	3. Baja (B)	3. En un radio de 11-20 Km por vía asfaltada o 10-20 Km por vía no asfaltada
4. >50% (MF)	4. Riesgo geológico alto e hidrológico medio a nulo (A)	4. Muy Baja (MB)	4. En un radio >20Km
	5. Riesgo geológico alto e hidrológico alto (MA)		

6. Definición de Criterios de Valor para la Determinación de la Vulnerabilidad

El procedimiento que se sigue en este caso es análogo al efectuado en el caso de la Capacidad. En primer lugar se describen los criterios de valor para las distintas variables y clases, de acuerdo a la susceptibilidad de impacto negativo o destrucción, a la implantación de un uso determinado. Las variables tenidas en cuenta para los usos previstos en el paso 2 son:

- Coberturas Vegetales
- Capacidad Agrológica
- Recursos Hidrológicos
- Patrimonio Arqueológico
- Canteras de materiales para la industrias de la construcción.

En cuanto a las Coberturas Vegetales, en el área de estudio se cuenta con un mapa de usos del suelo, que si bien no corresponde a un estadio específico de coberturas vegetales, puede usarse para el propósito, siempre que se adviertan las dificultades que esto supone y se planteen las necesidades concretas de estudios específicos.. De acuerdo con el mapa de Usos del Suelo, elaborado en 1986 como parte del Plan de Ordenamiento territorial del Valle de Aburra (Area Metropolitana, 1986), se diferencian, además de otras, dos tipos de coberturas que interesan por su valor ecológico, a saber, Rastrojo Alto (RA) y Rastrojo Bajo (RB); otra categoría corresponde a Bosques Plantados (Eucalipto, Ciprés y Pinus pátula). Como discutiremos posteriormente, la falta de información o la dispersión temática y metodológica de la misma, es una de las principales limitaciones para la aplicación de esta metodología, pero también es cierto que uno de los propósitos de este trabajo es mostrar las dificultades para integrar la información del medio físico, en análisis destinadas a la toma de decisiones de planificación y gestión ambiental.

Los distintos tipos de cobertura vegetal considerados se presentan en la Tabla siguiente:

Tabla 10. Coberturas Vegetales. Clases y Valores de Vulnerabilidad

COBERTURA VEGETAL	CLASE	VALOR DE VULNERABILIDAD
Cobertura de especies con algún tipo de protección legal	CEP	Muy Alta (MAL)
Cobertura vegetal con estrato arbóreo: Rastrojo alto, Rastrojo Bajo	CEA	Alta (A)
Cobertura vegetal de Pastos Naturales sobre pendientes >50% (Fuertes y Muy Fuertes)	PNP	Moderada (M)
Resto de Coberturas	R	Baja (B)

Para establecer la relación entre la Vulnerabilidad y la Capacidad agrológica se acudió nuevamente a la información existente en el área de estudio. Allí se dispone de cartografía de Capacidad agrológica elaborada en base al llamado "Sistema de las VIII Clases Agrológicas" del IGAC.

Según este sistema, la calidad agrológica disminuye a medida que aumenta la clase, es decir, los mejores suelos son los de la Clase I, esta información se encuentra a escala 1:100 00 y 1: 25 000. En el Valle de Aburrá, según esta cartografía, los mejores suelos se ubican

en la vega inundable del río Medellín y los niveles de terraza más recientes, que corresponden a la Clase III de capacidad agrológica.

En las vertientes, las fuertes pendientes y el riesgo erosivo determinan la existencia de suelos de las clase V, VI y VII. Pese a ello, las laderas del Valle de Aburrá, han mantenido un cierto tipo de cultivos (café, caña panelera, frutales y hortalizas). Los mejores suelos están ocupados en la actualidad por usos urbanos consolidados.

Se ha propuesto una agrupación de las 8 clases de capacidad agrológica, a fin de asignar a cada grupo conformado, un valor de Vulnerabilidad, teniendo como criterio para la asignación de este valor, el que aún en clases superiores, es posible, dependiendo de tipo de limitante al uso agrícola, establecer algunos cultivos de importancia, especialmente si se piensa en reducir la huella ecológica y revalorizar los recursos locales.

La Tabla 11 resume los rangos de capacidad agrológica y los valores de Vulnerabilidad asignados.

Tabla 11. Capacidad agrológica. Clases y Valores de Vulnerabilidad.

CLASE DE SUELO	CAPACIDAD AGROLOGICA	VALOR DE VULNERABILIDAD
I-III	Elevada (E)	Muy Alta (MA)
IV-V	Alta (A)	Alta (A)
VI	Media (M)	Moderada (M)
VII-VIII	Baja (B)	Baja (B)

La vulnerabilidad a la contaminación de recursos hidrológicos, se determinó igual que las anteriores a partir de la información existente. La población del Valle de Aburrá se abastece de agua potabilizada previamente, de fuentes externas al área geográfica del Valle, de modo que, las quebradas que descienden al Valle, tanto por la vertiente oriental como por la vertiente occidental y el río Medellín mismo, han sido secularmente utilizados como canales de transporte de vertidos domésticos e industriales.

Recientemente la empresa estatal encargada de abastecer los servicios de energía eléctrica, gas, agua, alcantarillado y telefonía - Empresas Públicas de Medellín - ha emprendido un proyecto de saneamiento y recuperación del Río y sus afluentes; este constituye la principal arteria fluvial del valle y por tanto, el principal foco de contaminación.

La degradación de los cauces se produce entre otras causas, por la ocupación espontánea de los mismos, el reajuste de los cauces por profundización y sedimentación y la socavación de orillas y movimientos en masa.

Los vertidos contaminantes provienen de tres fuentes principales, vertidos domésticos, vertidos agrícolas, vertidos de la industrias y en especial de la actividad extractiva de materiales para la construcción.

De acuerdo con lo dicho, se propone una escala de Vulnerabilidad que depende básicamente del uso a implantar y de las actividades que se desarrollan posteriormente. Otro factor considerado es la preexistencia de fuentes de contaminación en la cuenca, y la importancia del cauce que se determina a partir del número de Horton^{1 9}, nominando como 1ª orden el Río Medellín.

Se determinan situaciones de contaminación y de acuerdo con estas, se asigna un valor de Vulnerabilidad Tabla 12.

En cuanto a la vulnerabilidad a la destrucción de valores arqueológicos, se tuvieron en cuenta dos situaciones, a saber, existencia o no de los mismos. Esto en función de la información existente que, a parte de localizaciones muy específicas de yacimientos, no ha alcanzado el nivel de mapa de yacimientos arqueológicos, pero se mantiene esta variable por considerarla de interés y ante el encuentro fortuito de estos importantes yacimientos, generalmente cuando se adelantan labores de construcción. La falta de información rigurosa al respecto no debe desanimar su consideración, en cada situación que se emplea incluye la posibilidad de que tales valores estén presentes en una zona; para esto si existen criterios de campo más o menos bien establecidos. La Tabla 13 presenta las situaciones y el valor de vulnerabilidad que corresponde a cada una.

Tabla 12. Vulnerabilidad a la Contaminación de Cauces Superficiales.

TIPO DE VERTIDO	VALOR DE VULNERABILIDAD
Vertidos domésticos y/o industriales y/o agrícolas a un cauce de orden 1-3	Muy Alta (MA)
Por lo menos dos tipos de vertidos a un cauce de orden 2-3	Alta (A)

⁹ El Número de Horton asigna el orden de los canales en una cuenca, a partir de la existencia de canales de orden superior e inferior, siendo el de menor orden aquel o aquellos que no reciben afluentes

TIPO DE VERTIDO	VALOR DE VULNERABILIDAD
Por lo menos un tipo de vertido a un cauce de orden entre 3 y 5.	Moderada (M)
Por lo menos un tipo de vertido a un cauce de orden >5	Baja (B)

Tabla 13. Vulnerabilidad a la Destrucción de Valores Arqueológicos.

SITUACIÓN	VALOR DE VULNERABILIDAD
Existen o podrían existir valores arqueológicos (E)	Muy Alta (MA)
No existen valores arqueológicos o se descarta tal posibilidad (R)	Baja (B)

Para evaluar la presencia de formaciones geológicas superficiales con materiales de construcción, limos gravas y arenas, se emplearon las dos mismas situaciones que en el caso anterior. Las situaciones y su respectivo valor de Vulnerabilidad, están en la Tabla 14.

Tabla 14. Vulnerabilidad a la Inutilización de Yacimientos de Áridos y Arcillas.

YACIMIENTO DE MATERIALES	VALOR DE VULNERABILIDAD
Existen materiales explotables (E)	Muy Alta (MA)
No existen materiales explotables (R)	Baja (B)

Las cinco variables consideradas y sus respectivas clases, situaciones y rangos de ocurrencia, generan un total de 256 unidades ($4*4*4*2*2$) de Vulnerabilidad, que se integran en zonas con igual valor de Vulnerabilidad a un uso determinado. El criterio para la asignación del valor de Vulnerabilidad a una unidad homogénea, es similar al del caso de la Capacidad, por aquí es la presencia del valor de mayor Vulnerabilidad, el que le determina a una unidad homogénea su valor de Vulnerabilidad final.

Una síntesis de las variables de Vulnerabilidad utilizadas y las clases, rangos y situaciones de cada variable, aparece en la Tabla 15.

Tabla 15. Resumen de las Variables de Vulnerabilidad.

COBERTURA VEGETAL	CAPACIDAD AGROLOGICA	CONTAMINACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS	VALORES ARQUEOLÓGICOS	CANTERAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
Cobertura de especies con algún tipo de protección legal	Elevada (E)	Vertidos domésticos y/o industriales y/o agrícolas a un cauce de orden 1-3	Existen o podrían existir valores arqueológicos	Existen materiales explotables
Cobertura vegetal con estrato arbóreo: Rastrojo alto, Rastrojo Bajo	Alta (A)	Por lo menos dos tipos de vertidos a un cauce de orden 2-3	No existen valores arqueológicos o se descarta tal posibilidad	No existen materiales explotables
Cobertura vegetal de Pastos Naturales sobre pendientes >50% (Fuertes y Muy Fuertes)	Media (M)	Por lo menos un tipo de vertido a un cauce de orden entre 3 y 5.		
Resto de Coberturas	Baja (B)	Por lo menos un tipo de vertido a un cauce de orden >5		

7. Definición de unidades Ambientales Homogéneas

El área de estudio se divide en unidades ambientales a las cuáles se les aplican las escalas de valores previamente establecidas. Se trata de integrar todas las variables significativas utilizadas, a fin de delimitar las unidades ambientales. Una unidad ambiental homogénea es una porción del territorio que tiene igual pendiente, igual grado de exposición a riesgos naturales, igual aptitud geológica al uso urbano e igual grado de accesibilidad al equipamiento y dotaciones, en el caso de una unidad de capacidad.

Cada una de las variables consideradas tiene una expresión cartográfica sobre el mapa y ocupa polígonos claramente delimitados por unas coordenadas geográficas, asociadas a una base de datos que indica el grado de intensidad de cada variable. Algunas variables ocupan todo el territorio, por ejemplo las pendientes; otras sólo ocupan polígonos aislados, como por ejemplo los riesgos naturales. En todo caso, algunas zonas no afectadas por la variable en cuestión, se le atribuye la valoración de Nula, para que todo el territorio tenga una valoración asignada.

