

Una aproximación a las teorías sobre la valoración y caracterización de sistemas ambientales según el enfoque de capital natural crítico (CNC), utilizando herramientas de sistemas de información geográfica (SIG)

Juan Carlos Valdés Quintero.

Autor

MSC(C). JUAN CARLOS VALDÉS QUINTERO.

Profesor especial tiempo completo Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Facultad de Ingenierías. Grupo de Investigación en Ingeniería Civil (GRIDIC). Medellín – Colombia.

Recibido: 4 de agosto de 2008
Aprobado: 22 de septiembre de 2008

Resumen

El presente artículo parte de una revisión bibliográfica y aborda los típicos modelos con los cuales en la actualidad se valoran los sistemas ambientales en Colombia, y, a partir de estas metodologías elementales, se hace una aproximación hacia los nuevos enfoques para la caracterización y valoración de sistemas ambientales y recursos naturales, como es el concepto de capital natural crítico (CNC), el cual se vislumbra como un novedoso instrumento que permite establecer unas condiciones mínimas de regulación del proceso de producción para garantizar la conservación del medio ambiente. Adicionalmente, se relacionan algunas experiencias que integran los sistemas de información geográfica (SIG) en la identificación o valoración del capital natural, en algunos casos que incluyen el concepto de criticidad.

Palabras clave

Capital, recursos naturales, sostenibilidad, ecología, vulnerabilidad, sistemas de información.

Abstract

The typically used models for environmental system evaluation in Colombia, considered as elementary methods, are the basis of a new approach for characterization and evaluation of environmental systems and natural resources. This approach, known as Critical Natural Capital (CNC), seen is as a very novel instrument and could be used to define minimal regulation conditions to guarantee the environment conservation. Additionally, some experiences that integrate the GIS in the identification and/or valuation of the Natural Capital, in some cases including the criticality concept are related.

Key Words

Capital, Natural Resources, Sustainability, Ecology, Vulnerability, Information systems.

Una aproximación a las teorías sobre la valoración y caracterización de sistemas ambientales según el enfoque de capital natural crítico (CNC), utilizando herramientas de sistemas de información geográfica (SIG)

Juan Carlos Valdés Quintero.

||| POLITÉCNICA No. 7 | julio - diciembre de 2008, pp. 143 - 161 |

1. El problema de la valoración de sistemas ambientales

En la actualidad, la percepción sobre el medio ambiente ha virado de una simple área de estudio, hacia una preocupación general con un alto contenido ideológico y científico, el cual se perciben varias posturas, algunas de ellas extremas, con planteamientos de conservación a ultranza, y otras orientadas a la explotación sin medida, soportada en paradigmas económicos neoclásicos, las cuales poco tienen en cuenta el devenir de las generaciones futuras.

Unas de las principales posturas que actualmente se referencian para la mitigación de la catástrofe ambiental es la teoría del desarrollo sostenible, la cual se concibe como la que satisface las necesidades del presente, garantizando una equidad intergeneracional, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer la propias (CITMA, 1997a).

Sin embargo, en la mayor parte del mundo los recursos naturales están siendo empleados de una manera en la que no se tiene en cuenta su valor intrínseco, ni su daño permanente o medida de agotabilidad hacia el futuro. El aprovechamiento, la extracción o el uso de los mismos responden, solamente, a estrictas señales de mercado, que les asigna un valor monetario basado en el intercambio dado por la oferta y la demanda. Igual cosa sucede con los bienes y servicios ambientales que carecen de mercado, lo que por ser considerados sin valor, induce su uso abusivo que llega, en algunos casos, hasta su degradación total. Ante estos sistemas de gestión, claramente no sostenibles, se hace necesario desarrollar nuevas medidas de actuación, enmarcadas en políticas de conservación, protección y manejo de los diferentes recursos naturales y servicios ambientales. La aplicación de estas medidas requiere del conocimiento del verdadero valor de los recursos naturales (o, al menos, valorarlos de manera más coherente), lo mismo que para los servicios ambientales que prestan los ecosistemas naturales, en sus diferentes aspectos (valor de uso, consumo o conservación, entre otros) y de los diferentes métodos de su valoración. (Sarmiento y Prieto, 2005).

Según las fuentes de información revisadas, se vislumbran numerosos estudios y trabajos publicados, referidos a la valoración ambiental, en los que se aplican diferentes métodos para obtener el valor de los recursos y beneficios ambientales. A continuación se detallan algunos de ellos:

- Valoración a precios de mercado: Se emplea en situaciones en las que los bienes por valorar poseen un mercado determinado. Su valor está dado por la oferta y la demanda del mismo. (Sarmiento y Prieto, 2005).
- Análisis costo beneficio: Este método relaciona los valores de costos y beneficios obtenidos por valoración a precios de mercado.
- Método de precios hedónicos: Trata de encontrar el valor de un activo ambiental que no posee un mercado, relacionándolo con un bien que tiene precio y mercado definido como por ejemplo, una vivienda.
- Método de costos evitados: Calcula los costos en los que se debe incurrir para evitar un cambio en la calidad ambiental de las personas.
- Métodos basados en la función de producción: Estima el valor de un beneficio o daño ambiental, basado en los valores de variación de la productividad de un ecosistema o un sistema productivo.
- Métodos basados en costos: Este método se subdivide en tres categorías, a) Costos de relocalización, empleado cuando la alternativa de evitar un daño es mudarse a otro sitio y está directamente relacionado con los costos de traslado; b) Costos defensivos, los cuales estiman los costos en que se debe incurrir luego de que haya sido afectada la calidad ambiental de las personas; y c) Costos de restauración, los cuales representan los valores en dinero para retornar al nivel de calidad anterior o para reconstruir lo que se dañó.
- Modelo de presión-estado-respuesta: Son una serie de indicadores que expresan sintéticamente la situación ambiental, social y económica de los recursos naturales. Permiten ver como evolucionan en el tiempo.
- Método de Krutilla-Fisher: Obtiene el valor de ecosistemas que pueden sufrir daños irreparables o irreversibles. Está fundamentado en el valor actual neto (VAN).
- Valoración con criterio múltiples: Analiza los propósitos que tiene un activo ambiental con objetivos que, muchas veces, se pueden presentar en conflicto.
- Transferencia de beneficios: Permite valorar un bien o una función ambiental, a partir de otro bien de valor conocido, aunque se encuentre en otro contexto, (Sarmiento, 2003).

