

Estructura ecológica y ordenamiento territorial ambiental:

aproximación conceptual y metodológica a partir del proceso de ordenación de cuencas

*Recibido para evaluación: 26 de Noviembre de 2007
Aceptación: 1 de Agosto de 2008
Recibido versión final: 12 de Agosto de 2008*

Germán Márquez C¹
Elizabeth Valenzuela²

RESUMEN

Se presentan los conceptos de ecosistemas estratégicos y de estructura ecológica y su aplicación al ordenamiento ambiental del territorio. Se parte de la idea de que la sociedad depende en alto grado, para su bienestar y para la sostenibilidad de sus procesos económicos, de bienes y servicios prestados por la naturaleza, llamados aquí servicios ecológicos. Estos servicios son aportados por ecosistemas que, en su conjunto, constituyen una estructura ecológica, equivalente natural de las infraestructuras creadas por el hombre para proveer servicios (viales, de acueducto, energía, etc.). Como éstas, la Estructura Ecológica puede ser objeto de diseño, construcción y mantenimiento. Se expone una metodología, mediante el uso de herramientas de SIG, para identificar la Estructura Ecológica de Soporte Mínima para la prestación de servicios y como, por comparación con la Estructura realmente existente en el territorio, se puede proponer un esquema de ordenamiento que tienda a la gestión adecuada del territorio, dentro de cuatro modalidades básicas de uso: conservación, uso sostenible, restauración y recuperación.

PALABRAS CLAVE: Estructura ecológica, Servicios ecológicos, Ordenamiento territorial, Conservación, Uso sostenible.

ABSTRACT

Strategic Ecosystems and Ecological Structure concepts are introduced as tools for territorial land use planning. Based on the idea that society relies importantly on ecological goods and services (water, air, climate, etc), supported by ecosystems, the need for an ecological structure to provide these services is formulated. Ecological Structure resembles other infrastructures created by society to provide services: roads, energy and water systems, etc. As them, could be designed, managed and even constructed. A methodology to identify a Basic Functional Structure, that uses GIS as a tool, is explained. Contrasting this Basic Structure with the actual one on territory, it is possible to identify zones to be preserved, to be used in a sustainable way, to be restored or to be recuperated.

KEY WORDS: Ecological structure, Ecological services, Land use planning, Conservation, Sustainable use.

1. Dr., Profesor Universidad Nacional de Colombia, Sede Caribe.

2. M Sc., Instituto de Estudios Ambientales, IDEA, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá.

*gemarquezc@unal.edu.co
ecvalenz@yahoo.com*

1. INTRODUCCIÓN

Este artículo analiza la aplicación de los conceptos de ecosistemas estratégicos (Márquez y Acosta, 1994; Márquez, 1996) y estructura ecológica de soporte EES (van der Hammen y Andrade, 2003) al ordenamiento del territorio y, en particular, al de cuencas hidrográficas reglamentado por el Decreto 1729 de 2002. El concepto de ecosistemas estratégicos propone que existen ciertos ecosistemas y áreas naturales que prestan servicios ecológicos de los cuales depende en alto grado la viabilidad de procesos sociales; tal es el caso, por ejemplo, de las áreas y ecosistemas, con frecuencia páramos como Chingaza, que proveen agua o energía a ciudades que, como Bogotá, no podrían subsistir sin ellas. El concepto de estructura ecológica de soporte EES va un poco más allá, al implicar que la provisión adecuada de servicios ecológicos depende de un conjunto articulado de elementos naturales (bosques, páramos, ríos, entre otros y que incluye en especial los ecosistemas estratégicos), los cuales conforman una estructura equiparable a los embalses y acueductos para proveer agua, la infraestructura vial para movilidad o los tendidos eléctricos para distribución de energía, por ejemplo. Como ellos, la estructura ecológica puede diseñarse y construirse y, por supuesto, requiere mantenimiento¹.

Se presentan las bases conceptuales de dicha aplicación, a partir de la experiencia en dos estudios adelantados por el Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia IDEA- UN, bajo la dirección del autor principal. Se trata de la Fase Diagnóstica del Plan de Ordenamiento Ambiental Territorial, POTAR, del área de jurisdicción de la CAR, y del Plan de Ordenación y Manejo, POMCA, de la Cuenca del Río Garagoa, en municipios de Boyacá y Cundinamarca, adelantado para Corpo- Chivor, Corpo- Boyacá y la CAR de Cundinamarca. Se ilustra la aplicación de los conceptos y la metodología que incluye como herramienta el uso de Sistemas de Información Geográfica, SIG.

2. ASPECTOS CONCEPTUALES

La propuesta para ordenamiento mediante la aplicación del concepto de estructura ecológica de soporte EES parte del conocimiento y la caracterización del territorio como base para identificar y diseñar una Estructura Ecológica de Soporte Mínima, EESM, que sería también la meta mínima de un proceso de ordenamiento. Por ésta, se entiende, como su nombre lo sugiere, la EES mínima imprescindible para garantizar los servicios ecológicos requeridos, la cual puede no ser la EES mejor y más deseable, pero sí la más factible y necesaria dentro de los alcances de la gestión ambiental y los recursos disponibles. La idea es construir, además, a partir de ésta, un modelo de gestión ambiental del territorio que corresponda a las posibilidades, necesidades y perspectivas reales del desarrollo humano en el mismo.

Para lograrlo, se debe identificar los conflictos de uso, por relación entre los usos actuales y deseados, para garantizar unos objetivos ambientales específicos, y establecer un esquema de zonificación que asigne, a cada una de las unidades en que pueda llegar a subdividirse el territorio, un tipo de gestión que aproveche sus ventajas, minimice sus dificultades y propenda por su sostenibilidad. Sobre tal base, será posible identificar los programas y proyectos específicos por ejecutar, los cuales definen un plan de acción que consiste en un conjunto de acciones e intervenciones físicas, económicas y sociales sobre el territorio, concretas, priorizadas y tendientes a lograr que, a través de su uso adecuado, se contribuya al bienestar social y al desarrollo económico de las áreas de ordenamiento, en especial cuencas.