El proceso a desarrollar consiste en superponer todos los mapas temáticos de las variables significativas, por una parte los que determinan la capacidad y por otra los que determinan la vulnerabilidad. Se obtienen tantas unidades ambientales como combinaciones se puedan dar en cada caso. A continuación se valora la capacidad de cada unidad para cada uno de los usos considerados, obteniendo un *mapa de capacidad* del territorio para albergar un uso determinado, por ejemplo *Mapa de Capacidad del Territorio para Implantar Segundas Residencias* (Mapa 1) (Anexo)

El procedimiento se repite con las variables de vulnerabilidad cartografiadas, se obtienen *mapas de Vulnerabilidad* - tantos como usos considerados - del territorio a los usos a implantar (Mapa 2).

El resultado final de este procedimiento es la obtención de unidades ambientales que subdividen el territorio a dos niveles; en el primer caso en función de las variables de Capacidad y en el segundo en función de la Vulnerabilidad.

8. Análisis Integrado: Definición de la Aptitud.

Posteriormente se obtienen unidades ambientales de integración a partir de la superposición de Capacidad y Vulnerabilidad. Las unidades ambientales resultantes serían la combinación de estas dos valoraciones, en función de cada uno de los usos susceptibles de implantación. Ya se habrán establecido las valoraciones producto de las combinaciones entre valores de capacidad y valores de vulnerabilidad, que indicarán la Aptitud.

El resultado final será la división del territorio en áreas con distintos niveles de adecuación a cada uso considerado, estableciendo en cada caso un determinado nivel de permisividad, exigencia o prohibición. Los niveles de adecuación, dentro de los cuáles quedarán las unidades ambientales, serán los siguientes:

- **UP.** Uso sin limitaciones. No existen restricciones técnico económicas ni restricciones ambientales.
- **A(EIA).** El uso se acepta, pero debe mediar la elaboración de un estudio de impacto ambiental en el que se demuestren las medidas a tomar para corregir el impacto previsto.
- **A(IVT).** En esta situación se acepta el uso previo informe favorable de viabilidad técnico económica.

- **A(EIA+IVT).** El uso se acepta siempre que sean favorables los informes de viabilidad técnico económico y la evaluación de impacto ambiental.
- **DES.** El uso se desaconseja, según los autores, por acarrear situaciones de daño irreversible, al estar implicada la destrucción de valores ambientales reconocidos, ello aunque la situación de capacidad resulte favorable al uso a implantar que en estos casos, no es compatible con la protección del medio ambiente.
- **NP.** En estos casos el uso urbano no se permite ya que pueden generarse situaciones de riesgo catastrófico.

Todas aquellas unidades de integración con igual valoración para la Aptitud se agrupan. Para terminar se confeccionan los mapas de aptitud para las unidades ambientales de integración resultantes, a los usos a implantar, descritos en el paso 2.

9. Desarrollo Gráfico de la Metodología a Partir de un Sistema de Información Geográfico - SIG -

El objetivo es obtener la Aptitud del Territorio a los usos considerados y que reflejen las posibilidades más comunes de ocupación del suelo, que se pueden realizar en la actualidad. La instrumentación en el SIG se puede dividir en cuatro fases sucesivas:

a) Partiendo de los mapas temáticos de Capacidad, se efectúa la superposición cartográfica de estos. Se obtienen las unidades ambientales de Capacidad que contienen todas las posibles combinaciones de las variables consideradas. Cada una es un polígono con los valores de los mapas temáticos que le corresponden. Con los valores de Capacidad se confecciona una matriz que en cada casilla contiene el valor de Capacidad de cada unidad ambiental, para soportar un uso determinado. Una unidad ambiental puede presentar un valor de Capacidad diferente para cada uso; por ejemplo, la unidad ambiental No. 120: pendiente Fuerte, riesgo natural Moderado, aptitud geológica al uso urbano Alta y accesibilidad a los equipamientos y vías Moderada; tendrá una Capacidad *Moderada* al uso urbano intensivo y *Alta* para el establecimiento de segundas residencias. Se agrupan unidades con igual valor de capacidad y se obtienen zonas homogéneas.

b) De la misma forma, se superponen los mapas temáticos de Vulnerabilidad. A cada unidad le corresponde un valor de Vulnerabilidad de acuerdo al uso a implantar, por ejemplo, la unidad ambiental de vulnerabilidad No. 100: Cobertura vegetal Resto, Capacidad Agrológica Alta, Vulnerabilidad a la contaminación de recursos hidrológicos Alta, Vulnerabilidad a la inutilización de materiales extractivos Alta y Yacimientos Arqueológicos Resto. Frente al Uso

urbanístico Intensivo, la Vulnerabilidad resulta *Moderada*, mientras que frente al uso extracción de materiales para la construcción. la Vulnerabilidad es *Muy Alta*.

- c) A partir de las valoraciones establecidas para cada unidad ambiental en el análisis de Capacidad y Vulnerabilidad, se tiene el territorio dividido en áreas, cada una con un grado de Capacidad y Vulnerabilidad para cada uso, que variará de Muy Baja a Alta en el caso de la Capacidad y de Muy Alta a Baja en el caso de la Vulnerabilidad.

La matriz de Vulnerabilidad que se elabora, tiene en cada fila las valoraciones de las variables y el valor de Vulnerabilidad que corresponde a cada uso; la última columna contiene el valor de la unidad ambiental. La mapificación de esta valoración es un resultado en sí mismo del trabajo, ya que permite apreciar conflictos de uso actual y los que se generarían si se considerase determinados escenarios de crecimiento urbano.

- d) Ahora se puede obtener la Aptitud de las unidades ambientales a los usos urbanos considerados. Igualmente, el territorio queda dividido en zonas cuya Aptitud al uso tal, varía desde *Permitido sin limitación*, hasta *Uso Prohibido*. Este análisis se resume en la *Matriz de Aptitud* del territorio; las posibles combinaciones Vulnerabilidad - Aptitud en una unidad ambiental de integración, determina la categoría de Aptitud correspondiente, una de las seis posibles (Tabla 16).

Tabla 16. Matriz de Aptitud del Territorio.

CAPACIDAD	VULNERABILIDAD			
	B	M	A	MA
A	UP	EIA	EIA	DES
M	IVT	UVT/EIA	IVT/EIA	DES
B	IVT	IVT/EIA	EIA/UVT	DES
MB	NP	NP	NP	NP

3.2.2.2 Discusión del Método y Posibilidades de Aplicación

- a) Discusión del Método.

La principal dificultad para la aplicación de los métodos de evaluación de la calidad del medio físico para albergar determinados usos, que utilizan en su desarrollo matrices, probablemente estriba en el gran volumen de información que requiere y en la subjetividad que se deriva de asignar valores a atributos del medio que se consideran “relevantes”, a

pesar de que los criterios para la asignación de valores y la selección de variables, parezcan objetivos.

Puede señalarse ésta como una primera fuente de error. Una segunda fuente de error, es la calidad temática y cartográfica de la información referida a cada variable - pendiente, riesgos naturales, etc. - . Esta fuente de error es inherente al proceso de cartografía temática ambiental, pero en desarrollo de métodos como el propuesto, que integra las variables de Capacidad y las de Vulnerabilidad para zonificar el territorio, la cartografía temática pierde aún más precisión durante la digitalización.

Se generan errores en el cierre de polígonos digitalizados, que posteriormente afectan la delimitación de unidades homogéneas. Errores de superposición de coberturas o mapas temáticos, que se producen cuando determinadas líneas de delimitación de polígonos o elementos significativos - ríos, vías, etc. - que debieran coincidir en las distintas capas, no lo hacen. Por ejemplo, si una quebrada digitalizada en la cartografía hidrológica y por otro lado, digitalizada en la cartografía de suelos, no coinciden generando polígonos alargados (dobles líneas) que no existen en el terreno.

Esto es aún más grave si, como sucede con buena parte de la cartografía temática del medio físico, se elabora sobre copias de la cartografía temática original. lo que conlleva, de hecho, un cambio en la escala, que si bien puede ser leve, se magnifica en el proceso de digitalización.

Errores generados por el propio SIG, cuyos comandos, a veces, siguen algoritmos que operan de forma que también introducen errores no deseados. (Miralles y Altur, 1996)

Una última e importante fuente de error, corresponde al factor de escala de trabajo y a la presencia de unidades ambientales de poca área, imperceptibles o “insignificantes” a la escala utilizada. A la escala propuesta en este trabajo, para el nivel micro, se descartarían unidades de 0,5 hectáreas, que corresponden en la cartografía a un cuadrado de 2 mm de lado y por tanto se eliminan todos los recintos de superficie menor. A la escala meso, regional (1: 100 000) propuesta, se descartarían unidades de 2 hectáreas, es decir un cuadrado de 2 mm de lado en el mapa.

Estas unidades o recintos eliminados suponen en cada caso, la aceptación de un error del 20%; ello implica 50 m si la escala 1: 25 000 y 200 m si la escala es 1: 100 000. Esta conclusión permite observar la dificultad máxima que ofrece el uso de la cartografía analítica y/o sintética con fines de ordenación territorial, a la vez que ilustra la limitación de la herramienta cartográfica a menudo desconocida en su carácter orientativo, que pretende mostrar la espacialización de la diversidad del medio físico a través de variables

preestablecidas, como indicamos, con cierta carga subjetiva. En tal sentido, opiniones como las de Bertrand (1970, 1972) según las cuáles tales unidades homogéneas no existen en la realidad, reflejan el olvido del propósito fundamental de la cartografía temática ambiental, cual es producir un modelo interpretativo del medio físico, no una fotografía de la realidad natural, como si lo pretende la escuela de análisis integrado del paisaje.

La calidad de las fuentes de elaboración de la cartografía y la escala de trabajo, determinan el error; no es posible en general obtener cartografía libre de error; en todo caso se tratará de una representación de la realidad.

En este caso, se trata de un método analítico al que le caben las desventajas y ventajas ya descritas, referidas al “mayor” costo y tiempo requerido para su elaboración y la versatilidad que permite fácilmente la ampliación o modificación de la información básica - temática - y también de los criterios de valoración; respectivamente.

En el contexto específico del área de estudio, estas consideraciones siguen vigentes, pero algunas de las desventajas pueden matizarse un poco “el mayor costo y tiempo” se reduce si la información temática sobre las distintas variables preexiste, de hecho, se ahorran recursos si se elaboran análisis de ciertas variables con un fin específico preestablecido y no, como suele suceder, como parte de estudios aislados y a menudo poco útiles para la planificación territorial y la gestión.

La versatilidad, una de las principales ventajas de este tipo de métodos y específicamente del propuesto; se reduce en parte si no se cuenta con medios informatizados para el tratamiento de la información, en especial para la superposición de mapas; por otro lado, el costo de las necesidades de equipo, se compensa con las ventajas propias de los formatos digitalizados de cartografía. Las entidades implicadas con la posible aplicación de esta propuesta, disponen o podrían hacerlo, de un moderno Software que posee la Universidad Nacional y que sirve al convenio con CORANTIOQUIA en cuyo marco se lleva a cabo este estudio.

Otro rasgo de la versatilidad del método propuesto, es la posibilidad de aplicación a escalas regional, micro o incluso a escala de proyecto o estudios de detalle, para implantación de actividades o confrontación de los resultados de evaluaciones de impacto ambiental.

b) Posibilidades de Aplicación.