Los métodos anteriormente señalados han sido altamente criticados por algunos autores, dado que no representan la realidad de valoración de los recursos naturales, y en este sentido, es importante tener en cuenta a Farber, Constanza y Wilson (2002), que establecen que en un umbral crítico, donde las condiciones ecológicas y dinámicas son inciertas, éstas requieren también de una valoración llevada a cabo también bajo cierta incertidumbre.

Por lo anterior, el concepto de capital natural crítico (CNC) se vislumbra como un instrumento mediante el cual pueden establecerse unas condiciones mínimas de regulación del proceso de producción para garantizar la conservación del medio ambiente.

Para Noël y O Connor (1998) hacen parte del capital natural crítico:

- a) El patrimonio genético
- b) El capital natural de soporte a la vida
- c) Los elementos cuya función medioambiental no puede ser substituida a un costo aceptable

Dado que los componentes del CNC integran elementos y fenómenos variables en el tiempo y en el espacio, es importante revisar las propuestas que abordan la identificación, medición y valoración de funciones ambientales con el apoyo de sistemas georreferenciados.

2. Los sistemas de información geográfica en la valoración del capital natural

La revisión de experiencias que integran los sistemas de información geográfica (SIG) y la identificación o valoración del capital natural, en algunos casos con inclusión del concepto de criticidad, pueden clasificarse en dos grandes bloques, a saber:

- 2.1 Aquéllas que proponen modelos conceptuales para la identificación y valoración del CNC basándose en análisis sobre sistemas georreferenciados, pero que no avanzan en los métodos y procedimientos para su implementación práctica, entre los cuales se resaltan:
 - El modelo conceptual propuesto por Van der Perk y De Groot (2000) para la identificación del CNC apoyado en SIG (Ver figura 1) y su aplicación para la valoración de las interacciones entre funciones ambientales propuesto por De Groot (2004) en el análisis y evaluación de conflictos de usos del suelo. Este modelo, si bien aborda las variables consideradas, no profundiza en la instrumentación basada en SIG que permita la identificación y valoración del CNC. Sin embargo, además del modelo, aporta dos elementos fundamentales en su obtención, que son: la identificación de los mapas de usos del suelo y coberturas vegetales como elementos de síntesis de las variables por considerar, y una lista de chequeo de funciones medioambientales para paisajes seminaturales que sirven de indicativo en aplicaciones prácticas (Ver tabla 1).