Así, el ordenamiento propuesto se basa en tres ideas fundamentales:

- Que la naturaleza provee bienes y servicios (que, en general, llamaremos servicios ecológicos) de los cuales depende la sociedad para su buen funcionamiento y desarrollo.
- Que estos bienes y servicios son provistos principalmente por ciertas áreas y ecosistemas, considerados estratégicos (Márquez y Acosta, 1994; Márquez, 1996). Estos deben tener, para poder cumplir su función, condiciones adecuadas que deben conservarse o crearse, y deben estar debidamente articulados para conformar, por lo menos, una EESM que

1. Se reconoce que el propósito al utilizar términos de la ingeniería y la economía atiende a la necesidad de hacer entender el papel de la naturaleza (los ecosistemas, el ambiente) para la sociedad y la necesidad de cuidarla y mantenerla como se hace con otras estructuras e infraestructuras, bases del bienestar humano. Desde la economía ecológica se plantean los conceptos de capital natural y capital natural crítico, que se pueden homologar a los aquí presentados como estructura ecológica y ecosistemas estratégicos (Elkins, 2002).

garantice una oferta adecuada y oportuna de los servicios ecológicos requeridos para soportar los procesos humanos. En un sentido económico, equivale a un sector básico de la economía, en la medida que el sector llamado por los economistas primario, depende de esta base natural ecosistémica como un soporte para su funcionalidad.

- Que la gestión ambiental debe orientarse a garantizar la existencia y funcionalidad de dicha EESM, lo cual es un proceso permanente que implica procesos de conservación, restauración, recuperación y uso adecuado de la misma, así como su mantenimiento.

2.1. Bienes y servicios ecológicos

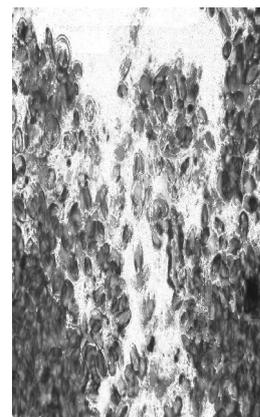
El trabajo se fundamenta en alto grado en la consideración de la naturaleza y los ecosistemas como una infraestructura o base natural de soporte de la sociedad. Esta infraestructura natural cumple una serie de funciones para la sociedad, que se traducen en bienes y servicios ecológicos, con frecuencia también llamados ambientales; la base natural se encuentra transformada en diferentes niveles e intensidades, como resultado de los procesos de uso, ocupación y apropiación del territorio. Costanza *et al.* (1998) afirman que, de todas las funciones que desempeñan los ecosistemas, algunas son más necesarias para mantener un nivel mínimo de «infraestructura» ecosistémica que permita la producción de los diferentes servicios que proveen los ecosistemas, dado que algunos de estos son irremplazables. Es a su vez equivalente, en muchos sentidos, al concepto de sectores utilizado en economía, dentro de los cuales, si el sector primario es el agrícola, la naturaleza constituiría un sector pre-primario, o básico, pues el sector primario se apoya en él, y lo mismo el resto de la estructura de un país y su sociedad.

Los servicios que prestan los ecosistemas pueden resumirse, según de Groot (1992; en: Müller y Windhorst, 2000), en: a) *regulación*, que incluye regulación climática e hídrica, de los flujos de materia y energía y de la estabilidad ecológica, por ejemplo; b) *soporte*, por ejemplo de asentamientos, industria, agricultura, recreación y otras estructuras y procesos humanos; c) *información*, que puede ser de tipo cultural, estético, biológico (biodiversidad), educativa, y d) *producción* de energía, alimentos, materias primas.

Según Márquez (1996), los servicios ecológicos pueden agruparse en las siguientes categorías: a) *satisfacción de necesidades básicas* como las de agua, aire, alimento; b) *soporte de procesos productivos*, a través de la provisión de materias primas, energía, agua; c) *provisión de recursos naturales* como maderas, caza, pesca, biodiversidad y otros bienes no directamente producidos por la sociedad; d) *mantenimiento del equilibrio ecológico*, a través de la regulación de ciclos climáticos e hidrológicos y flujos de materia y energía; e) *sumidero*, pues muchos ecosistemas actúan como receptores últimos de vertidos líquidos, sólidos y gaseosos; f) *prevención de desastres*, a través de la mitigación que ejerce la cobertura de vegetación, por ejemplo, sobre fenómenos sísmicos, erosión, deslizamientos, inundaciones, etc., y g) *bienes y funciones simbólicas*, relativas al papel de los ecosistemas como parte de la cultura y la historia, la apropiación de la tierra como territorio o terruño, los territorios ancestrales, patrimonio cultural y natural, entre otras.

El Instituto Mundial de Recursos, WRI, en la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (WRI, 2003), presenta cuatro tipos de servicios ambientales: a) *suministro* -bienes y productos, b) *regulación* -derivados de la regulación de procesos del ecosistema, como clima, control de erosión, calidad del agua, c) *culturales* -beneficios intangibles obtenidos mediante el enriquecimiento espiritual, la reflexión, la recreación y las experiencias estéticas, y d) *soporte* o base -procesos necesarios para la producción de los anteriores servicios, de los cuales se diferencian en que sus impactos sobre la sociedad son indirectos u ocurren en largos períodos de tiempo (producción primaria, producción de oxígeno atmosférico, formación y retención del suelo, reciclaje de nutrientes y agua, provisión de hábitat).

En el caso de las áreas urbanas, Bolund y Hunhummar (1999) proponen siete tipos de ecosistemas -cuerpos de agua, parques, tierras de cultivo, entre otros- que prestan servicios ambientales a la población asentada, lo cual reduce en la calidad de vida de estas áreas y puede ser empleado en la planificación del uso del suelo. Los servicios que se definen, a partir de un estudio de caso en Estocolmo, son filtración del aire, regulación del microclima, reducción del



ruido, drenaje de agua lluvia, tratamiento de residuos y valores culturales/recreativos.

Se considera que el uso adecuado del territorio y el mantenimiento y reforzamiento del flujo de servicios ecológicos para el soporte de las actividades humanas es condición indispensable para cualquier tipo de desarrollo. De la sostenibilidad de una oferta natural adecuada, depende en alto grado la sostenibilidad social, económica y política, así como el bienestar de los habitantes y la competitividad y productividad económicas de una región. Respecto a las relaciones entre **bienes y servicios naturales y condiciones de vida ver, entre otros, Costanza *et al.* (1998) y Márquez (2000; 2008).**

2.2. Ecosistemas estratégicos

El concepto de Ecosistemas Estratégicos (Márquez y Acosta, 1994; Márquez, 1996) se refiere en lo fundamental a que, de los diferentes ecosistemas que proveen bienes y servicios ecológicos, existen algunos de especial importancia y significación cuyas funciones son vitales para el mantenimiento de determinados procesos; tal es el caso, por ejemplo, de Chingaza como proveedor de agua para Bogotá, las cuencas de embalses que proveen de energía a Colombia o la Amazonia como reguladora climática y reservorio de biodiversidad del Planeta. Su identificación y manejo prioritario ayudaría a hacer más efectiva y menos costosa la gestión ambiental tendiente a garantizar la provisión adecuada de bienes y servicios y, en consecuencia, al bienestar de la sociedad y a la sostenibilidad del desarrollo.