Las posibilidades de aplicación del método propuesto, o de algunos otros que permitan una gestión integral del territorio metropolitano y una utilización práctica de la información sobre el

medio físico existente, así como las previsiones de mejora de los inventarios, están limitados por dos factores importantes:

- La calidad de la información temática existente
- La coordinación entre las instituciones regionales encargadas de la gestión ambiental y territorial (Corporaciones regionales, Area Metropolitana, Municipios).

El primer limitante, la calidad de la información temática y cartográfica disponible, es a la vez la posibilidad de probar métodos integrales de análisis que pongan en servicio los avances en cartografía digital y muestren la coherencia entre los formatos básicos - topográficos - y la información ambiental (elaborada por distintas entidades: universidades, Catastro Departamental, Planeación de Medellín Planeación, Metropolitana, Empresas Públicas, Instituto Geológico y Minero, empresas privadas, etc.) o en el caso contrario, plantee la necesidad de reelaborar o ajustar dicha información.

Al respecto, una necesidad que salta a la vista es la de integrar un Sistema de Información Territorial - SIT - con una base de datos centralizada y un proceso de digitalización y ajuste de la información, en marcha. Ello requeriría de la coordinación entre las entidades implicadas que pondrían el SIT al servicio de las propias entidades y del público.

Pero el problema de la calidad de la información temática ambiental, pasa también por la diversidad de contenidos y escalas de trabajo; lo mismo puede decirse de la semiología de la información cartográfica. Estas características y el carácter puntual de buena parte de los análisis, que se limitan a ampliar la escala o sustraer de mapas más generales la porción o área de interés, sin mejorar la información.

De algunos sectores urbanos, se tienen por ejemplo planos a escala 1: 10 000 de los drenajes y áreas de inundación, pero la misma información, puede aparecer a escala mucho menor o elaborada con métodos y leyendas muy diferentes para otro sector urbano o rural. De modo que la inexistencia de la información temática, a la escala propuesta, en toda el área de estudio, limita la posibilidad de aplicación del método; pero permite para los sectores y variables analizados a escala regional o micro, una primera prueba, mediante la elaboración de *hojas piloto*.

No se trata de que la metodología se aplique tal cual, se propone un proceso de ajuste entre la información existente, los medios y recursos de digitalización y la paulatina elaboración de la cartografía inexistente y mejora de la disponible.

A nivel regional. La aplicación de esta metodología aunque a escala 1: 250 000- 1: 500 000 permitiría aproximarse a estimar la capacidad de carga actual del Valle de Aburrá y con los convenientes análisis de los flujos y procedencias de materiales y energía, a representar espacialmente la huella ecológica.

Se propone una segunda fase de trabajo a escala de detalle, en la que se evalúe la localización de un proyecto crítico como el futuro relleno sanitario, o la segunda planta de saneamiento del río Medellín.

A escala meso, se procederá a realizar la cartografía de capacidad, vulnerabilidad y aptitud del Valle de Aburrá a los usos urbanos, de donde se deducirá la capacidad de carga actual, para compararla con la demanda ambiental y establecer la brecha de sostenibilidad.

Vale decir que la segunda limitante no es exclusiva a las posibilidades de este análisis, sino que es propia de todos análisis integrales de carácter regional que se realicen.

La gestión ambiental en el área de estudio recae por Ley^{10 2} en tres entidades: La Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia, quien tiene a su cargo, entre otras regiones, el “área rural” del Valle de Aburrá, con la ambigüedad que este término supone. El Area Metropolitana del Valle de Aburrá, quien a través de una unidad especial, atiende la gestión ambiental urbana. La tercera entidad son los propios municipios que tienen competencias en la materia.

La separación entre lo urbano y lo rural, que como mostramos en el capítulo II, sólo tiene sentido burocrático o legal-administrativo, pero no ecológico. La ley 99 de 1993 fijó una participación del impuesto predial urbano, en las rentas de las corporaciones, con el espíritu de “compensar” los servicios ambientales de las áreas rurales a las ciudades. Estos recursos se destinarían a inversión rural, pero las administraciones de algunas ciudades, se han negado a pagar esta obligación argumentando, entre otras razones, que la dependencia campo-ciudad, está regulada por los mecanismos de mercado. El enfrentamiento aparentemente teórico entre lo urbano y lo rural, influye directamente en las decisiones políticas, de allí la resistencia a realizar análisis territoriales de carácter integral y la dispersión de la información existente.

¹⁰ Ley 99 de 1993

El trabajo propuesto y el análisis elaborado en el Capítulo IV, tienen el propósito de mostrar la necesidad de un planeamiento centrado en objetivos de Ecodesarrollo, especialmente la optimización del uso de los recursos naturales locales.

3.2.3 Identificación de Ecosistemas Estratégicos

La definición de un ecosistema como estratégico, se hace en función de un deseo de conservar en un estado determinado un sitio de interés para una comunidad humana. Tal estado de interés bien puede ser natural o inducido por el hombre; es así como puede resultar estratégico un bosque natural que protege la parte alta de una quebrada o un agroecosistema que produce alimentos para un conglomerado urbano vecino.

El adjetivo *Estratégico*, tiene la virtud de resaltar las necesidades de conservación u otras formas de intervención que un lugar requiere para asegurar el flujo de bienes y servicios.

El desarrollo económico y el bienestar de la población dependen en alto grado de éstos ecosistemas estratégicos, pues conforman la infraestructura natural, base de la economía y la sociedad, por lo cual su conservación demanda inversión, que debe entenderse como inversión social

En el Valle de Aburrá, la transformación radical del entorno natural para el asentamiento de más del cincuenta por ciento de la población del Departamento de Antioquia, puede inclinar la balanza hacia definir como estratégicos lugares que deben conservar sus características ecológicas originales; en orden a mantener procesos hidrológicos y climáticos vitales o bien a proveer espacios recreativos naturales y hacia ellos se ha orientado la inversión social ecológica. Valdría la pena comenzar a pensar como Ecosistemas Estratégicos a aquellos que abastecen de alimentos al conjunto de la población metropolitana, a los que abastecen de agua los embalses de los que se sirve la metrópoli y a aquellos que propician la producción de energía eléctrica, y en consecuencia dirigir la inversión social a aquellos sectores, parte cada vez más obvia del *Territorio Metropolitano*.

Se proponen iniciar la aplicación de la metodología desarrollada en la delimitación, definición y manejo de los Ecosistemas Estratégicos para la sostenibilidad de la metrópoli; se es consciente de lo preliminar del aporte - consecuente con la discusión que al respecto adelanta la Nación- al proponer una lista de Ecosistemas Estratégicos en el Valle de Aburrá. La identificación de estos espacios que distintos actores sociales realizan en forma casi cotidiana, se apoya además en los planes de desarrollo municipal que han señalado sitios de especial interés y trata de poner de relieve las características que les valdrían el adjetivo de *Estratégicos* y les justifican planes de manejo especial.

a) Antecedentes

Como concepto nuevo el de Ecosistema Estratégico requiere precisiones y elaboraciones antes de poder ser aceptado ampliamente; a primera vista sobresale la intención de ampliar el enfoque de lo estratégico en materia ambiental, para trascender el ámbito de lo prístino y abarcar otros espacios naturales transformados por el hombre, pero igualmente vitales para el “*Desarrollo Humano Sostenible*”, que se propone desde la Política Nacional Ambiental.

Los antecedentes del concepto deben buscarse entonces en las distintas categorías de áreas protegidas en el país, que van desde Parques Nacionales, hasta Áreas de Manejo Especial, pasando por Áreas de Interés Social y otras categorías, que privilegian la conservación del equilibrio natural de los ecosistemas, propenden por la mínima intervención humana en el lugar y definen claros objetivos de conservación global (clima, biodiversidad) o local (acueductos, distritos de riego, embalses). El concepto de Ecosistema Estratégico además de agrupar las categorías anteriores, propone una serie de lugares intervenidos por el hombre, para señalarlos como estratégicos de acuerdo a la función que desempeñan, es así que El Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia (Márquez, s.f.) propuso tres categorías principales para identificar los, a saber:

En razón de su función:

- Abastecimiento de Población y Asentamientos Humanos.
- Abastecimiento de Sectores Productivos, Mantenimiento de Equilibrios y Procesos Ecológicos Básicos.
- Conservación de Recursos Naturales y Biodiversidad.
- Prevención y Control de Riesgos Ambientales.
- Relaciones Políticas.

En razón del área geográfica que afectan:

- De Importancia global.
- De Importancia Nacional.
- De Importancia Regional y/o Local Municipal.

En Razón de su Nivel de Riesgo:

- Ecosistemas en Riesgo Inminente de Deterioro.
- Ecosistemas Deteriorados.

Para el Valle de Aburrá, a la identificación de Ecosistemas Estratégicos se suma su localización y una calificación de la característica estratégica que lo determina como tal. Posteriormente se analiza el orden de prioridad de intervención entre aquellos que se determinaron Estratégicos en razón del riesgo inminente de deterioro. Se acogió para ello el criterio de que resulta más conveniente prevenir el deterioro de ecosistemas estratégicos, que recuperar aquellos ya deteriorados.

A nivel local, el principal antecedente para la proposición de una identificación preliminar de Ecosistemas Estratégicos, es la proposición de áreas de manejo especial en los planes de desarrollo municipal, que en parte retoman los referentes geográficos del Valle, para proponerlos como lugares recreativos. Algunos de estos sitios se presentan en el Tabla 17.

Tabla 17. Ecosistemas de Interés Para La Comunidad Metropolitana

MUNICIPIO	SITIO DE INTERÉS	CARACTERÍSTICA ESPECIAL.
Caldas	Alto de San Miguel.	Nacimiento del Río Medellín
Caldas	Ancón Sur	Referente Histórico reciente
La Estrella.	Las Lagunas	Calidad Paisajística.
Sabaneta	La Romera	Calidad Paisajística
Envigado	Alto de la Llorona	Nacimiento de la quebrada la Ayurá.
Medellín	Cerro El Volador	Valores Arqueológicos.
Medellín	Cerro Pan de Azúcar	Posibilidades Paisajísticas
Medellín	Cuenca de la quebrada Piedras Blancas	Valores Paisajísticos, arqueológicos.
Medellín	Cerro del Padre Amaya-Alto de las Baldías	Nacimiento de la quebrada La Iguaná.
Bello	Cerro Quitasol	Valores Paisajísticos
Bello	Chorro del Hato	Salto de la quebrada El Hato.
Bello	La Jardinera, Los Seminaristas, Potrerito, Tierradentro.	Charcos Naturales.
Copacabana	Alto de la Cruz	Valores Paisajísticos y Culturales
Girardota	Quebradas San Antonio y El Salado	Cascadas Naturales, Valores Paisajísticos.
Barbosa	Quebrada La Quiebra	Charcos Naturales

b) Conflictos Ambientales

La definición de Ecosistemas Estratégicos involucra directamente el recurso suelo, en especial su tenencia y uso. Los antecedentes indican que la declaratoria (afectación) de terrenos con fines institucionales, normalmente genera traumatismos al dueño del predio quien ve afectada la posibilidad de negociar libremente sus terrenos, situación que afecta negativamente el precio de los mismos.