TABLA 1. Funciones, bienes y servicios de sistemas naturales y semi-naturales

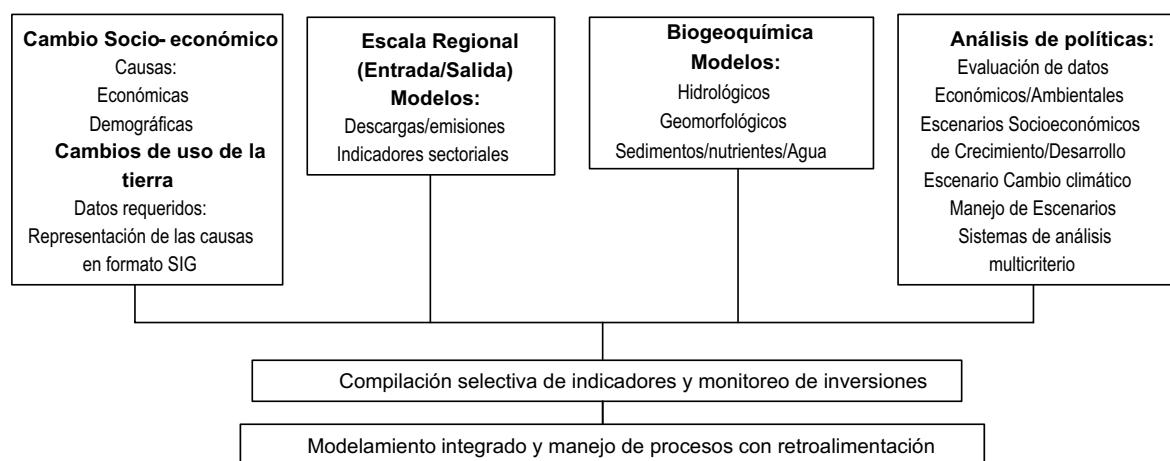
FUNCIONES DE REGULACION	Mantenimiento de funciones esenciales y sistemas de soporte a la vida	
1. Regulación de gases	Rol del ecosistema en los ciclos biogeoquímicos (ej: balance CO ₂ /O ₂ , capa de ozono, etc)	<ul style="list-style-type: none"> Protección de rayos ultravioletas por el O₃ (prevención de enfermedades) Mantenimiento de la calidad de aire (bien) Influencia sobre el clima
2. Regulación del clima	Influencia de las coberturas y los procesos biológicos sobre el clima	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento de un clima favorable (temperatura, precipitaciones, etc) para la salud, cultivos, habitación
3. Prevención de desastres	Influencia de los ecosistemas en los desastres	<ul style="list-style-type: none"> Protección contra tormentas Protección contra avenidas torrenciales
4. Regulación del agua	Rol de las coberturas vegetales en la escorrentía y descarga a los ríos	<ul style="list-style-type: none"> Irrigación y drenaje natural, légamo
5. Abastecimiento de agua	Filtrado, retención y almacenamiento de agua fresca (por ejemplo en acuíferos)	<ul style="list-style-type: none"> Provisión de agua para consumo (doméstico, irrigación y uso industrial).
6. Retención de suelos	Rol de la vegetación y biota asociada a la retención de suelos	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento de tierras cultivables Prevención de daños por erosión/enfangamiento
7. Formación de suelos	Meteorización de la roca, acumulación de materia orgánica	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento de tierras cultivables Mantenimiento de la producción natural de los suelos
8. Regulación de Nutrientes	Rol de la biota en el almacenamiento y reciclajes de nutrientes	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento de la salud de los suelos y productividad de los ecosistemas
9. Tratamiento de desechos	Rol de la vegetación y la biota en la remoción y rompimiento de nutrientes y compuestos xénicos	<ul style="list-style-type: none"> Control de la polución / destoxificación Filtrado de partículas de polvo (calidad del aire) Disminución de la polución por ruido
10. Polinización	Rol de la biota en el movimiento de gametos florales	<ul style="list-style-type: none"> Polinización de especies silvestres Polinización de cosechas
11. Control biológico	Control de plagas a través de las relaciones tróficas	<ul style="list-style-type: none"> Control de pestes y enfermedades Reducción de herbívoros que dañan las cosechas
FUNCIONES DE HÁBITAT	Provisión de hábitat para especies animales y vegetales silvestres	
12. Funciones de refugio	Espacio habitable para especies animales y vegetales silvestres	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento de la diversidad biológica y genética
13. Funciones de criadero	Hábitats disponibles para reproducción	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento de especies comercialmente explotables
FUNCIONES DE PRODUCCIÓN	Provisión de recursos naturales	
14. Alimento	Conversión de energía solar en plantas y animales comestibles	<ul style="list-style-type: none"> Pesca, caza, frutas Agricultura y acuicultura de subsistencia a pequeña escala
15. Materiales primas	Conversión de energía solar en biomasa para uso humano	<ul style="list-style-type: none"> Construcción y manufactura (madera, pieles, etc) Combustible y energía (madera, materia orgánica) Forraje y fertilizantes (krill, hojas)
16. Recursos genéticos	Material genético en plantas y animales silvestres	<ul style="list-style-type: none"> Mejora de la resistencia de las cosechas a los patógenos y a los parásitos Otras aplicaciones
17. Recursos médicos	Variedad de sustancias bioquímicas y otras aplicaciones medicinales de la biota natural	<ul style="list-style-type: none"> Aplicaciones farmacéuticas Modelos químicos Organismos de ensayos y laboratorio
18. Recursos ornamentales	Variedad de la biota con usos ornamentales (potenciales)	<ul style="list-style-type: none"> Recursos para la moda, artesanía, joyería, animales domésticos, decoración y recuerdos (pieles, plumas, orquídeas, mariposas, pescados de acuario, etc.)
FUNCIONES DE INFORMACIÓN	Provisión de opciones y oportunidades para el desarrollo cognitivo	
19. Información estética	Características atractivas del paisaje	<ul style="list-style-type: none"> Disfrute paisajístico (atractivos escénicos)
20. Recreación	Variedad paisajística con potencial recreacional	<ul style="list-style-type: none"> Ecoturismo, estudio y disfrute de la naturaleza
21. Información cultural y artística	Variedad en las características naturales con valor cultural y artístico	<ul style="list-style-type: none"> Uso de la naturaleza como motivo en libros, películas, pintura, arquitectura, publicidad, folklore, símbolos nacionales, etc
22. Información espiritual e histórica	Variedad en las características naturales con valor espiritual e histórico	<ul style="list-style-type: none"> Uso de la naturaleza para los propósitos religiosos o históricos (valores asociados a la herencia)
23. Ciencia y educación	Variedad natural con valor científico y educativo	<ul style="list-style-type: none"> Uso de los sistemas naturales para en procesos de aprendizaje, etc. Uso de la naturaleza en investigación científica
FUNCIONES DE SOPORTE/TRANSPORTE	Abastecimiento de un sustrato o medio conveniente para las actividades y la infraestructura humana	
24. Habitación	Dependiendo de los tipos de uso se presentan diferentes requerimientos en las condiciones ambientales, por ejemplo: estabilidad y fertilidad de suelos, calidad de aire y agua, topografía, clima, geología, etc.	<ul style="list-style-type: none"> Espacio habitable en el rango de pequeños asentamientos hasta áreas urbanas
25. Cultivos		<ul style="list-style-type: none"> Alimento y materias primas para actividades agraria y pecuarias
26. Conversión de energía		<ul style="list-style-type: none"> Insumos energéticos (solares, eólicos, hídricos, etc)
27. Minería		<ul style="list-style-type: none"> Minerales, hidrocarburos, etc.
28. Disposición de residuos		<ul style="list-style-type: none"> Espacio para disposición de residuos sólidos
29. Transporte		<ul style="list-style-type: none"> Transporte por tierra y agua
30. Turismo		<ul style="list-style-type: none"> Actividades turísticas (deportes, playas, etc)

Fuente: De Groot (2004), adaptado de Costanza *et al.*, (1997), De Groot (1992), De Groot *et al.*, (2002), traducidos y adaptados por el autor

- El modelo de análisis integrado para zonas costeras propuesto por Turner *et al* (2001), en el cual, si bien se avanza en la discriminación de los elementos, variables y procesos asociados con el uso de la tierra y las características socioeconómicas de la región de estudio,

en la inclusión de modelos de representación de indicadores y procesos regionales, y su de-conformidad con el concepto de capa temática o layer de información (Información homogénea en términos de sus atributos y forma de representación), Ver figura 1.