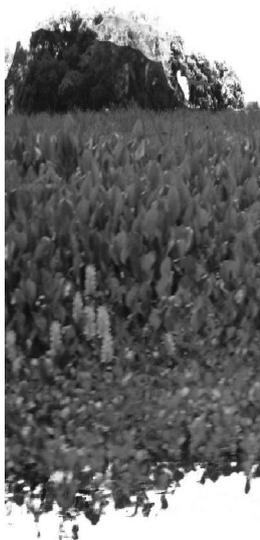
2.3. Estructura ecológica

A su vez, y en su expresión física, la Estructura Ecológica es el sistema natural de soporte de las actividades humanas, proveedor de bienes y servicios ecológicos y equivalente natural de las infraestructuras de servicios. Van der Hammen y Andrade (2003: 2) la denominan Estructura Ecológica de Soporte EES y la definen como «la expresión territorial de los ecosistemas naturales, agroecosistemas y sistemas urbanos y construidos, que soporta y asegura a largo plazo los procesos que sustentan la vida humana, la biodiversidad, el suministro de servicios ambientales y la calidad de vida».

La EES está conformada, según estos autores, por la Estructura Ecológica Principal y la Infraestructura Ecológica. La primera es «el conjunto de ecosistemas naturales y semi-naturales que tienen una localización, extensión, conexiones y estado de salud tales que garantizan la integridad de la biodiversidad, la provisión de servicios ambientales (agua, suelos, recursos biológicos y clima), como medida para garantizar la satisfacción de las necesidades básicas de los habitantes y la perpetuación de la vida» (van der Hammen y Andrade, 2003: 1). La Infraestructura Ecológica es, a su vez, el resto de los elementos ecológicos de una región dada, que los autores en mención definen como «el conjunto de relictos de vegetación natural y seminatural, corredores y áreas a restaurar en los agroecosistemas y otras áreas intervenidas del país (áreas urbanas, centros poblados y otros sistemas construidos) que tienen una funcionalidad en la conservación de la biodiversidad, la productividad y la calidad de vida de la población» (van der Hammen y Andrade, 2003: 2). De igual forma, al interior de las áreas urbanas puede -y debe- identificarse una estructura ecológica que provea servicios como regulación hídrica, conservación de biodiversidad, calidad paisajística, asimilación de desechos y prevención de riesgos.

En este artículo se utiliza el concepto de estructura ecológica de soporte EES de acuerdo con lo planteado por van der Hammen y Andrade (2003), y en un sentido similar al de infraestructura vial, energética o de comunicaciones, con las cuales tiene en común que son necesarias para el desarrollo de las actividades humanas.

Un ejemplo que puede ilustrar el concepto de EES es el del agua, cuya producción de la conservación de páramos, bosques, lagunas y ríos que garanticen su sostenibilidad y regulación natural, tanto como de sistemas de almacenamiento, tratamiento y conducción para ponerla al servicio de la sociedad. Así como se ha construido, se administra y se mantiene una infraestructura



conformada por embalses, plantas de tratamiento y acueductos, se requiere organizar y administrar una EES formada por áreas y ecosistemas que, como los mencionados, garanticen su disponibilidad en cantidades y calidades adecuadas. Algo similar es válido para todos los recursos, bienes y servicios naturales. La organización y funcionamiento de esta EES se propone como el medio y a la vez el objetivo final del ordenamiento, y debe entenderse como un proceso prolongado y permanente.

2.4. Estructura Ecológica de Soporte y Ordenamiento

Los autores en mención han desarrollado conceptual y metodológicamente la aplicación de la noción de Estructura Ecológica Principal EEP para Colombia. Con su trabajo buscan identificar la EEP del país y señalar las necesidades de gestión tendientes a su adecuado manejo por las autoridades ambientales. En este trabajo se aborda otro aspecto, también señalado por ellos, el cual es la aplicación del concepto de EES al ordenamiento. La diferencia fundamental consiste en que, en el primer caso, el esfuerzo se enfoca en las áreas naturales conservadas o por conservar o restaurar, en tanto en este trabajo los conceptos se aplican a la totalidad del territorio, esto es, tanto a la EEP (estructura ecológica principal) como a la IE (Infraestructura Ecológica), es decir, a la Estructura Ecológica de Soporte en su conjunto, que corresponde a la totalidad del territorio.

Ello implica desarrollar dos conceptos complementarios: los de Estructura Ecológica de Soporte Actual EESA y mínima EESM. La EESA puede, o no, estar siendo utilizada de manera sostenible por la sociedad y ser adecuada para mantener los servicios ecológicos. Para ello debería tener al menos una EEP adecuada para garantizar los servicios ecológicos y una IE manejada de manera sostenible. La EES mínima (EESM) está compuesta por:

- *Áreas que deben conservarse*, para que puedan cumplir su función como proveedoras de servicios ecológicos, esto es: las que conservan sus ecosistemas originales, las rondas de los ríos y cuerpos de agua, las fuentes de agua para los municipios, las divisorias de agua, las áreas protegidas, las que se ubican por encima de 3.000 metros sobre el nivel del mar (como límite inferior del páramo, ecosistema de vital importancia para la conservación del agua), las del patrimonio natural y cultural, las que por sus características especiales de geología, clima, suelos, biodiversidad u otros factores se consideran como tales, y otras que la Ley establezca².
- *Áreas Críticas*, que deben sustraerse al uso por: elevado riesgo para la vida y las actividades humanas (amenaza de deslizamientos, sismos, incendios, por ejemplo), y baja calidad (suelos no aptos para uso agropecuario, pendientes muy fuertes).
- *Áreas de Uso Humano directo* para actividades agropecuarias, asentamientos, etc.

La EESM puede identificarse y representarse cartográficamente para luego ser comparada con la EESA, y así definir las estrategias de gestión.