En la identificación y definición de Ecosistemas Estratégicos, resulta necesario afectar terrenos; surgen entonces conflictos entre los intereses conservacionistas de la institución que los nombra como tales y los propietarios de los terrenos.

El segundo conflicto ambiental relacionado con la definición de Ecosistemas Estratégicos, se identifica a partir del uso del suelo en el lugar de interés. Usos agropecuarios en zonas de protección de fuentes de agua, extracciones de materiales para construcción en suelos agrícolas, asentamientos humanos en laderas de alta pendiente con vocación protectora, planes de reforestación en suelos altamente degradados o sabanas naturales, son algunos conflictos que pueden relacionarse con situaciones comunes en el Valle de Aburrá. El conflicto nuevamente involucra propietarios de terrenos en Ecosistemas señalados como estratégicos y las entidades que los destinan como tales.

Un conjunto de actores comunes a los conflictos ambientales descritos puede incluir: Oficinas municipales de Planeación, CORANTIOQUIA, Area Metropolitana del Valle de Aburrá, propietarios particulares, entidades oficiales dueñas de predios, ONG's, Universidades, Instituto Mi Río, UMATAS, entre otras.

Las estrategias más comunes al respecto coinciden en la compra de las áreas a ser protegidas, cuando la característica estratégica es la protección de algún recurso o proceso natural; practicas limpias de producción cuando se trata de agroecosistemas y planes de manejo especial o parques ecológicos cuando la zona en cuestión ofrece posibilidades recreativas. Al igual que la primera estrategia, esta última demanda casi siempre la compra de los terrenos por parte del interesado.

El concepto de Ecosistema Estratégico plantea además lo que podría llamarse un conflicto técnico, frente a los límites del territorio que pretende manejarse en forma especial. ¿En donde comienza o termina un ecosistema?; el cerro, el alto, la cuchilla, la cuenca alta, son todas ellas denominaciones de lugares que hay que delimitar en mapas y en el terreno si lo que se pretende es manejarlos con propósitos conservacionistas. Éste conflicto se relaciona estrechamente con el uso del suelo y la tenencia de la tierra, se indica como un conflicto técnico y se advierte que es necesario desarrollar criterios que permitan delimitar Ecosistemas Estratégicos.

Otro conflicto relativo a los límites, ya no físicos sino por competencias, resulta del hecho que Ecosistemas Estratégicos para el Valle de Aburrá, se localizan por fuera de los límites políticos de los municipios que lo conforman. La infraestructura natural que provee de agua e hidroenergía a la metrópoli, se localiza en los municipios de Entrerrios, Guatapé, San Rafael, El Retiro y San Carlos; lo mismo puede señalarse en relación con la producción de alimentos, la cual llega al Valle de Aburrá de municipios incluso muy distantes.

El conflicto ambiental que se ilustra a partir de la pregunta ¿Cómo intervenir ecosistemas por fuera del territorio de influencia político administrativa de los municipios del Valle de Aburrá?.

Como estrategia aparece la coordinación interinstitucional y la exportación desde la ciudad de servicios básicos que demandan recursos estratégicos, tal y como lo ha hecho Empresas Públicas de Medellín, cuya presencia en los municipios vecinos al Valle de Aburrá, de cierta forma asegura la protección de Ecosistemas Estratégicos para la ciudad; verbo y gracia la construcción de grandes embalses, complementados con programas de protección de cuencas hidrográficas y reforestación con fines protectores.

c) Ecosistemas Estratégicos para el Valle de Aburrá.

En este aparte se recoge lo que podría constituir una propuesta de identificación de ecosistemas estratégicos para el Valle de Aburrá, la misma plantea dos escenarios y ubica en cada uno de ellos los lugares que debería considerar la planeación estratégica, con miras a emprender acciones inmediatas (primer escenario) y a mediano plazo (segundo escenario).

- *Ecosistemas Estratégicos por los Servicios Ambientales que Prestan*

Se entiende como servicios ambientales al conjunto de productos naturales que no constituyen mercancías en tanto no han formado su precio en el mercado. La conservación de la biodiversidad, la absorción de dióxido de carbono, la producción de oxígeno, la protección de suelos, los efectos sobre el paisaje, son algunos de los servicios endilgables a los ecosistemas naturales o poco intervenidos por el hombre, lo cual justifica para ellos un manejo especial.

En éste contexto, lo estratégico se recoge en la necesidad de proteger estos ecosistemas para asegurar la persistencia de los servicios que prestan. Se entiende la protección como el mantenimiento del lugar en un estado de inalteración o alteración mínima de las condiciones naturales, tal es el caso de relictos de bosques naturales en las periferias urbanas,

nacimientos de quebradas, cerros y retiros de quebradas; los servicios de recreación a la población, constituyen en éstas áreas, además de una justificación para su protección, una oportunidad de financiación de los planes de protección que se emprendan.

- *Ecosistemas Estratégicos por su producción de Alimentos Agua e Hidroenergía*

En el cálculo de la Huella Ecológica, se han descrito estos ecosistemas y la dependencia que tiene la población del Valle de Aburra, de los mismos. Lo anterior adjudica a los ecosistemas productores de agua y energía eléctrica, la característica de Estratégicos, en la medida en que propician un flujo permanente de bienes básicos hacia la metrópoli.

La Tabla 17 presenta algunos de estos Ecosistemas y otros calificados como Estratégicos por los servicios ambientales que prestan y la Tabla 19 los ecosistemas destacados por constituir fuente de alimentos.

Los conflictos ambientales identificables a nivel de los diferentes recursos naturales refuerzan especialmente los conflictos por límites de los ecosistemas de interés y competencias de las entidades involucradas. En tal sentido los actores más importantes se aprecian a nivel de las instituciones gubernamentales y la estrategia más expedita que aparece es la coordinación de la planeación interregional, como una práctica conducente al ordenamiento territorial.

Tabla 18. Ecosistemas Estratégicos para el Valle de Aburrá, por los Servicios Ambientales que prestan.

Ecosistema	Localización Municipio	Característica Estratégica.	Estado Actual
Cascada y Charcos de la quebrada La Miel.	Caldas	Sitio de recreación	No existe infraestructura turística. Es necesario proteger la zona de recreación.
Baños de La Salada	Caldas	Sitio de recreación popular.	
Alto de San Miguel	Caldas	Abastecimiento de sectores productivos, mantenimiento de equilibrios y procesos ecológicos básicos.	En proceso de compra de terrenos. Bosques secundarios en aceptable estado de conservación.
La Laguna.	La Estrella.	Riesgo inminente de deterioro	Sitio de recreación popular. Rastrojos altos en proceso de recuperación.
Vereda san José	La Estrella	Ecosistemas en riesgo inminente de deterioro	Se han hecho hallazgos casuales de restos arqueológicos
Vereda y quebrada La Doctora	Sabaneta.	Abastecimiento de sectores productivos, mantenimiento de equilibrios y procesos ecológicos básicos.	Deterioro en la cuenca baja y media, riesgo de deterioro en la cuenca alta.
Salto de la Campana y La Llorona	Envigado	Abastecimiento de población y asentamientos humanos. Riesgo inminente de deterioro.	Rastrojo alto en estado de deterioro.
Quebrada la Ayurá.	Envigado	Prevención y control de riesgos ambientales. Riesgo inminente de deterioro.	Rastrojos altos en la cuenca alta, deterioro de la corriente.
Quebrada La Honda	Envigado	Conservación de recursos naturales y diversidad	Flora abundante, en aceptable estado de conservación
Alto de Manzanillo	Itagüí	Riesgo inminente de deterioro Posibilidades recreativas	Vegetación natural en proceso de deterioro
Alto del Cacique	Itagüí	Riesgo inminente de deterioro	
Cerro el Volador	Medellín	Ecosistema en riesgo inminente de deterioro	Rastrojos bajos y pastos nativos en proceso de deterioro. Reforestación sometida a quemadas recurrentes

INDICADORES TERRITORIALES DE SOSTENIBILIDAD
CAPACIDAD DE CARGA Y HUELLA ECOLÓGICA DEL VALLE DE ABURRA
CONVENIO CORANTIOQUIA – UNIVERSIDAD NACIONAL. 1998

Ecosistema	Localización Municipio	Característica Estratégica.	Estado Actual
Cuenca de la quebrada Piedras Blancas	Medellín	Abastecimiento de población y asentamientos Humanos	Bosques plantados inactivos en proceso de deterioro
Cerro del Padre Amaya - Alto de las Baldías	Medellín	Prevención y control de riesgos Ambientales	Bosques naturales muy deteriorados en proceso de recuperación
Cerro Quitasol	Bello	Ecosistema deteriorado	Sabanas naturales proceso de degradación
Represa La García	Bello	Abastecimiento de población y abastecimientos humanos	En proceso de colmatación, subutilizada en su potencialidad recreativa
Cuenca alta de la quebrada La Tolda Copacabana	Copacabana	Abastecimiento de población y abastecimientos humanos	Rastrojo alto en proceso de degradación
Quebrada Tierradentro	Bello	Prevención y control de riesgos ambientales	Bosques naturales secundarios en proceso de degradación
Quebrada y salto El Salado	Girardota	Riesgo inminente de deterioro	Contaminación con desechos sólidos y líquidos disueltos
Charcos Dos Quebradas	Barbosa	Recreación	Cuenca de la quebrada El Viento con proceso acelerado de cambio de usos del suelo
Quebradas Santa Rosa, Los Búcaros y la Chacona	Barbosa	Recreación	Proceso acelerado de cambio de uso del suelo

Tabla 19. Ecosistemas Estratégicos para el Valle de Aburrá, por los suministros básicos que aportan.

ECOSISTEMA	LOCALIZACIÓN MUNICIPIO	CARACTERÍSTICA ESTRATÉGICA
Agroecosistemas del Oriente Antioqueño	Guarne, Marinilla, Rionegro, El Santuario, La Unión, La Ceja, El Carmen, El Retiro; corregimiento de Santa Elena (Medellín).	Responden en conjunto el 17.4% de la producción agrícola del Departamento, su cercanía al Valle de Aburrá los convierten en abastecedores directos. La característica se define como <i>Abastecimiento de población y Asentamientos Humanos</i> .
Agroecosistemas del Noroccidente de Antioquia	Entrerrios, Belmira, San Pedro, Santa Rosa, Don Matías, corregimientos de San Felix (Bello) y Palmitas (Medellín).	Se caracterizan por la producción pecuaria y algunos cultivos entre los que destacan la papa, el frijol y hortalizas. La característica estratégica se denomina <i>Abastecimiento de Población y Asentamientos Humanos</i> .
Cuenca de la quebrada Sinifaná	Bolombolo y Amagá	Cuenca carbonífera, constituye una posibilidad de generación termoeléctrica. abastece la industria ladrillera, textil y de alimentos. la característica estratégica se recoge en la categoría <i>Abastecimiento de Población y Asentamientos Humanos</i> .
Cuenca alta de los ríos Grande y Chico	San José de la Montaña, Entrerrios y Belmira	Se localiza el nacimiento de los principales ríos que alimentan el embalse de Río grande, el más importante por el volumen de agua que almacena. La característica estratégica puede inscribirse en la categoría <i>Riesgo Inminente de Deterioro</i> .
Embalses de Guatapé, Río Grande y La García	Guatapé, Entrerrios y Bello	Los dos primeros parte del sistema interconectado nacional, con flujos casi permanentes hacia el Valle de Aburrá, La García abastece parcialmente la demanda de la industria Fabricato. La característica estratégica puede clasificarse como <i>Abastecimiento de Población y Asentamientos Humanos</i> .
Cuenca de la Quebrada Piedras Blancas	Medellín, Guarne	Subsisten allí bosque naturales y plantados, diversidad de aves y algunos mamíferos silvestres. Con grandes posibilidades y alguna infraestructura recreativa. La característica estratégica se identifica con <i>Conservación de Recursos Naturales y Biodiversidad</i>

CAPITULO IV. LA HUELLA ECOLÓGICA EN EL VALLE DE ABURRA

Para el cálculo de la huella ecológica del Valle de Aburrá, se ha recurrido a una serie de variables de las cuales se tiene información reciente y confiable, otros datos fueron estimados o adaptados de valores generales que ciertos consumos tienen. Como en todos los análisis de este tipo conocidos, no se ha podido evaluar el espacio ecológico necesario para todos los consumos y servicios ambientales que demanda un habitante medio del área de estudio; es decir, el *planetoide personal* se subestima de una manera considerable.