MODELO PROPUESTO DE ANÁLISIS INTEGRADO PARA LOS SISTEMAS COSTEROS



Fuente: Turner, Ledoux y Cave (2001).

Figura 1. Modelo propuesto por Turner *et al* para el análisis integrado en sistemas Costeros

A pesar de lo anterior este trabajo incluye conceptos innovadores en lo referente al diseño de escenarios de acción futura, a partir de la consideración del punto de vista del decisor (A partir de la sostenibilidad muy débil, débil, fuerte y muy fuerte) confrontado con cuatro ejes de desarrollo presentes en la región de estudio (Globalización, consumismo, regionalización y fortalecimiento comunitario).

2.2 Los trabajos que han abordado el uso de los SIG como herramienta de apoyo en la identificación y valoración del CNC y han alcanzado una implementación práctica en términos de herramientas y procedimientos; entre ellos resaltan:

- La metodología propuesta por Toman *et al* (1998), que describe el proceso y los elementos temáticos que pueden ser analizados, con ayuda de los SIG, en la identificación de escenarios de desarrollo. Este trabajo establece un aporte temprano en la instrumentación del CNC, pero se queda corto en la integración de los modelos espaciales de análisis ya que solo utiliza los sistemas de información en la identificación de los perfiles económicos, de usos del suelo y de inventario de recursos (en lo referente a la cobertura de la tierra); adicionalmente, no presenta una profundización en la técnicas que permitan determinar el CNC, (Ver tabla 2).

Tabla 2. Metodología propuesta por Toman *et al* la identificación de escenarios de desarrollo

Procedimiento	Descripción	Fuente
Paso 1. Informe de la comunidad acerca de la base de recursos Económicos/ ecológicos/naturales	Perfil económico (empleo, ingreso, impuestos, etc). Inventario del capital natural Indicadores del capital natural crítico	Modelos económicos regionales, indicadores e inventarios de recursos naturales con SIG
Paso 2. Determinación de la preferencias de la comunidad	Énfasis relativo sobre la funciones y valores del ambiente Importancia de los uso del suelo y patrones específicos de desarrollo de sinstesis	Talleres y procesos participativos que involucren a la comunidad, líderes, políticos, etc.
Paso 3. Relación entre funciones/ valores con los perfiles de uso/hábitats	Identificación de elementos sintesis tales como coberturas y usos del suelo	Uso de métodos de identificación de ecosistemas y modelos de paisajes
Paso 4. Relación entre los cambios de uso/hábitats con las decisiones políticas	Incluye decisiones y normatividad referente a zonificación, transporte, tasas, áreas protegidas y restauración ambiental	Análisis de incentivos, penalidades, restricciones
Paso 5. Evaluación del costo y efectividad de las alternativas	Basándose en las preferencias de la comunidad (Paso 2) y las relaciones entre las funciones /valores y usos del suelo (Paso 3) y los usos de la tierra y políticas (paso 4)	Matrices y gráficos que permitan reconocer el retorno de los elementos monetizables y no monetizables
Paso 6. Análisis sensitivo de tendencias	De acuerdo con los resultados del paso 5 analizar decisiones a otras escalas (regional, nacional) con respecto a movimientos económicos exógenos, presiones ambientales, prioridades de surgimiento y administración flexible	Matrices y gráficos que permitan reconocer los umbrales de decisión para diferentes reglas
Paso 7. Toma de decisiones	Usando los resultados de los pasos 5 y 6 se informa a la comunidad y se establecen las oportunidades, riesgos y costos asociados con las diferentes alternativas	Se recomienda desde el paso 1 o se permite a la comunidad la selección de una alternativa

Fuente: Toman, Lile y King (1998).

- Los trabajos Knickel y Kok (2003) y del Ministerio del Medio Ambiente de Líbano (2003), los cuales a partir de una perspectiva similar, abordan el uso de los SIG en la valoración del CNC a través de indicadores espaciales de las funciones ambientales asociadas con los cambios de uso y degradación del ambiente natural, los cuales se analizan mediante de funciones integradoras. Estos trabajos, si bien hacen un gran aporte en lo que respecta al concepto de capas temáticas de análisis, no especifican los métodos y funciones de agregación utilizados.

Estos trabajos, y en especial el de Knickel y Kok, presentan un aporte adicional al abordar el problema de la escala en dos dimensiones, la espacial y la temporal, las cuales están estrecha-

mente relacionadas con preguntas espacialmente explícitas, es decir, requieren modelos espaciales particulares. En este sentido proponen, retomando los resultados obtenidos por Palmera *et al.*, (1998), una metodología consistente en: 1) Determinación del confinamiento del estudio (Área de estudio). 2) Identificación de aspectos que influyen la identidad del paisaje. 3) Análisis de estos aspectos y su influencia en la calidad y manejo del paisaje. 4) Exploración de los efectos de los cambios de uso sobre la identidad del paisaje y 5) Investigación de la existencia de percepciones asociadas al uso del paisaje. Finalmente, proponen un sistema combinado de modelos, métodos e indicadores que pueden usarse en la definición de políticas de usos futuros del suelo en la Unión Europea (Ver tabla 3).