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

La propuesta metodológica consiste, en lo fundamental, en establecer cuál puede ser una Estructura Ecológica de Soporte EES que sea adecuada para prestar los bienes y servicios ecológicos requeridos por la sociedad. Esta sería la EESMínima. De otra parte, se establece cuál es la EESAActual. Por comparación entre ambas es posible saber si la EESA es adecuada e incluso es mejor que la EESM, casos en los cuales la gestión ambiental debe orientarse en lo primordial a mantener las condiciones existentes, mediante la conservación y el uso sostenible del territorio. En caso de que la EESA no alcance a ser la EESM, se plantea la necesidad de «construirla» a partir de la Actual, mediante procesos de restauración, recuperación y uso sostenible del territorio.

Tanto la EESM como la EESA pueden representarse cartográficamente y por comparación entre ambas, mediante superposición de mapas con SIG, es posible saber hasta qué punto y en dónde coinciden, emitir un diagnóstico y proponer un ordenamiento con base en cuatro tipos principales de uso del territorio: Conservación, Uso Sostenible, Restauración y Recuperación.

2. Como resulta evidente, la Estructura Ecológica está conformada en lo fundamental por áreas que la normativa vigente protege; en consecuencia, lo que se propone presume primordialmente que la legislación se cumpla.



3.1. Estructura ecológica de soporte mínima

Cada región debe tener una EES adecuada mínima para su buen funcionamiento; esta es lo que aquí llamaremos Estructura Ecológica de Soporte Mínima EESM, la cual es un modelo de ocupación y uso del territorio ecológica, social y económicamente viable; esto es, no lo mejor imaginable sino algo menos, pero más factible. Así, la EESM reúne: áreas que deben conservarse, áreas críticas y áreas de uso humano directo, según se definió en los aspectos conceptuales. La EESM constituye el escenario prospectivo de futuro deseado hacia cuya realización debe orientarse la gestión ambiental que se define desde los instrumentos de ordenamiento territorial.

3.2. Estructura ecológica de soporte actual

No obstante, y como consecuencia de la intervención humana, en gran parte del país y del mundo, la infraestructura ecológica original natural se ha modificado, cuando no deteriorado (ver, por ejemplo Hannah *et al.*, 1994), hasta el punto de que hoy no se garantiza la oferta adecuada de bienes y servicios ambientales, según se puede establecer también a nivel local (ver por ejemplo Etter, 1992; Márquez, 2000 y 2001). Los niveles de transformación de la base natural ecosistémica son muy elevados y los cuerpos de agua (ríos, quebradas, humedales, etc.) que forman parte de esta infraestructura también presentan diversos grados de afectación, que incluyen desde la

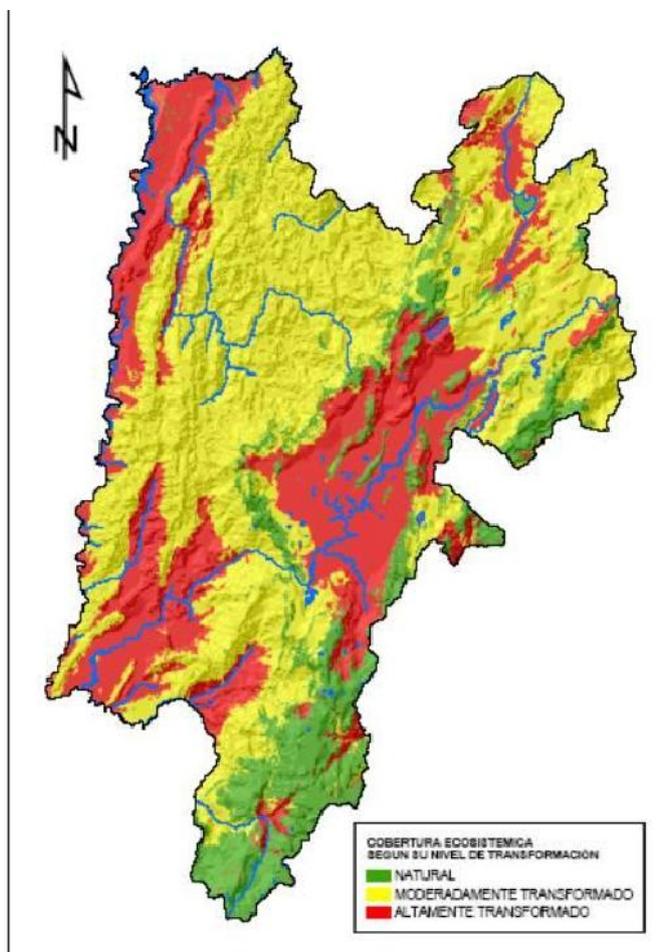


Figura 1. Estructura ecológica de soporte actual EESA del área de jurisdicción de la CAR, según el nivel de transformación de sus coberturas de vegetación.

alteración de la cobertura de la cuenca y en consecuencia, de los mecanismos ecosistémicos que regulan las funciones hidrológicas, hasta fenómenos de contaminación por aguas servidas, cuando no por residuos sólidos, y pasan por alteraciones de las rondas y vegas, sometidas a usos inadecuados. Se presenta así un desfase entre lo deseable desde el punto de vista ambiental y lo que realmente existe en el territorio y las tendencias hacia el futuro, que son niveles crecientes de transformación y de insostenibilidad de la oferta natural ecosistémica.

Por eso, para saber qué es lo que se debe hacer para alcanzar el escenario deseado, es necesario conocer la EESActual, y compararla con la EESMínima.

La situación actual corresponde a la EESA, la cual está bien representada en la Figura 1, e incluye: *Áreas conservadas*, esto es los relictos de vegetación natural existente, que por ser tan pocos (28,6% del área total) se considera deben continuar en tal estado, y *Áreas sometidas a distintos usos humanos*, sean ellos adecuados o no y se ubiquen en áreas adecuadas a sus fines o no (áreas moderada y altamente transformadas, según su representación en el mapa).