Se han incluido algunas de las procedencias de bienes y servicios demandados en el centro urbano del área metropolitana, a fin de localizar espacialmente - al menos de forma aproximada - la huella ecológica.

Se es consciente de que esta constituye una primera aproximación al cálculo de este indicador territorial y de los que se derivan de él, también presentados con las mismas salvedades: capacidad de carga apropiada o robada, el déficit ecológico, la brecha de sostenibilidad y el *planetoide personal*.

Estos resultados, por su carácter preliminar deben tomarse con cuidado, en especial por la naturaleza de las fuentes utilizadas y la representación espacial de los que se consideran, los impactos de la concentración urbana sobre el entorno rural inmediato.

Para proceder a los cálculos, se presenta la situación general de los consumos y emisiones, de la población y los recursos disponibles en el área de estudio; los datos aportados son la base de los cálculos de los indicadores.

4.1 Población y Centros Urbanos.

El Valle de Aburra ocupa una superficie de 1152 Km², localizados en los márgenes oriental y occidental del río Medellín, es una depresión montañosa ubicada en la porción septentrional de la Cordillera Central; uno de los ramales en los que se divide la Cordillera de los Andes al ingresar en el territorio colombiano. (Figura 3)

La topografía del valle es irregular: su fondo es plano y estrecho en algunos sectores y las vertientes presentan pendientes fuertes y severas. Posee una profundidad de 1000 metros con respecto a los altiplanos que los circundan. El perfil del río que define el río Medellín, discurre entre los 1800 m.s.n.m en Caldas donde nace, y los 1400 m.s.n.m en el municipio de Barbosa. Las montañas circundantes tienen alturas que superan los 3000 m.s.n.m; a lo

largo de las vertientes corren numerosos afluentes del río Medellín que se caracterizan por su torrencialidad, se hablan de un total de 200 afluentes directos.

El Valle está conformado por diez municipios (Medellín, Bello, Caldas, Copacabana, Barbosa, Itagüí, Envigado, Sabaneta, Girardota y La Estrella) y diversos corregimientos y veredas; Medellín es el núcleo central. El 14,30% de la superficie del Valle de Aburra corresponde a zona urbana, el 70,9% es zona rural y el 14,8% restante son áreas suburbanas y periurbanas. (Figura 4)

Según el anuario estadístico metropolitano (1995)¹¹ la población del Valle de Aburra es de 2 552 078 personas, de las cuales 2 396 967, el 93% viven en zona urbana y 155 111 personas, el 6,1% de la población, vive en zonas rurales o periurbanas

Comparando los censos de 1973, 1985 y 1993 se observa una tendencia al incremento en la población en áreas urbanas, que aumentó en 950 274 personas en 20 años, (1973-93); es decir, un incremento de mas del 60%. En el mismo periodo, la población rural permaneció prácticamente constante, observando incluso un incremento.

Respecto a esto ultimo es necesario recordar que la definición entre lo rural y lo urbano esta presente en estas cifras que varían de acuerdo con que se considere urbano y que no. Los resultados permiten sin embargo, observar el incremento de la población urbana en los últimos años. Por otra parte, el área urbana del Valle de Aburra, que ocupa el 0,26% del total del territorio del Departamento de Antioquia, concentra el 60% de la población del mismo. Para un análisis de huella ecológica sería de gran utilidad conocer la procedencia exacta de los inmigrantes al área metropolitana de Medellín.

¹¹ Datos del Anuario Estadístico Metropolitano. (Planeación Metropolitana, 1995)

FIGURA 3. LOCALIZACIÓN DEL AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRA

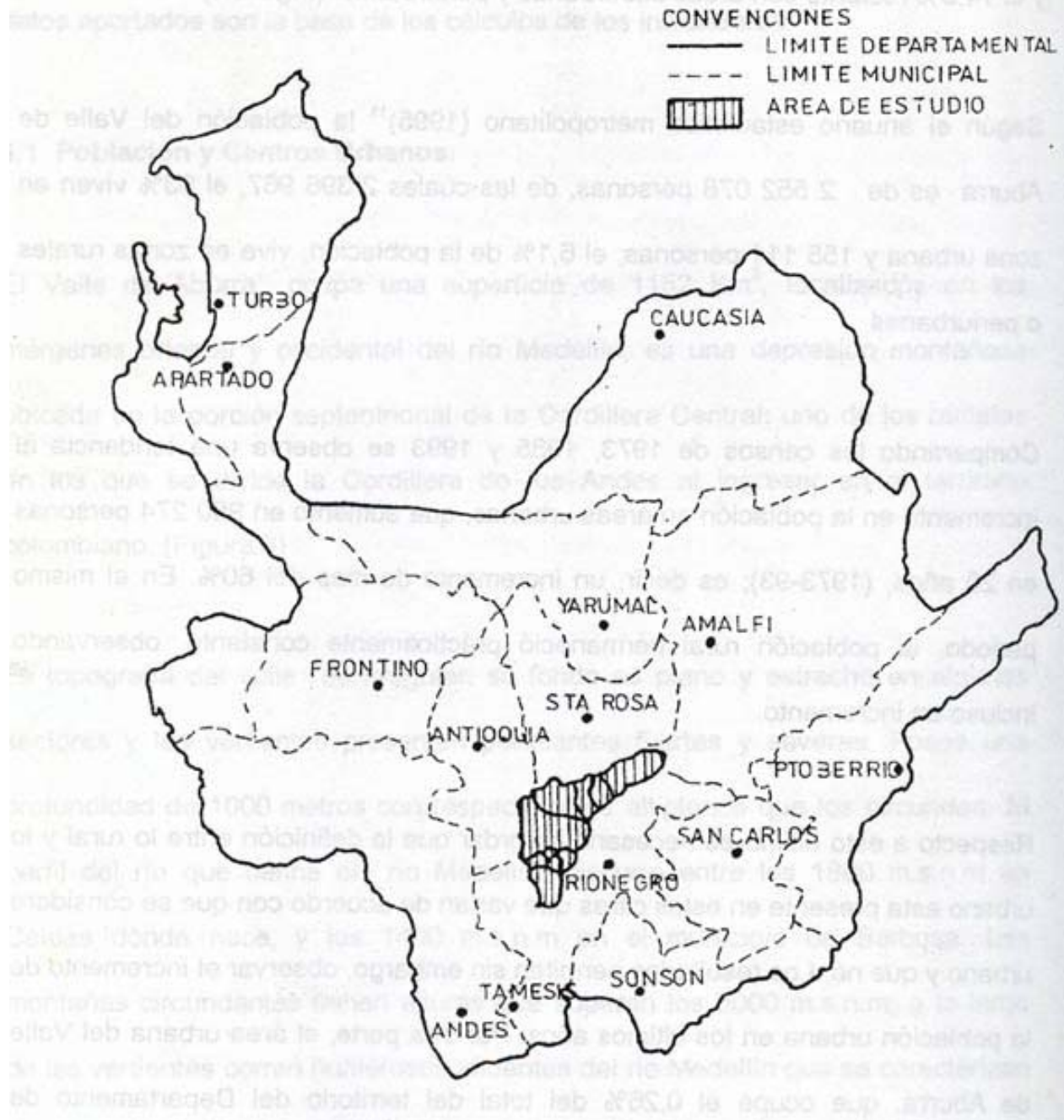
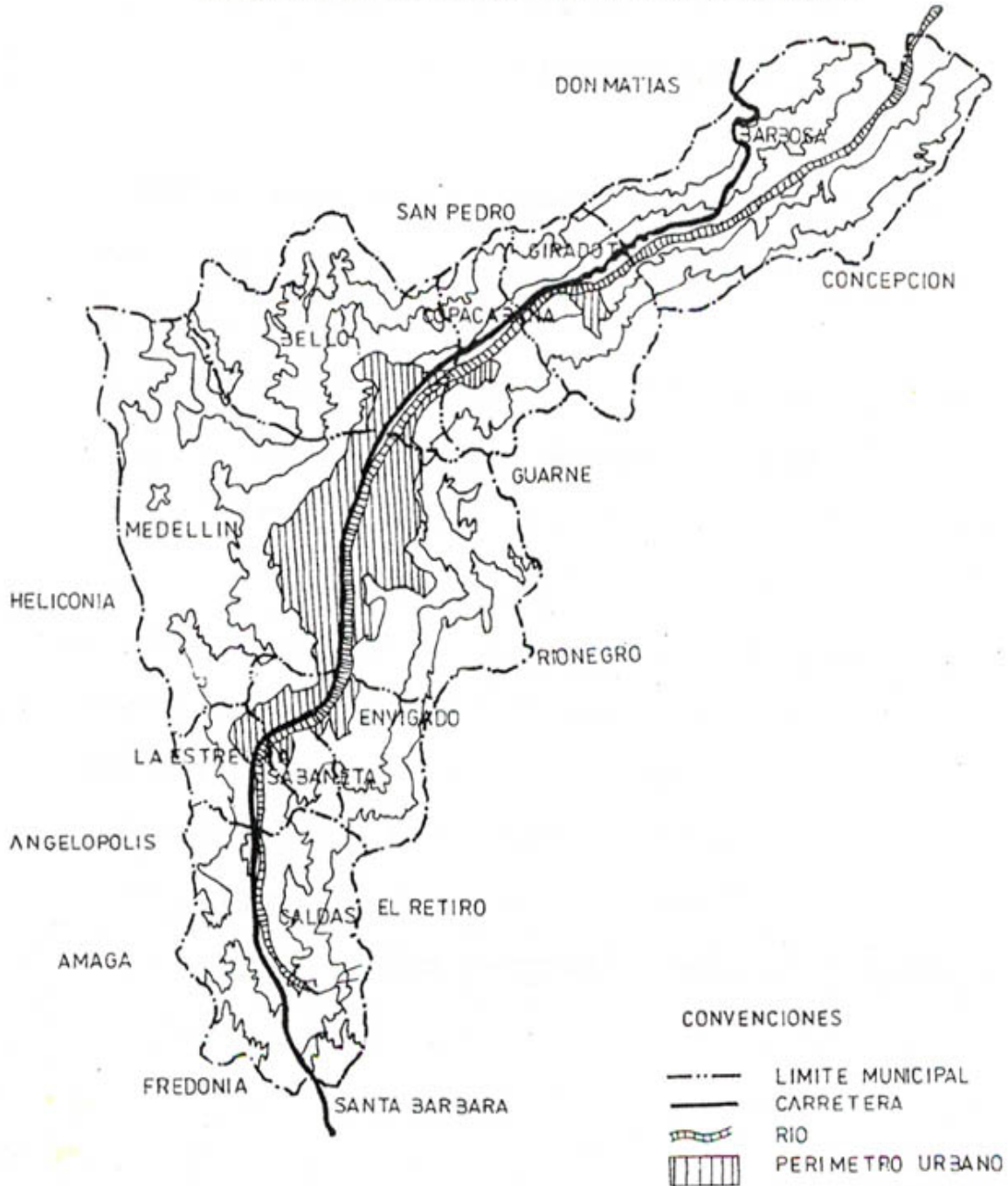


FIGURA 4. AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRA.