Tabla 3. Sistema combinado de modelos, métodos e indicadores para definición de políticas de usos futuros del suelo en la Unión Europea

Paso	Estrategias y prácticas	Tipo de Información	Método	Entrada de Información
Preguntas clave 1				
1.1. Identifique las cuestiones claves y céntrese en las percepciones del tomador de decisiones	Diálogo entre científicos y tomadores de decisiones	Cualitativa	Talleres, seminarios de trabajo	
1.2 Lista de indicadores	Retroalimentación entre científicos y tomadores de decisiones	Tan cuantitativa como sea posible	Redes de impactos/ modelos	1.1.
1.3 Definición de factores, actores y sectores (FAS) relevantes	Retroalimentación de científicos	Cualitativa	Redes FAS	1.1 / 1.2
1.4 Selección casos de estudio	Actividades científicas	Mapas con zonas socio-económicas y biofísicas	Modelos SIG preliminares	1.2 / 1.3
Preguntas clave 2				
2.1 Antecedentes históricos	Actividades científicas	Cualitativa	Escenarios de las redes FAS existentes	1.3
2.2 Historia de los casos de estudio seleccionados	Información de representantes locales	Cualitativa	Talleres de trabajo con representantes locales	2.1
2.3 Proceso de toma de decisiones	Información de representantes locales y regionales	Cualitativa	Juego de roles	
2.4 Implicaciones en los factores, actores y sectores y los indicadores	Actividades científicas	Cuantitativa	Redes FAS	2.1 / 2.2
Preguntas clave 3				
3.1 Modelos de tendencias a gran escala	Actividades científicas	Cuantitativa	Modelos exploratorios Integrados (multidominio, multiescala y multifactores)	1.3 / 2.1
3.2 Modelos de comportamiento de agentes en los casos de estudio	Actividades científicas	Cuantitativa	Modelos basados en agentes y de cambios de coberturas y usos	1.4 / 3.1
3.3 Interface políticos – Científicos	Actividades científicas	Semicuantitativa	Sistemas de soporte a las decisiones	3.1 / 3.2
3.4 Mejora interactiva de modelos	Diálogo	Semicuantitativa	Talleres, trabajo con grupos objetivo	3.2 / 3.3

- La propuesta de Ekins *et al* (2003) sobre una metodología integrada de análisis, la cual, si bien no se dirige explícitamente al campo de los SIG, sí permite instrumentar los elementos y funciones que se someten a estudio y a enmarcarlos en el concepto de capas temáticas para proceder a análisis espaciales integrados. Esta metodología puede resumirse en las siguientes etapas:

Etapa 1. Identificación de la(s) función(es) sometida a amenaza o evaluación y su ubicación en la categoría a que corresponden (fuente, sumidero, soporte a la vida y bienestar humano)

Etapa 2. Establecimiento de las funciones asociadas con el capital natural del cual ellas surgen.

Etapa 3. Preparación de las matrices de impacto a través de la malla de relaciones de criticidad (Malla CRITIC, Ver tabla 4).

Etapa 4. Derivación de los estándares de sostenibilidad para las funciones, si es posible, o las tendencias de las mismas en aquellos casos en que los estándares de sostenibilidad no puedan ser identificados.

Etapa 5. En aquellos casos en que los estándares de sostenibilidad han sido identificados, calcular la distancia de la sostenibilidad (SGAP).

Etapa 6. Descripción de la aspiración económica y social que sitúa la función medio ambiental sometida a amenaza o presión.

Etapa 7. Aplicación de herramientas de análisis y decisión tales como análisis multicriterio, que podrían o no permitir sopesar los diferentes impactos sobre una escala común que permita conocer las implicaciones de la aplicación del principio de sostenibilidad fuerte.

Tabla 4. Visión general de la Malla CRITIC

Características del Capital Natural									
Subsuelo/Geología									
Atmósfera y Clima									
Geomorfología									
Hidrología (superficie)									
Suelo									
Características de Vegetación									
Flora, fauna									
Vida comunitaria									
Ecosistema									
	1	2	...						
	Funciones Fuente Tema sostenibilidad Agotamiento								
Total de recursos	Matriz de Estado								
Tabla Entradas-Salidas para recursos por sector	Impactos A								
Total Contaminantes									
Contaminantes por sector	CO ₂	Impactos A'							
	Total Agotamiento								
Sostenibilidad Económica									
M-SGAP Económico	SGAPs (Físico)			SGAPs (Físico)	SGAPs (Físico)		SGAPs (Físico)		
Costos de Agotamiento, pérdida y restauración									
Análisis Multicriterio									
Aspiraciones Económicas y sociales									

Fuente Ekins y *et al* (2003)

3. CNC en la valoración y caracterización de sistemas ambientales

3.1 CONCEPTO DE CAPITAL NATURAL CRÍTICO

Partiendo del hecho de que la segunda ley de la Termodinámica impone límites a la actividad económica, se obtienen dos tipos de restricciones:

- 1) Todo proceso de producción implica necesariamente impactos irreversibles sobre la naturaleza y el medio ambiente; de esta manera, el objetivo debe ser lograr que dicho impacto sea el mínimo posible. El desarrollo tecnológico puede ayudar a mitigar este impacto, pero nunca podrá hacerlo cero.
- 2) Contrariamente a lo que piensa Solow (1974a), el mundo no puede existir sin recursos naturales, de tal forma que la sustitución entre capitales manufacturado y natural es una imposibilidad física. De esta forma estos dos tipos de capitales deben pensarse como complementos en vez de sustitutos.