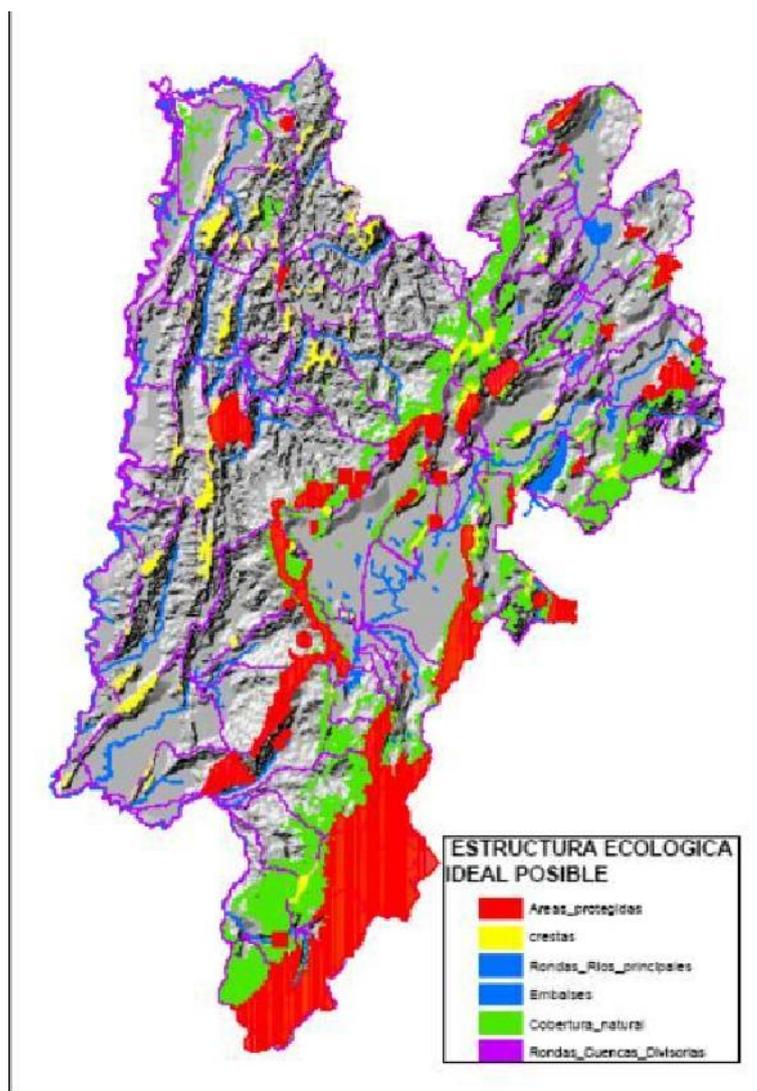


Figura 2. Estructura ecológica ideal de soporte mínima EESM del área de jurisdicción de la CAR.

La EESM (llamada en el Mapa de la figura 2 EE ideal posible) incluye:

- Ecosistemas estratégicos
- Áreas conservadas
- Áreas protegidas
- Fuentes de agua (municipales, embalses, etc.)
- Áreas críticas o intangibles (riesgos y suelos)
- Corredores ecológicos:
 - Rondas de ríos y cuerpos de agua
 - Crestas divisorias de aguas

El listado anterior incluye todas las áreas que según la legislación deben protegerse, más todas los ecosistemas estratégicos y las áreas conservadas, aún si no están protegidos bajo un régimen legal, hasta alcanzar por lo menos un 30% de protección de la cobertura natural del territorio³.

Según la capacidad de gestión, a partir de la EESM se puede definir una EESM posible, que está relacionada con la disponibilidad de recursos (técnicos, financieros, humanos) y la existencia de intereses políticos y económicos; en la figura 3, esta última se define con base en las áreas prioritarias por conservar, restaurar y recuperar para garantizar la oferta de agua en calidad y cantidad, evitar riesgos ambientales y disminuir la pérdida de suelos. Para metodologías de identificación de ecosistemas estratégicos ver Márquez (2002) y para priorización ver Valenzuela y Márquez (2008)

3.3. Esquema de ordenamiento ambiental

Para efectos de este trabajo, las EESM y EESA se expresan en mapas, por superposición de los cuales es posible identificar, ubicar y cuantificar por zonas, dentro del territorio, aquellas que corresponden o no a lo ideal.

A partir de allí es posible establecer un modelo de ordenación, donde a cada unidad del territorio se le asigna una función y una gestión ambiental orientada a garantizarla. Así:

- **Áreas de Conservación⁴** son aquellas cuyo uso humano se hace a través del aprovechamiento de servicios ecológicos tales como provisión de agua, regulación climática y de riesgos, paisaje, biodiversidad, lo cual requiere que la intervención sea mínima y no se modifiquen sus características fundamentales. Son también zonas cuyo uso actual corresponde al ideal.

No obstante, la definición de áreas para conservación de biodiversidad y otros servicios ecológicos debe precisarse, teniendo en cuenta objetivos de conservación y vacíos de información, al igual que la evaluación de variables como efectividad del manejo, representatividad, capacidad de persistencia de los objetivos de conservación, entre otras (ver desarrollos de estos elementos en Groves *et al.*, 2002; Margules y Pressey, 2000).

- **Áreas de Restauración**, son aquellas en degradación y conflicto, que requieren una intervención para devolverles su capacidad de prestar servicios como zonas de Conservación. Dentro de esta categoría se incluyen cuerpos de agua que deben recuperarse de efectos deteriorantes como la contaminación mediante control de vertimientos o la construcción de plantas de tratamiento, por ejemplo⁵.
- **Áreas de Recuperación**, son aquellas que no deben usarse en el corto plazo por ser de alto riesgo o baja calidad, no son de especial importancia natural, pero sí como zonas de alto riesgo o procesos degradativos de los suelos y coberturas, que es urgente sustraer al uso y ocupación para evitar unos y otros, y que, en algunos casos, pueden dejarse en procesos espontáneos de recuperación y revegetalización natural.
- **Áreas de Uso Sostenible**, son aquellas que de acuerdo con sus características pueden ser sometidas a uso humano directo, bien sea para producción agropecuaria o industrial o para asentamientos humanos o como parte de la infraestructura de servicios. Muchas de estas zonas están de hecho en uso, aunque en general se presume que dicho uso debe revisarse para hacerlo sostenible.

3. El valor de la cobertura vegetal mínima ha sido objeto de análisis y discusión de diferentes autores; así, se plantea que se debe conservar desde un 10-12 % del total del área en cada nación o tipo de ecosistema (Margules y Pressey, 2000; Soulé y Sanjayan, 1998) hasta un 40% como meta de planes forestales de algunos países del Indo-Pacífico (Dinerstein y Wikramanayake (1993).