La población económicamente activa es de 971 354 personas que soportan tasas de desempleo que oscilan alrededor del 10%

Los centros urbanos del Valle de Aburra y particularmente de Medellín, presentan zonas de alta densidad poblacional en los sectores de bajos ingresos económicos, que a su vez están localizados en los peores terrenos (altas pendientes, terrenos inestables, cerca a lechos de quebradas) en donde se concentra mas de la mitad de la población; sometida a problemas propios del hacinamiento: insalubridad, inseguridad, baja calidad de la vivienda, etc.

El Área Metropolitana de Medellín es el segundo centro económico y productivo del país, en contraste, está el tipo de estructura urbana predominante, asociada a relaciones interpersonales conflictivas, con una marcada segregación espacial entre sectores ricos y pobres. El 51,4% de la población vive por debajo de la línea de pobreza; el homicidio y las muertes violentas constituyen la primera causa de mortalidad. (Planeación Metropolitana, 1995)

4.2 Perfil Ambiental.

Esta concentración urbana de cerca de 3 millones de habitantes, supone un perfil ambiental característico de las grandes urbes del mundo, pero agravado por la crisis económica crónica de las economías latinoamericanas. La contaminación atmosférica resultado de la actividad industrial y el transporte, la alta producción de residuos sólidos, las explotaciones de materiales para construcción, los ya comentados riesgos naturales a que se someten asentamientos no planificados de viviendas, la contaminación de ríos y afluentes podrían señalarse como indicadores de la crisis ambiental urbana. La constante expansión del territorio metropolitano es también un indicador de esta crisis.

4.2.1 Transporte, Emisiones y Residuos Sólidos.

Se afirma que el transporte contribuye con cerca del 90% de la contaminación del aire en la ciudad. (Área Metropolitana, 1995)¹² Para 1991 el número de vehículos inscritos en las oficinas de Transito de los municipios del Valle de Aburra era de 119 633, mientras el registro

¹² AREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRA. Unidad de Planeación. Programa de Fortalecimiento Institucional para la Gestión Ambiental Urbana en Colombia. Componente 2. (1995) 15 p.

del tránsito departamental mostraba un total de 33 713, lo que suma 153 346 vehículos registrados distribuidos como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20. Número de Vehículos en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, en 1991 y Estimativo para 1998.

TIPO DE VEHÍCULO	AÑO 1991	ESTIMADOS 1997	DISTRIBUCIÓN %
Automóviles	157354	199103	87
Autobuses	7942	10049	4
Camiones	16000	20242	9
TOTALES	181296	229397	100

El estimativo del parque automotor actual se realizó considerando un crecimiento anual del 4%; muy conservador si se tiene en cuenta que en 1993 el incremento alcanzó el 12%. (Área Metropolitana, 1995). Otra razón para considerar conservadores estos cálculos es que no necesariamente todos los vehículos que circulan regularmente por las distintas vías metropolitanas, están registrados en las oficinas locales; de hecho, Metrosalud (1993) propone una cifra de 240 mil vehículos como parque automotor. Este informe cita como fuente de contaminación atmosférica, además de los vehículos, 240 grandes industrias, un promedio de 1700 quemadas anuales, la actividad edificadora y el tránsito por vías en mal estado.

En cuanto al tipo de combustible utilizado predomina la gasolina con un consumo bruto anual de 696,7 Ktoe/año, le sigue el ACPM con 154,8 Ktoe/año, según datos de 1991; de manera que el consumo proyectado, según el crecimiento del parque automotor alcanza en 1997 1186,7 Ktoe/año (86%) y 195,9 Ktoe/año (14%) de ACPM.

El volumen de emisiones que se ocasionaría de acuerdo al número de vehículos y el tipo de ellos y asumiendo que todos consumen el mismo tipo de combustible, se ha estimado para el parque automotor de 1997, considerando que se cumplen los estándares de emisiones de CO₂ que tiene previsto imponer la Unión Europea a los vehículos que se construyen en la Comunidad. Para cada tipo de vehículo se ha asumido un tiempo de utilización promedio, a partir del cual se estima la cantidad de CO₂ y CO emitidas. Los resultados y las bases de los cálculos se presentan en la Tabla 21

Estas estimaciones son también muy subestimadas, en primer lugar, tal norma de emisiones, ideal, no se cumple aun en los vehículos más modernos, mucho menos en los que

componen el parque automotor metropolitano; pese a ello, el volumen total de emisiones es considerable. Se han dejado de lado las emisiones de óxidos de nitrógeno (Nox) y partículas; tampoco se tuvo en cuenta las emisiones producidas por las motocicletas.

Los valores de las emisiones de CO que tiene previsto implementar la Unión Europea a partir del año 2000, están en función del peso del vehículo: < 2500 Kg. y menos de 6 pasajeros para la categoría *Automóviles* y > 1700 Kg. para los tipos *Autobuses* y *Camiones* (AVL, Consulting and Información, 1993).

La cantidad de CO₂ emitida se estimó a partir de la norma de emisiones de CO, contando con los resultados obtenidos por INFORMATEX (1998) cuya interpretación nos conduce a proponer que el volumen de CO₂ es superior en un 18% al volumen de CO en un motor de gasolina.

Con todo, estos resultados dejan concluir que, si se dispusiera de una cobertura vegetal con una capacidad de fijación media de carbono de 1.2 Ton/ha/año¹³ (Rabinovitch, 1951, citad por, Sukachev et al , 1964), sería necesario contar con una cobertura vegetal de 8354 hectáreas, como sumidero de carbono. Si fuésemos a disponer únicamente de bosques (2 ton/ha/año), el requerimiento de hectáreas de esta cobertura sería de 5 012,2 hectáreas. Para el cálculo de la Huella Ecológica del Valle de Aburrá, se tomará el valor del promedio, es decir, un sumidero de carbono de 8 354 hectáreas, un área per cápita de 0.0033 hectáreas

Además de las emisiones del producto de la movilidad vehicular, debe considerarse la cantidad de CO₂ proveniente de la actividad industrial. Según el World Resources Institute (1996), a cada colombiano le correspondían al año en 1991, 1,76 ton de CO₂, , con lo que las emisiones de carbono por habitante, debido a la actividad industrial serían de 0.48 Ton/año. Aplicando esto al área de estudio, la cantidad de carbono adicional que la población del Valle de Aburra sería 1 224 997. 44 Ton, es decir un sumidero de 1 020 831,2 hectáreas; un patio por habitante de 0.4 hectáreas (un cuadro de 63 metros de lado)

Resumiendo, el sumidero de carbono de toda el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, es una zona que mide 1 029 185 hectáreas de bosques, pastizales y tierras cultivadas con cultivos anuales o permanentes. En otras palabras, el sumidero de carbono de cada persona en el área de estudio mide 0.4033 hectáreas, una parcela cuadrada de 63.5 metros de lado.

¹³ Este valor medio se obtiene a partir de los niveles de fijación anual de C, de tres coberturas, Sabanas, Bosques y Cultivos.)

La disposición de un gran volumen de desechos sólidos es otro problema ambiental que deben resolver las ciudades y que crece con el tamaño de las mismas. En el Valle de Aburrá se producen diariamente 1700 toneladas de basuras que son depositadas en el relleno sanitario de La Curva de Rodas, en el municipio de Bello, al norte del Área Metropolitana; el nivel de compactación medio es de 1 m^3 por tonelada, con el que se espera que el relleno pueda recibir basuras hasta el año 2008.

A efectos del cálculo se supone que un cilindro medio de residuos que se dispone en el suelo, ocupa una superficie de 0.25 m^2 , es decir, una sección de $0.5 \times 0.5 \text{ m}$ y una profundidad de 4 metros. Según lo dicho, en un año la superficie ocupada por basuras sería de 15.51 ha. lo que deja una superficie de “basurero” por habitante de 0.061 m^2 (6.077×10^{-6} ha); un patio cuadrado de 25 cm de lado. Desde luego, este cálculo supone que todos los habitantes del Valle de Aburrá producen la misma cantidad de residuos sólidos al día, unos 666 gr.

Tabla 21. Emisiones de CO₂ y CO por el Parque Automotor Metropolitano (1997).

TIPO DE VEHÍCULO	NÚMERO DE VEHÍCULOS	CICLO URBANO	CICLO SUB URBANO	KM./DÍA	KM/DIA TOTALES	NORMA DE EMISIÓN CO (GR/KM)	EMISIÓN ANUAL DE CO (TON.)	NORMA DE EMISIÓN DE CO ₂ (GR/KM)	EMISIÓN ANUAL DE CO ₂ (TON)	TOTAL ANUAL DE C (TON)
Automóvil	199103	Velocidad 12 Km/h, durante 1.2 h/día	Velocidad 30 Km./h, durante 1.5 h/día	29.4	5 853628.2	3.16	6751.5 <u>2893.5</u> ¹⁴	3.73	7969.42 <u>2173.48</u>	5066.98
Autobús	10049	Velocidad 12 Km./h, durante 10 h/día		120	1 205 880	8	3521.15 <u>1509.06</u>	9.44	4154.48 <u>1133.17</u>	2642.23
Camión	20236	Velocidad 12 Km./h, durante 2.5h/día	20 Km./h, durante 1h/día	50	1 011 800	8	2954.45 <u>1266.19</u>	9.44	3846.25 <u>1048.97</u>	2315.16
TOTAL	229 388				8 071 308.2		5668.75		4355.62	10 024.37

¹⁴ El valor subrayado en la Tabla, corresponde al peso del Carbono

4.2.2 Agua e Hidroenergía.

Los 2 552 078 habitantes del Valle de Aburrá, consumen un promedio de 189 286 300 m³ de agua, 203 litros/habitante/día¹⁵ (Planeación Metropolitana, 1995); se sabe que la cobertura de este servicio supera el 98% en zona urbana (EE PP, 1995).

Las fuentes de abastecimiento de agua para las distintas plantas de tratamiento, están localizadas en un 55% fuera del área geográfica del Valle, al igual que los principales embalses (Río Grande y La Fe). Las fuentes externas al área geográfica proporcionan el 84% del caudal captado.