Así, si se acoge como definición de capital natural “el conjunto de recursos “elaborados” por la naturaleza en el pasado y los cuales pueden ser transformados en bienes y servicios presentes – y futuros-”, entonces puede pensarse que una gestión sostenible de los mismos implica garantizar que su volumen total se mantenga constante. Así, teniendo en cuenta que este capital natural se compondrá de una parte que puede ser renovada y de otra que no puede serlo, podemos expresar el capital natural total como (Lopera, 2003):

$$\text{CNT} = \text{CNR} + \text{CNNR}$$

$$\text{Sujeto a: } \text{CNR} + \text{CNNR} \geq \text{CNC} \text{ y } \text{CNC} > 0$$

Donde,

CNT: Capital natural total

CNR: Capital natural renovable.

CNNR: Capital natural no renovable

CNC: Capital natural crítico

El concepto de capital natural crítico es un instrumento mediante el cual pueden establecerse unas condiciones mínimas de regulación del proceso de producción para garantizar la conservación del medio ambiente. Para avanzar en la definición del CNC es importante tener en cuenta los planteamientos de diferentes autores; así De Groot *et al* (2003) proponen estudiar la importancia y las amenazas como factores determinantes del carácter crítico del capital natural. El grado de importancia de una función medio-ambiental depende de aspectos ecológicos, socioculturales, y económicos. De modo, por ejemplo, para estos autores, algunas funciones son críticas, ya que representan servicios esenciales que sirven de soporte a la vida. Otras funciones son críticas según una perspectiva socio cultural, en tanto que otras son económicamente indispensables. De esta forma, el criterio de importancia de las funciones medio ambientales debe ser analizado en todas sus dimensiones, pero teniendo en cuenta diferentes implicaciones analíticas y metodológicas.

Estos autores utilizan el término ‘capital’ para denominar cualquier ‘reserva’ o sistema que tiene la capacidad de proveer un flujo de bienes y servicios a la sociedad. Sin embargo, el capital natural debe ser definido como cualquier reserva de recursos naturales o bienes ambientales. Así, es necesario que éstos sean pensados en términos de cantidad, entendida como cobertura espacial, y calidad, entendida como integralidad. Estas definiciones llevarán a avanzar en la respuesta a las dos siguientes preguntas:

- a) ¿Hasta qué punto son sustituibles las funciones del capital natural?
- b) ¿Existen umbrales críticos de la capacidad de

la biosfera para soportar la pérdida de capital natural?

Estos autores han planteado que para avanzar en la determinación de la importancia del capital natural, es necesario preguntarse para quién es importante. Estos autores analizan tres tipos de importancia: ecológica, sociocultural y económica:

3.1.1 IMPORTANCIA ECOLÓGICA DEL CAPITAL NATURAL.

Para determinar la importancia ecológica de los ecosistemas naturales, es necesario un entendimiento más profundo de los vínculos entre las características del ecosistema y sus funciones dado que éstas, a su vez, son el resultado de complejas interacciones entre los componentes bióticos (organismos vivos) y abióticos (químicos y físicos) de un ecosistema.

3.1.2 FUNCIONES, BIENES Y SERVICIOS DEL CAPITAL NATURAL:

- La naturalidad o integridad de un área o ecosistema depende del grado de presencia humana, en términos de alteración física, química o biológica. La UNEP (2004) define un sistema natural como los ecosistemas donde, desde la revolución industrial (1750), el impacto humano no ha sido mayor que el de cualquier otra especie nativa y no ha afectado la estructura del ecosistema.
- La biodiversidad se representa por un listado completo de especies de plantas, animales y otros organismos.
- La Unicidad de un ecosistema se mide a través de la ocurrencia de especies raras/endémicas, en combinación con la rareza del ecosistema en sí mismo.
- La fragilidad ecológica está relacionada con la sensibilidad de un ecosistema a las alteraciones humanas, en términos de resistencia (la capacidad de resistir el cambio) o resiliencia

del ecosistema (la capacidad de absorber la alteración reorganizando el cambio siguiente).

- El potencial de soporte de vida está compuesto por los procesos ecológicos que sostienen la productividad, adaptabilidad y capacidad de renovación de tierras, agua y la biósfera como un todo (UNEP, 2004).

3.1.3 IMPORTANCIA SOCIO-CULTURAL DEL CAPITAL NATURAL CRÍTICO

El concepto de recursos naturales sociales críticos fue introducido por varios autores para designar áreas naturales de valor crítico, con respecto a su potencial para:

- a. La salud como un estado de bienestar físico, mental y social completo y no meramente la ausencia de enfermedad o dolencia.
- b. El esparcimiento. Estos beneficios se derivan frecuentemente de las cualidades estéticas de un área natural dada y las posibilidades recreativas que ofrece, como la apreciación de un escenario natural agradable, el valor de aprender y entender durante expediciones y experimentar la contemplación en alrededores naturales.
- c. La herencia. Hay ciertas áreas naturales de paisajes con características específicas a las cuales las personas les adjudican valores emocionales o de herencia, y la destrucción de estas áreas o sus características se experimenta como una pérdida personal (o colectiva).
- d. El valor espiritual. Los indígenas y grupos tribales, en particular, tienen fuertes lazos espirituales con su ambiente natural, lo que se expresado en muchas ceremonias religiosas, costumbres y rituales.
- e. La existencia. Este valor relaciona los valores intangibles, intrínsecos y éticos atribuidos a la naturaleza, provenientes de anhelos de administrar en nombre de generaciones futuras y especies no humanas.