Las áreas que ordena proteger la ley en Colombia se aproximan al 30% propuesto en este trabajo, según estimativos basados en trabajos previos de los autores.

4. «Se entiende por conservación no sólo las acciones de preservación, dirigidas a mantener la condición deseada en áreas protegidas, sino aquellas dirigidas a la restauración de especies y ecosistemas en territorios más amplios. También el uso sostenible de especies y ecosistemas se considera actualmente incluido bajo el término de conservación» (van der Hammen y Andrade, 2003).

5. «Se entiende por restauración ecológica aquellas acciones dirigidas a recuperar o recrear, en tanto sea posible, las condiciones originales de un ecosistema» (van der Hammen y Andrade, 2003).

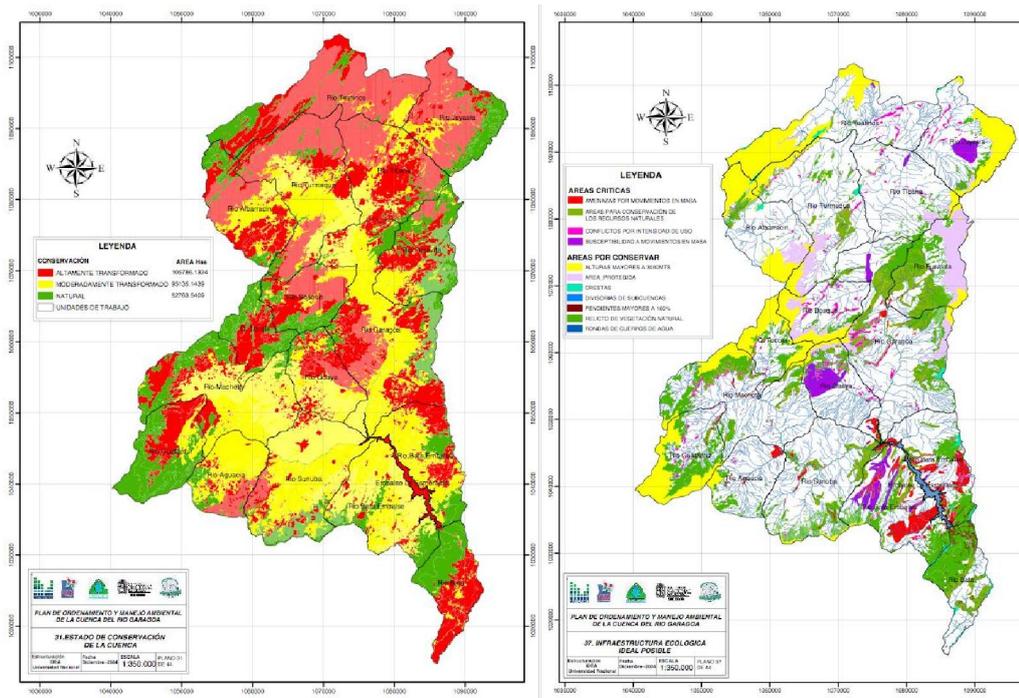


Figura 3. Comparación entre la estructura ecológica de soporte actual (izquierda) y la mínima posible (derecha) de la cuenca del río Garagoa.

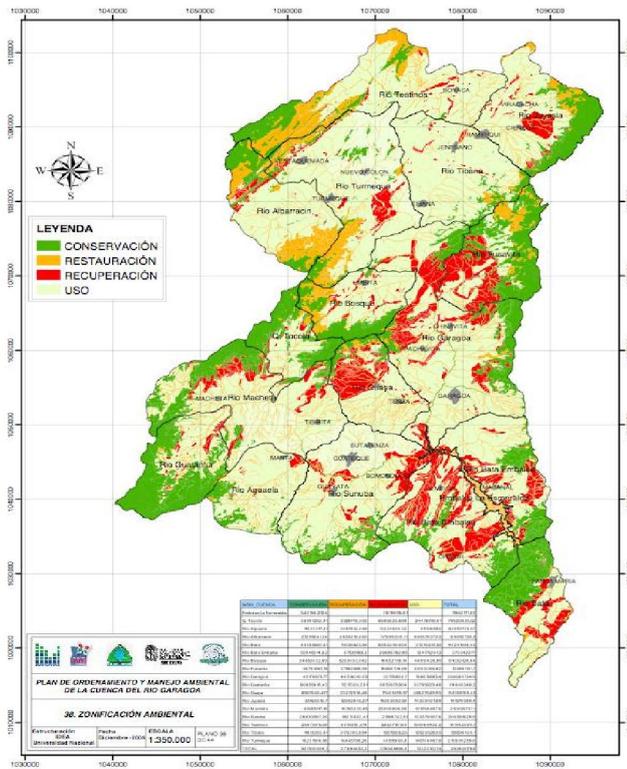
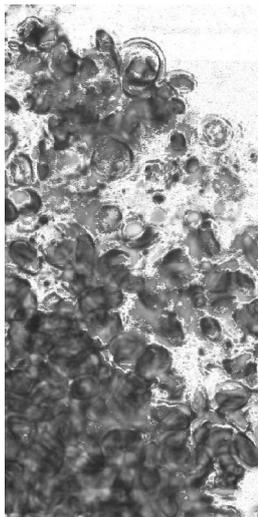


Figura 4. Esquema de ordenamiento ambiental del territorio para la cuenca del río Garagoa establecido en la propuesta de zonificación ambiental.



El esquema de ordenamiento constituye así, a la vez:

- Una síntesis del Diagnóstico o situación ambiental del territorio, en la medida en que caracteriza en términos de su estado y potencialidades las unidades territoriales o de manejo que se definan.
- Un elemento fundamental de la Prospectiva en la medida que prevé y propone un uso deseable para cada unidad de trabajo y del territorio.

Para llegar hasta el esquema de Ordenamiento, se parte de Diagnósticos Biofísicos y Socioeconómicos, tanto técnicos como participativos, que permiten establecer la situación ambiental actual, las tendencias, posibilidades y conflictos en el área de estudio. Cada uno de estos estudios contribuye a producir parte de la información que permite conocer la situación actual -EESA- y diseñar la deseada -EESM-, además de constituir en sí documentos y mapas que compilan, ordenan y analizan información disponible y con base en ella describen, permiten conocer y entender el territorio y diagnosticar su estado, presiones y tendencias. Los diagnósticos serán también, en su momento, piezas claves para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo en sí.