El sistema de abastecimiento está conformado por tres embalses y cuatro captaciones directas de quebradas. El embalse de La Fe, que abastece la planta de tratamiento de La Ayurá, recoge las aguas de los ríos Piedras, Buey y Pantanillo y de las quebradas Las Palmas, La Miel. Potreros y Espíritu Santo; su capacidad útil es de 12.1 millones de m³. El embalse de Río Grande recoge las aguas de los ríos Grande y Chico y las quebradas Las Ánimas y Orobajo; su capacidad útil es de 152,1 millones de m³, abastece la planta de Manantiales. El más antiguo de los embalses, el de Piedras Blancas, abastece las plantas de Villa Hermosa y La Montaña, su capacidad útil es de 1.2 millones de m³. La captación directa en conjunto, permite una captación de 0.64 m³/seg.

Los tres embalses suman un área inundada de 1372 ha. (19 ha Piedras Blancas, 143 ha. La Fe, y 1210 ha. Río Grande) y permiten un flujo de agua hacia la ciudad suficiente para abastecer la demanda actual y aún absorber un cierto crecimiento de la misma. De hecho, la producción anual de agua potable asciende a 81 507 000 m³, un 33% por encima de la demanda actual.

De acuerdo con estos datos, cada habitante del área de estudio, requiere una área inundada de 5.38 m², un “estanque cuadrado de 2.32 metros de lado, de una profundidad que es la media de los embalses.

Siguiendo con los embalses puede considerarse la extensión de las cuencas hidrográficas asociadas a las fuentes de abastecimiento de agua como un criterio adicional para conocer el área per cápita comprometida en la protección de las fuentes hídricas. Las fuentes que abastecen el embalse de Piedras Blancas suman 9650 ha; las que abastecen el embalse de La Fe ocupan una superficie de 45 800 ha.; por su parte Río Grande se abastece de una cuenca con 104 100 hectáreas de superficie. Las características del sistema de embalses se presentan en la Tabla 22.

¹⁵ Esto sin discriminar usos industriales, residenciales y comerciales. Los datos son de 1995.

Supondremos un 20% del área de la cuenca, como zona de protección destinada exclusivamente a bosques u otras coberturas vegetales con ese carácter. Así se obtiene que la protección de las fuentes de abastecimiento de agua requiere 159 550 ha, una parcela de 125 m² por habitante.

En síntesis, el área por habitante para abastecimiento de agua es de 130.38 m² (0.013038 ha), esto sin tener en cuenta el espacio ocupado por las infraestructuras de distribución, captación, potabilización y bombeo, para abastecerse de agua e hidroenergía.

Tabla 22. Características de los Embalses que Abastecen de Agua el Valle de Aburrá.

EMBALSE	ÁREA INUNDADA (ha.)	VOLUMEN ÚTIL (M. m ³)	FUENTES	ÁREA DE LA CUENCA (ha.)
Piedras Blancas	19	1.2	Q. Piedras Blancas Q. LA Honda Q. La Mosca	28.50 22 46
Total	19	1.2	3	96.50
La Fe	143	12.1	<u>Ríos</u> Buey Piedras Pantanillo <u>Quebradas</u> Las Palmas La Miel Potreros Espíritu Santo	291 89.40 77.60
Total	143	12.1	7	45 800
Río Grande	1210	152.1	<u>Ríos</u> Grande y Chico <u>Quebrada</u> Las Animas Orobajo	104 100
Total	1210	152.1	4	104 100
TOTAL	1372	165.4	14	159 550

Fuente: Empresas Públicas de Medellín (1991, 1995)

En cuanto al consumo de energía, la fuente más importante de abastecimiento es hidroeléctrica. En 1995 el consumo de energía fue de 6 393 581 Kwh. distribuida en los

sectores residencial (35%), industrial (33%) y comercial (8%), en toda el Área Metropolitana (Planeación Metropolitana, 1995).

La energía eléctrica se obtiene por interconexión. Los embalses generalmente tienen el doble propósito de almacén de agua y producción de energía. El embalse de La Fe tiene una capacidad de generación de 20.1 MW., gracias al desnivel con la planta de tratamiento de agua de La Ayurá. Río Grande con la central de Tasajeras y genera 303 MW y con la central de Niquía generando 21 MW. Esto significa que no se requiere (si se desprecian las áreas ocupadas por instalaciones, túneles y conducciones) áreas adicionales para la producción de energía, ya que los 333.1 MW de los 3 embalses citados, abastecen de sobra la demanda del Valle de Aburrá. El ecoespacio para la producción de hidroenergía y abastecimiento de agua per cápita, permanece en los 130.38 m² ya calculados.

4.2. 3 Alimentos y Otros Abastecimientos.

Resulta complejo intentar calcular el área que una persona necesitaría para abastecerse de alimentos y materias primas para cubrir necesidades como el vestido. Esto es aún más complejo cuanto más amplio el grupo de lo que se consideran necesidades básicas y cuanto más grandes son las diferencias entre los consumos de estos productos, entre los distintos sectores de la población en una misma localidad.

El cálculo que se propone aquí dispone de las escasas fuentes de datos sobre producción agrícola, productividad y procedencias de los alimentos y de materias primas en y hacia el Valle de Aburrá. Se trata de un estimativo y debe advertirse, como en el resto del capítulo, que se intenta una aproximación. Veamos:

Para las áreas urbanas en particular, el suministro de alimentos de origen natural se compone de aquellos de consumo directo y los que involucran un proceso industrial previo, por lo que constituyen materias primas. La distancia entre los agrobiosistemas y el centro de consumo determina entre otros, la "preferencia" de los consumidores, consecuencia del precio de los alimentos y materias primas de la industria alimentaria. Los abastecimientos de fibras y maderas o materiales para la construcción, es aún más difícil de analizar con los datos de que se dispone, sin embargo se intenta un acercamiento.

La oferta de alimentos cultivados en el propio Valle de Aburrá escasamente supera el 0,7% de la producción departamental, mientras el Oriente Antioqueño contribuye con el 17.4% del total departamental y Urabá aporta el 39% (Planeación Departamental, 1990).

Considerando la población actual del Valle de Aburrá y asumiendo para cada habitante una ración calórica diaria de 2 400 calorías, es decir, 513 gramos de alimentos, 15% de prótidos,

35% de lípidos y 55% de glúcidos (Blowin, 1979), se tiene que diariamente se requieren de 1309.2 toneladas de alimentos, que al año suman 477 864 toneladas.

Como dato comparativo, en el mes de julio de 1995, ingresaron a la Plaza Mayorista de Medellín 4851 toneladas de alimentos, que representaron, según nuestros cálculos, algo más del 12% de la demanda mensual media. Aunque puntuales, los datos de julio de 1995 dejan ver que de un total de 31 productos que ingresaron con procedencia conocida, 19, el 61.3% provenían del Oriente Antioqueño; 8, el 25.8% provenían del propio Valle de Aburrá, de los corregimientos de San Cristobal, san Antonio de Prado y de los municipios de Caldas, Barbosa y Girardota (Agudelo, 1995).

Ahora es necesario calcular la productividad agrícola y hacer algunas consideraciones generales al Departamento, para estimar el área cultivada por habitante, necesaria para abastecer la dieta tipo que hemos considerado.

En 1987 el área cultivada destinada la producción agrícola tradicional en el Departamento, era de 1 307 945.6 ha (IGAC, 1990) que produjeron en ese mismo año, 893 500 toneladas de alimentos, esto se traduce en un rendimiento de 0.68 Ton/ha./año.

Con estos datos y suponiendo que la producción agrícola tradicional que según las fuentes representa el 43% de la producción de Antioquia (un 48.2% son cultivos de banano y café y 0.3% a materia primas, fique y palma africana) se destina a consumo interno, tenemos que se requieren 702 741.20 ha. de cultivos; 0.27 ha./habitante, una parcela de 2753.60 m² o una huerta cuadrada de 52.5 metros de lado. Los datos de Rees en Vancouver Canadá, arrojaron 0.9 ha. de tierra agrícola/habitante.

Se asume que en esa parcela cada habitante "produce" los 513 gramos de alimentos que necesita diariamente y que la agricultura le proporciona, prótidos, lípidos y glúcidos.

A falta de datos al respecto se han tomado como base los resultados obtenidos por Rees en su ciudad natal y se han reducido, arbitrariamente a la mitad; se añadirán 0.2 ha. de tierra agrícola para otros artículos de consumo y 0.1 ha de bosque para el mismo propósito. Se entiende que estas 0.3 ha. son suficientes para obtener materias primas para vestido, calzado, madera, materiales de construcción y papel básicamente.

De este modo, la tierra agrícola por habitante queda en 0 ,375 ha.; un patio cuadrado de 61.2 metros de lado ó 3753.6 m² de superficie.

4.2.4 Vivienda y Equipamientos Urbanos.

Nos referimos en este apartado a la cantidad de espacio que ocupa la concentración urbana y entonces el espacio para vivienda por habitante, además a una área hipotética de la cual cada uno de ellos obtendría los materiales de construcción de su vivienda y su parte de ciudad (viario, equipamientos, etc.).

El área urbana del Valle de Aburrá, ocupa una superficie de 164.73 Km.² en donde viven 2 396 401 personas (Planeación Metropolitana, 1995) lo que significa que el área urbana - equipamientos y vivienda - para cada habitante urbano es de 0.00688 ha; 68.74 m², un cuadrado de 8 metros de lado.

Ahora, la zona hipotética de la cual cada habitante obtiene los materiales necesarios para construir su ambiente (madera, áridos, etc.) es, en el caso de Vancouver de 0.4 ha. (Wackernagel, 1996). En el caso de nuestra área de estudio, asumiremos 0.025 hectáreas de bosques y una área similar para otros materiales que se han contabilizado dentro de las 0.3 ha destinadas a otros artículos de consumo en el apartado anterior.

4.3 Indicadores Territoriales de Sostenibilidad.

Con los datos del apartado anterior se procede al cálculo de los indicadores territoriales de sostenibilidad. Antes conviene aclarar que si bien se han discutido en el Capítulo I las posibilidades que tiene el *desarrollo sostenible* de materializarse a escala local/regional; no se ha enjuiciado la pertinencia de la *sostenibilidad* como idea útil a la comprensión y medida de los impactos de la actividad humana sobre el entorno.

Para nosotros, *desarrollo sostenible* y *sostenibilidad* no tienen igual significado; la primera constituye una ideología económica, mientras que la segunda es fundamentalmente una ideología social, popular; de allí que se utilice esta última para calificar los indicadores propuestos.

Una persona que vive en el Area Metropolitana de Medellín podría estar usando al año, un área promedio de 0.99 hectáreas, para obtener sus alimentos y materias primas, verter sus desechos, abastecerse de agua e hidroenergía y disponer las emisiones de carbono que le corresponden de acuerdo con la actividad industrial y el flujo vehicular de la metrópoli. Estas 0.99 hectáreas, una parcela cuadrada de cerca de 100 metros de lado, constituyen el *Planetoide Personal*.

La Tabla 23 resume los consumos y las áreas correspondientes a la *Huella Ecológica per Capita* o *Planetoide Personal* de un aburraense urbano.

Con una población aproximada de 2 552 078 personas, el área Metropolitana del Valle de Aburrá tiene una *Huella Ecológica* de 25 265.57 Km², lo que equivale a decir que el espacio ecológico requerido para el grupo de demandas de recursos naturales considerado, es 22 veces superior al área geográfica del valle, que es de 1152 Km² .(Figura 5).