3.1.4 IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CAPITAL NATURAL CRÍTICO.

El hombre atribuye varios tipos de valores económicos a la naturaleza que puede ser divididos en directos o activos e indirectos o pasivos, ellos pueden sintetizarse según Ekins (2003) en:

- El valor de uso productivo, representado por su contribución al proceso de producción económico, la cual comprende muchos sectores diferentes como la agricultura, la conversión de energía, el transporte y la industria.
- El valor consuntivo relacionado con el uso de productos naturales que son cosechados directamente del ecosistema natural, como por ejemplo los bonsais naturales y las trufas silvestres que una vez "hallados" alcanzan precios más altos que los cultivados.
- El valor de conservación. Muchas funciones ambientales no proveen beneficios económicos directos pero son esenciales para el bienestar humano, como por ejemplo la selva amazónica.
- El valor de opción que se relaciona con la importancia que la gente le da a un futuro seguro.
- La sustituibilidad de servicios individuales se relaciona con ciertas funciones ambientales que pueden ser reemplazadas por artefactos humanos, como por ejemplo la protección contra la erosión provista por árboles en las laderas de una colina (colocando cercas protectoras para reemplazar los árboles originales). No obstante debe tenerse en cuenta que la perspectiva de sostenibilidad débil afirma que las funciones ambientales pueden ser sustituidas si es factible técnica y económicamente, mientras que la perspectiva de la sostenibilidad fuerte argumenta que las funciones ambientales, principalmente, no deben ser sustituidas.

Por otro lado, para estos autores la amenaza debe ser estudiada como el grado de coacción sobre los sistemas naturales medidos en términos de cambio, tanto en cantidad como en la calidad del capital natural. Ten Brink (2000) propone analizar la amenaza en términos de calidad y cantidad a partir de un indicador desarrollado llamado índice de capital natural (Natural Capital Index NCI). Este indicador varía entre cero y ciento por ciento (0-100%). Así, si por ejemplo un país posee un 50% de tierra natural y la calidad de esta es el 50%, el valor del NCI será 25%; esto puede entenderse si se observa la figura 3.

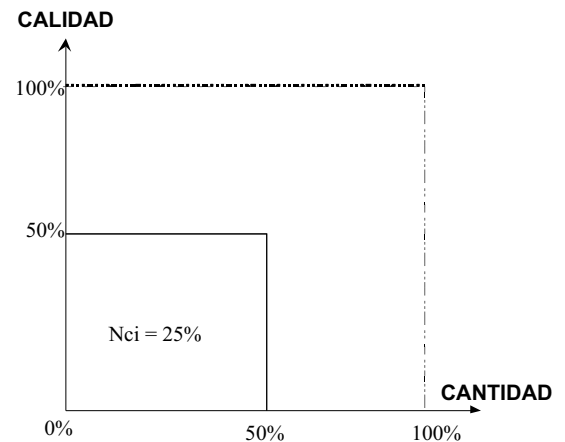


Figura 3.

Según esta propuesta, la cantidad del ecosistema será el tamaño o porcentaje de área del estado o región cubierto por él y la calidad será la razón entre el estado actual del ecosistema y el estado base. Algunos indicadores importantes para la calidad del ecosistema son la integridad y la vulnerabilidad, los cuales, a su vez, son descritos por medio de otros indicadores o variables específicas como la abundancia de varias especies, la estructura de las variables o la riqueza de especies. Estos autores proponen el uso de datos geográficos explícitos para las siete presiones biológicas relevantes, a saber: (1) La tasa de cambio climático; (2) La densidad

de la población humana; (3) El consumo y la producción; (4) La fragmentación de ecosistemas; (5) La acidificación de suelos; (6) La eutrofización de cuerpos de agua, y (7) la exposición a altas concentraciones de ozono, para calcular un índice de presión por celdas en una matriz espacial de análisis. Este índice varía entre 0 y 7000 y se supone, arbitrariamente, que hay muy bajas opciones de obtener altas calidades del ecosistema en esas áreas naturales donde el índice de presión es mayor a 2500.

Ekins *et al.*, (2003) proponen definir como funciones medioambientales críticas las siguientes:

- Aquéllas que no pueden ser substituidas en términos de bienestar generacional por alguna otra función, sea medioambiental o no.
- Aquéllas para las cuales las pérdidas son irreversibles.
- Aquéllas para las cuales las pérdidas están por encima de un valor mínimo.

En tal sentido, se puede definir el capital natural crítico como la cantidad de capital, que realiza estas funciones críticas, que no pueden ser substituidas por otras cantidades de medio ambiente o de otros capitales que realicen las mismas funciones (Ekins *et al.*, 2003)

Para Turner *et al.*, (1993) el capital natural crítico está constituido por aquellas partes vitales del medio ambiente que contribuyen a los sistemas de soporte a la vida, la biodiversidad y otras funciones necesarias definidas como especies y procesos claves

Para Noël y O'connor (1998) el capital natural crítico es definido como el conjunto de recursos medioambientales que a una escala geográfica dada aseguran las funciones medioambientales importantes y para las cuales no existe ningún sustituto en términos de capital manufacturado o humano.

Según Escobar (2005), la tendencia es que el capital natural crítico debe mantenerse constante, es decir, no debe disminuir en el tiempo, si se

desea asegurar el desarrollo sostenible.