3.4. Ordenamiento y gestión ambiental

La gestión ambiental, concebida aquí como parte integral del proceso de planificación y gestación del bienestar social y del desarrollo económico y humano, debe entonces orientarse hacia la conservación, restauración, recuperación y uso directo sostenible del territorio, como proveedor básico de servicios ecológicos necesarios para el logro de los fines señalados, dentro del contexto específico de los territorios en ordenamiento (cuencas, municipios, etc.). Para el caso de la cuencas parece evidente que la función principal que debería cumplir una estructura ecológica adecuada sería la de garantizar la oferta de agua en las condiciones de cantidad, calidad y regularidad adecuadas a las necesidades de la población y a sus actividades económicas, incluyendo la generación de energía hidroeléctrica, en el caso de las cuencas con esta función. Debe, por otro lado, atender la necesidad de prevenir y mitigar riesgos asociados a características hidroclimáticas, geológicas y geomorfológicas de la cuenca y a la torrencialidad de sus afluentes. Así mismo, evitar la pérdida de suelo por erosión que disminuye su fertilidad y capacidad de retención de agua, y contribuye a la colmatación de lagos (lo que resulta de especial relevancia en embalses, pues está relacionado con su vida útil) y a la desertificación.

En un sentido más amplio, la estructura ecológica debe constituir una base adecuada para el desempeño de actividades productivas, bien sea las tradicionales (que deberán, no obstante, mejorarse en sus aspectos ambientales) u otras nuevas que pudieran surgir de los esfuerzos comunitarios y del Estado por mejorar la situación económica y social que viven los habitantes, usuarios y entes territoriales en sí mismos. Esta dificultad se expresa en alto número de municipios cuya viabilidad fiscal está cuestionada o de aquellos cuya población tiende a migrar ante la falta de oportunidades locales, para configurar un panorama de paulatino abandono y empobrecimiento (Márquez, 2005). Lo anterior contrasta con las posibilidades de desarrollo económico que la misma infraestructura ecológica ofrece.

3.5. Prospectiva

A este respecto, y con base en los Diagnósticos y el esquema de Ordenamiento, se adelanta el análisis prospectivo que trata de establecer los escenarios posibles para la evolución de la situación ambiental en la cuenca o territorio de interés. Estos escenarios son de tres tipos básicos:

- 1) **Escenarios tendenciales**, configurados como resultado de mantener las circunstancias actuales, tanto en lo favorable como en lo que no lo es;
- 2) **Escenarios ideales**, donde se plantea una situación óptima en los diferentes aspectos biofísicos y socioeconómicos,
- 3) **Escenarios intermedios**, más deseables que los primero y más factibles que los segundo, conjugan de manera adecuada prioridades biofísicas y socioeconómicas en un escenario de sostenibilidad.

Los escenarios surgen a su vez de dos contextos diferentes: de una parte, de los científicos y técnicos, que incluyen a los académicos, asesores y funcionarios de las autoridades ambientales y, de otra parte, de la comunidad local, cuyo conocimiento, visión actual y futura debe ponerse en diálogo con los anteriores para concertar el futuro al cual se busca llegar.

La prospectiva que aquí se plantea tiene el objetivo de diseñar, construir y mantener, por lo menos, una Estructura Ecológica Mínima EESM, cuya meta en 20 años es alcanzar una cobertura vegetal permanente de cuando menos el 30 % del área de la cuenca y disminuir la pérdida de suelos por erosión al menos en 30 %, a partir de las cuatro estrategias básicas planteadas. La selección del 30% como meta para los dos casos señalados está relacionada con la concentración de los valores de importancia de los elementos en los sistemas, expresados en relaciones 80:20 o 70:30 y descritos mediante leyes de potencia (Gisiger, 2001; Valenzuela y Márquez, 2008). Este tipo de distribuciones asimétricas se caracterizan por la invarianza de la escala, así se conserva la función aunque cambie la forma; no obstante, se debe explorar este atributo para evaluar la sensibilidad del método, definir tendencias o patrones según el comportamiento de las variables.

Para alcanzar o mantener una EESM adecuada se requiere voluntad política a largo plazo, orientada hacia gestión y manejo, que permita recrear condiciones de mayor seguridad ambiental en el mediano y largo plazo y, sobre todo, que permita mejorar la productividad y competitividad rural y la calidad de vida de las personas. En particular, es necesario garantizar la protección del territorio en su conjunto, de las cuencas y el abastecimiento de agua para consumo y generación de energía, conservar relictos de ecosistemas que pueden considerarse casi extintos dentro del territorio, hacer un uso más adecuado y eficiente de los suelos para incrementar la producción, disminuir riesgos naturales, evitar el avance del deterioro generalizado y la pérdida de biodiversidad. En la situación ambiental actual, un elemento fundamental a considerar en los análisis es el escenario de cambio climático en relación con la alteración de la estructura ecológica, así como la capacidad de esta de mitigarlo; al respecto se debe explorar la definición de una estructura ecológica de soporte adaptativa⁶, que responda a las dinámicas de cambios de los sistemas naturales y humanos, expresados fundamentalmente en las coberturas de vegetación, uso del suelo y paisajes existentes.

El conjunto de programas y proyectos específicos que desarrollan el escenario deseado es uno de los elementos que permitirá generar un cambio en la situación ambiental del territorio y del país. En el caso de la ordenación de cuencas, la ejecución de dichos programas y proyectos concreta el ejercicio de planificación del uso y manejo de la estructura ecológica y sus componentes básicos que pueden ser vistos desde la óptica ecológica (ecosistemas estratégicos, corredores ecológicos) o económica (recursos naturales, capital natural); sin embargo, es fundamental establecer a partir de los planes de ordenación y manejo de cuencas las determinantes ambientales de los instrumentos de ordenamiento territorial derivados de la ley 388 de 1997.