Tabla 23. La Huella Ecológica de un Habitante Promedio del Valle de Aburrá en ha. por Persona.

	Tierra Agrícola	Pastos	Bosques	Area Urbana	TOTAL
Sumidero de C	0.134	0.134	0.134		0.403
Alimentación	0.270				0.270
Desechos Sólidos	6.077x 10 ⁻⁶				6.077x 10 ⁻⁶
Agua e Hidroenergía	5.38 x 10 ⁻⁴ ⁽¹⁶⁾		125 x 10 ⁻⁴		0.013
Vivienda y Equipamiento				68.7 x 10 ⁻⁴	0.006
Otros Consumos	0.2		0.1		0.3
TOTAL	0.604	0.134	0.264	0.007	0.99

Estos resultados sugieren que la población metropolitana está importando su sostenibilidad de otros territorios o lo que es lo mismo, que el *Territorio Metropolitano* se ha expandido considerablemente. Puede afirmarse que a medida que los efectos de la concentración urbana alcanzan a regiones cada vez más alejadas, menor es la sostenibilidad y que tal expansión constante en busca de una nueva situación de equilibrio en el flujo de materiales y servicios, así lo demuestran.

Según los datos del apartado anterior, las áreas de bosque protector requeridas, se "importan" de los entornos de los embalses; las áreas agrícolas del Oriente Antioqueño y Urabá (sin tener en cuenta la producción ganadera). Los entornos de los embalses, si se

¹⁶ Se supone que se inundan suelos agrícolas

consideran la Fe, Río Grande y Piedras Blancas,, comprenden municipios como Guarne, El Retiro, Rionegro, La ceja, Entrerrios y Belmira.

A mediano plazo, como uno de los objetivos a lograr con trabajos de este tipo,, es la localización lo más exacta posible de la Huella Ecológica, es decir, desde donde se está importando en mayor medida la sostenibilidad de la metrópoli. .La tabla 19 del capítulo anterior, ha sugerido algunos de esos lugares que se consideran por tanto ecosistemas estratégicos.

Un ordenamiento territorial interesado en el *Ecodesarrollo* regional, deberá priorizar la planificación del uso y la protección de estos espacios naturales y antropizados, por su alto valor para el presente y el futuro bienestar de la ciudad.

El *Déficit Ecológico* de la población metropolitana es de 24 113.57 Km² .

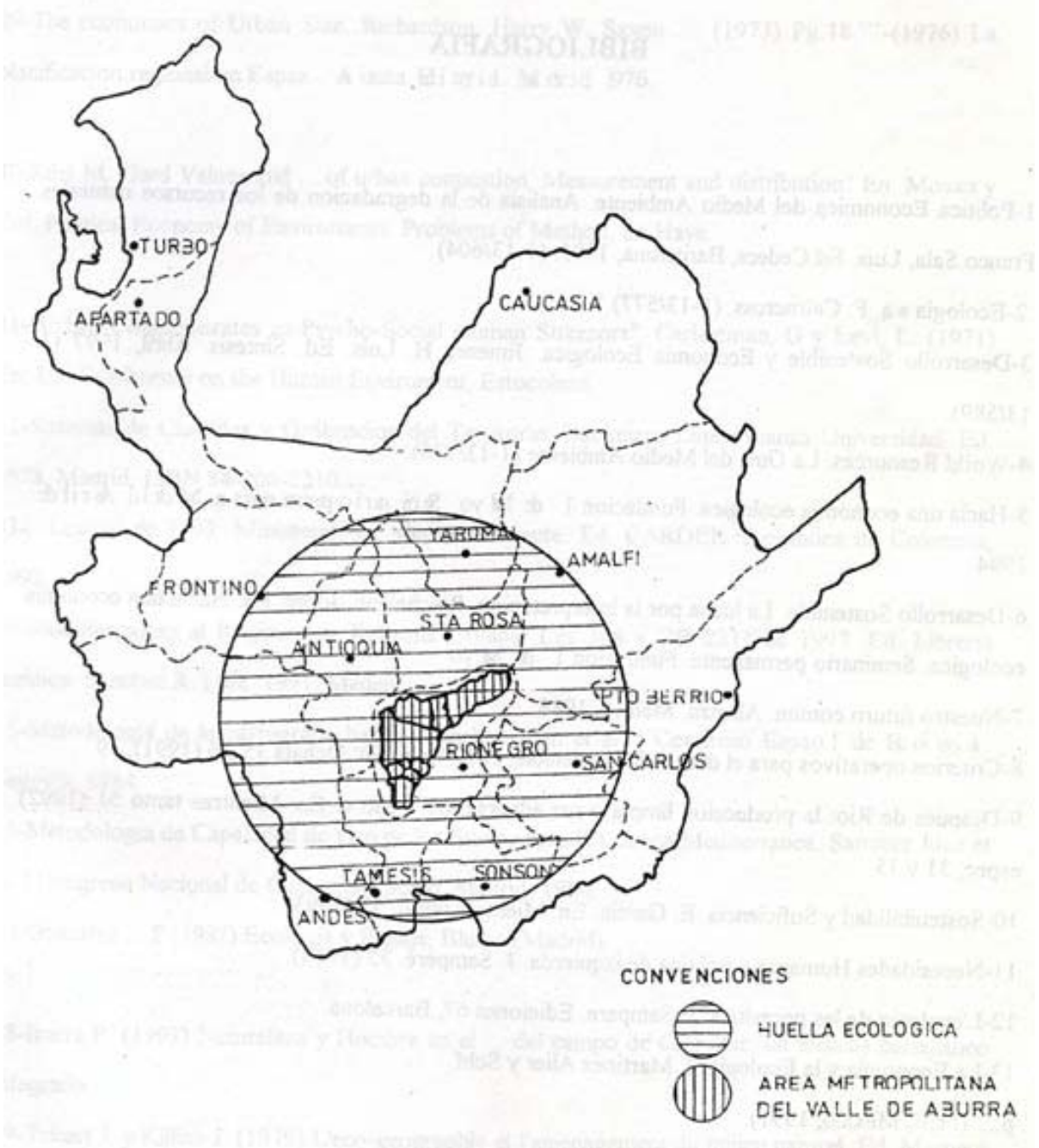
Para terminar es importante aclarar que algunas de las áreas consideradas en el cálculo de la *Huella Ecológica* (Tabla 20) como necesarias para cubrir abastecimientos, aparecen duplicadas: la tierra agrícola que sirve de sumidero de carbono, debería restarse de las 0.27 hectáreas que se requieren para alimentación; igual sucedería con los bosques de protección que cumplen a la vez la función de sumideros de carbono. Este descuento de áreas no se ha efectuado fundamentalmente por dos razones:

La primera es que se considera a todos los consumos subestimados - v.g la ración calórica y las emisiones “norma” -. La otra razón es que tal como se ha insistido a lo largo del trabajo, los resultados presentados tienen, en principio, una finalidad didáctica y divulgativa de estos planteamientos.

Pese a lo preliminar de los resultados, nos inclinamos a creer que las grandes ciudades Latinoamericanas, no deberían emular los modelos de expansión de las megalópolis y que si bien la crisis ecológica tarda en manifestarse al ser paliada por la tecnología, la crisis social urbana es creciente.

Competitividad o cooperación; ciudad o territorio, máxima ganancia o máxima sostenibilidad...e ahí cuestiones sobre las cuáles esperamos haber generado alguna reflexión.

Figura 5. La Huella Ecológica del Valle de Aburrá.



BIBLIOGRAFÍA

1. Política Económica del Medio Ambiente. Análisis de la degradación de los recursos naturales. Franco Sala, Luis. Ed. Cedecs, Barcelona, 1995. (1-13/604)
2. Ecología s.a. F. Cairncross. (1-13/577).
3. Desarrollo Sostenible y Economía Ecológica. Jiménez H. Luis. Ed. Síntesis. Abril, 1997 (1-13/589)
4. World Resources. La Guía del Medio Ambiente (1-13/576).
5. Hacia una economía Ecológica. Fundación 1 de Mayo. Seminario permanente Madrid, Abril de 1994.
6. Desarrollo Sostenible. La lucha por la Interpretación. Riechmann, Jorge. En: Hacia una economía Ecológica. Seminario Permanente. Fundación 1 de Mayo.
7. Nuestro Futuro Común. Alianza. Madrid, 1998.
8. Criterios operativos para el desarrollo sostenible. H.E. Daly. En: Dchats 35-36 (1991), 39.
9. Después de Río: la producción limpia y sus adversarios. Tello e. En: Mientras tanto 51 (1992) espec, 31 y 35.
10. Sostenibilidad y Suficiencia. E. García. En: Mientras tanto. 53 (1993).
11. Necesidades Humanas y política de izquierda. J. Sampere. 35 (1988).
12. L'explosio de les necessitats. J. Sampere, Ediciones 67, Barcelona.
13. La Economía y La Ecología. J. Martínez Alier y Schf. P... (FCE, Mexico, 1991).
14. Los límites sociales del crecimiento. Hirsch Fred.
- 15....JM Naredo. En: Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales. N.
16. La incompatibilidad entre economía y ecología. Sch.
17. The economics of Urban Size. Richardson, Harry W. Saxon... (1973) Pg. 18. ""-(1976)
La planificación regional en España. Alianza Editorial Madris 1976.
18. Edel M. "Jard Values and... uf urban congestion. Measurement and distribution" En: Moyan y Col. Political Economy of Enviroments. Problems of Method, La Haya.
19. "Urban Conglomerates as Psycho-Social Human Streesors". Carlestman, G y Levi, L. (1971) En: UN Conference on the Human Enviroment, Estocolmo.
20. Sistemas de ciudades y ordenación del territorio. Racionero Luis. Alianza Universidad
- 21.. Ed. 1978. Madrid. ISBN 84-206-2210.
22. Ley 99 de 1993. Ministerio del Medio Ambiente. Ed. CARDER. República de Colombia, 1993.
23. Modificaciones al régimen de Reforma Urbana. Ley 388 y DR 2211 de 1997. Ed. Librería Jurídica. Sánchez R. LTDA 1997. Medellín.
24. Metodología de la cartografía básica. Sánchez Juan et al. I Congreso Español de Ecología Segovia, 1994.

25. Metodología de Capacidad de Uso de los Suelos para la Cuenca Mediterránea Juan et al. I Congreso Nacional de Ciencia del Suelo. Madrid, 1984.
26. González... F (198?) Ecología y Paisaje, Blume (Madrid).
27. Ibarra P. (1993) Naturaleza y Hombre en el... campo de Gibraltar: un análisis paisajístico integrado.
28. Tricart J. y Killian J. (1979) L'eco-geographie et l'eco-geographie et l'aménagement du milieu naturel. Ed. maspero Paris.
29. Barragan... Modelos de egstión . 41- Howard Ebenzer. Ciudades Jardín del Mañana. Aymonnino Carlo, Orígenes y desarrollo de la ciudad jardín. Gustavo Gilli. Barcelona, 1972.
30. Teran Fernando De. La Ciudad Lineal: Antecedentes de un urbanismo actual. Ed. Ciencia Nueva. Madrid, 1968.
31. Martínez Elier, Joan. La Economía Ecológica como Economía Humana. Universidad Autónoma de Barcelona, 1998.
32. Martínez Elier, Joan. Curso de Economía Ecológica. Universidad Autónoma de Barcelona, 1998.