4. CONSIDERACIONES FINALES

La Estructura Ecológica de Soporte se concibe como un conjunto interactivo de áreas y ecosistemas estratégicos, interconectados estructural y funcionalmente por corredores ecológicos, así como otras áreas y ecosistemas de importancia ecológica, en medio de una infraestructura bajo uso humano, idealmente sostenible. Así, los conceptos de estructura ecológica y ecosistemas estratégicos se conjugan, pero con una proyección más amplia al implicar una visión más integral y de conjunto de las regiones y la necesidad de que se mantenga una estructura adecuada a las necesidades de las mismas. El conjunto debe estar en condiciones de garantizar la provisión de los bienes y servicios ecológicos básicos para el desarrollo regional y forma parte, por lo tanto, del equipamiento necesario no sólo para alcanzar y hacer sostenible el desarrollo sino para hacer competitiva la región. Como la estructura ecológica de una región puede o no ser la adecuada a las necesidades sociales y del desarrollo, su gestión debe tender a adecuarla, lo cual puede implicar su conservación o mantenimiento, o su diseño y construcción, al modo de otras estructuras o infraestructuras que, como la vial o la de servicios, son fundamentales para el buen funcionamiento de la sociedad.

El ambiente se entiende, en este contexto, no sólo como esa especie de escenario inerte (y si acaso hermoso y digno de respeto) de las actividades humanas, que le asignan ciertas concepciones antiguas del desarrollo y del ambiente, para convertirse en uno de sus elementos

6. Se plantea desde la propuesta de genera una teoría de cambio adaptativo, que integre las dinámicas del cambio a través de diferentes escalas espaciales y temporales, así como una mirada interdisciplinaria (Holling et al., 2002).

fundamentales, soporte mismo de las demás actividades y factor esencial bien sea como favorecedor o como limitante de la acción humana. Por lo tanto, factor también de la eficiencia y competitividad de las regiones, sobre todo en el incierto panorama que plantea el cambio climático y la devastación del Planeta.

BIBLIOGRAFÍA

- Bolund, P. y Hunn, S., 1999. Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics* 29: pp. 293- 301.
- Costanza, R., et al. 1998. The value of world's ecosystem services and natural capital. *Ecological Economics* 24: pp. 3- 15.
- Dinerstein, E. y Wikramanayake, E. D., 1993. Beyond «hotspots»: How to prioritize investments to conserve biodiversity in the Indo-Pacific region. *Conservation Biology* 7 (1): pp.53- 65.
- Elkins, P., 2002. Conclusions about critical natural capital. *Ecological Economics* 44 (2-3): pp. 277- 292.
- Etter, A., 1993. Diversidad ecosistémica de Colombia hoy. En: CEREC y Fundación Alejandro Ángel E. Nuestra Diversidad Biológica. CEREC - FAAE. Bogotá.
- Gisiger, T., 2001. Scale invariance in biology: coincidence or footprint of a universal mechanism? *Biol. Rev.* 76: pp. 161- 209.
- Groves, C. G. et al. 2002. Planning for biodiversity conservation: Putting conservation science into practice. *BioScience* 52 (6): pp. 499- 512.
- Halffter, G y Ezcurra, E., 1992. ¿Que es la biodiversidad? En: Halffter, G. (Compilador). 1992. La Diversidad Biológica de Iberoamérica. Vol.1. CYTED-Instituto de Ecología, Xalapa, México, 389 P.
- Hammen, T. van der y Andrade, G., 2003. Estructura ecológica principal para Colombia: Primera aproximación. Informe final. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM y Fundación para la conservación del patrimonio natural Biocolombia. van der Hammen, T. y Andrade, G. (directores generales). Bogotá. 70 P.
- Hannah, L.; Lohse, D.; Hutchinson, Ch.; Carr, J. L. y Lankerani, A., 1994. A preliminary inventory of human disturbance of world ecosystems. *AMBIO* 23 (4-5): pp. 246- 250.
- Holling, C. S.; Gunderson, L. H. y Ludwig, D., 2002. In quest of a theory of adaptive change. En: Panarchy. Understanding transformations in human and natural systems. Island Press, Washington. pp. 3– 22.
- IDEAM., 2004. Guía técnico científica para la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas en Colombia (Decreto 1729 de 2002). Bogotá. 100 P.
- Margules, C. R. y Pressey, R. L., 2000. Systematic conservation planning. *Nature* 405: pp. 243- 253.
- Márquez, G. 1996. Ecosistemas Estratégicos y otros ensayos de ecología ambiental. Fondo FEN Colombia – Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Márquez y Acosta, 1994. Ecosistemas Estratégicos. En: IDEA, 1994 Política Nacional Ambiental: Documentos de Base. Instituto de Estudios Ambientales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Márquez, G. 2000. Vegetación, población y huella ecológica como indicadores de sostenibilidad en Colombia. *Gestión y Ambiente* No.5. IDEA/UN. Medellín.
- Márquez, G. 2001. De la abundancia a la escasez: La transformación de ecosistemas en Colombia. En: Palacios, G (ed.). *La Naturaleza en Disputa*. Universidad Nacional de Colombia. UNIBIBLOS. Bogotá.
- Márquez, G. 2002. Ecosistemas estratégicos de Colombia. *Geografía (Boletín de la Sociedad geográfica de Colombia)* 46 (135): pp. 87- 103. Bogotá.
- Márquez, G. 2005. Mapas de un fracaso: Naturaleza y conflicto en Colombia. Ideas 5. Instituto de Estudios Ambientales IDEA. Universidad Nacional de Colombia – Instituto Colombiano de Antropología e Historia. Bogotá
- Márquez, G. 2008. Sistema de Indicadores Ambientales Municipales SIAM UN: Bases para un estudio de relaciones transformación de ecosistemas y 0condiciones de vida en Colombia. Instituto de Estudios Ambientales IDEA. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Müller, F. y Windhorst, W. 2000. Ecosystems as functional entities. En: Jorgensen, S.E. & Müller, F., 2000. *Handbook of Ecosystem Theories and Management*. Lewis Publishers. Boca Ratón.
- Soulé, M. E. y Sanjayan, M. A. 1998. Conservation targets: Do they help? *Science* 279: pp. 2060- 2061.
- Valenzuela, E. 2004. Diagnóstico ecosistémico en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR. Pérez Arbelaeza 15: pp. 4- 73.
- Valenzuela, E. y Márquez, G., 2008. Leyes de potencia para priorización de áreas para conservación: la cuenca del río Garagoa, un estudio de caso. En: Castiblanco, C. (comp.). *Medio ambiente y desarrollo: aporte de los estudiantes del PMAD al debate ambiental*. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Estudios Ambientales IDEA. Bogotá.
- World Resources Institute -WRI. 2003. Ecosystems and human well-being: A framework for assessment. Informe del grupo de trabajo sobre Marco conceptual de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio. Documento electrónico. 245 P.