Una política de protección del medio ambiente basada en esta concepción conducirá así a la elaboración de indicadores coherentes con esta visión. Existen ya algunos trabajos que buscan hacer operativo el concepto de capital natural crítico, en ellos se encuentran:

Ekins *et al.* (2003) quienes proponen un método para el análisis del capital natural crítico según un criterio de sostenibilidad fuerte. Allí se dividen las funciones del medio ambiente en cuatro categorías: de fuente, de sumidero, de soporte a la vida y de bienestar humano y salud. A partir de esta metodología es posible determinar la magnitud de la disminución del capital natural crítico, tanto desde el punto de vista de los impactos sobre el medio ambiente como en cuanto a la disminución en la cantidad de aquéllos que son agotables. Para lograr esto, se toma un escenario sostenible base (estándar) y se compara con la situación presente; esta comparación permitirá determinar la distancia de la sostenibilidad medio-ambiental, que no es otra cosa que la diferencia entre el escenario presente y el escenario base.

Noël y O'connor (1998) proponen dos etapas: la primera consiste en determinar los estándares o normas medioambientales, por ejemplo definir normas, en términos físicos para las emisiones o los consumos de recursos naturales. La segunda etapa es la determinación del costo económico mínimo de la implementación de la norma; para ello se proponen dos tipos de indicadores de sostenibilidad: El primero mide la distancia de la sostenibilidad, es decir, la magnitud, desde el punto de vista del consumo corriente, en la cual la actividad económica normal viola las normas de sostenibilidad especificadas. El segundo mide el costo de la implementación de la sostenibilidad que indica el costo mínimo necesario para la implementación de medidas de preservación, prevención, de protección, o

de restauración requeridas para garantizar las normas ambientales que existen. Estos autores proponen tomar en cuenta el costo de oportunidad necesario para aplicar una política durable contra la decisión de agotar o de degradar el capital natural crítico.

Para Noël y O'conor el capital natural comprende los siguientes elementos:

- Los recursos naturales agotables y renovables (bienes mercantiles incluidos en las funciones de producción)
- Los atractivos incluidos directamente en las funciones de utilidad de los consumidores que no son intercambiables por una función de producción, tales como los paisajes o lugares con calidad recreativa natural
- Las funciones medioambientales en las que se considera la capacidad de asimilación de la contaminación de los ecosistemas y los hidrosistemas.
- El patrimonio genético que se caracteriza por la irreversibilidad; ésta se contempla de manera específica (diversidad de las especies) e intraespecífica (variabilidad en una misma especie)
- Las funciones de apoyo a la vida. Algunos elementos del capital natural son indispensables para la supervivencia de los seres vivos, incluido el hombre, tales como el oxígeno del aire o el agua.

Para De Groot *et al.*, (2003), el capital natural crítico debe pensarse de conformidad con una perspectiva sociocultural

Según ellos, el uso del término capital para los sistemas naturales incluye todas aquellas funciones de la naturaleza que son más intangibles y que no se relacionan directamente con los mecanismos económicos de producción y consumo, pero que son críticas para el bienestar y la sostenibilidad de la vida humana.

En cualquiera de los casos mencionados anteriormente, la identificación de los bienes o

servicios ambientales requiere un buen conocimiento de los sistemas biofísicos y de la manera en que éstos interactúan con los sistemas humanos; así mismo un buen conocimiento de las necesidades humanas fundamentales. Otros autores consideran que cualquier bien, natural o hecho por el hombre, que sea irremplazable o sujeto a cierta incertidumbre, e importante por razones de equidad, debe ser conservado.

Según éstos autores, el capital natural crítico es un concepto dinámico que depende de la existencia de sustitutos o del estado del conocimiento acerca de la importancia de ciertas funciones ambientales. El capital natural puede cambiar de ser crítico a no crítico.

Una de las principales características comunes entre estas definiciones reportadas en la literatura es la tendencia a identificar la criticidad del capital natural de acuerdo con su importancia ecológica, o con su insustituibilidad; sin embargo, este enfoque captura sólo parcialmente la importancia del capital natural para los sistemas humanos. Las sociedades humanas dependen de otra manera del adecuado funcionamiento de los sistemas naturales.

Surge entonces, el "enfoque funcional" como una herramienta para mostrar como la supervivencia humana y otras actividades dependen en muchas dimensiones de los bienes y servicios provistos por los ecosistemas.

Las funciones de los ecosistemas se clasifican, según estos autores, en cuatro categorías que dan cuenta del carácter multidimensional del capital natural:

- Funciones de regulación: procesos ecológicos y sistemas de soporte de la vida.
- Funciones de producción.
- Funciones de hábitat.
- Funciones de información (Recreación, información cultural e histórica, inspiración artística, educación, información científica)

En resumen, De Groot *et al.*, (2003) además

de las necesidades como aire limpio, agua, etc, el hombre tiene otro tipo de necesidades que satisfacer como individuo (salud, recreación, libertad) y como sociedad (contactos sociales, normas y valores, identidad cultural).

El CNC da cuenta de algunos valores que no son cuantificables directamente en términos monetarios, pero que pertenecen a la dimensión ética, cultural y espiritual de la vida humana y que son el reflejo de una relación intangible con la naturaleza. Es decir, no sólo identifica servicios intangibles, sino también aspectos emocionales y cognitivos de la relación de la gente con la naturaleza.

4. Conclusiones

Los elementos expuestos hasta acá, a partir de una revisión y contextualización de la problemática alrededor de la caracterización y valoración de los sistemas ambientales, evidencian una serie de componentes que permiten definir la puesta en marcha de múltiples proyectos nacionales de investigación para la caracterización y la valoración de recursos naturales, pues en la actualidad en Colombia se utilizan metodologías elementales para tales efectos y el concepto de capital natural crítico podría convertirse en una novedosa herramienta para salvaguardar la valoración coherente de nuestros recursos naturales.

A lo largo de todo el territorio nacional existen zonas de gran importancia económica y de desarrollo social, las cuales pueden ser tomadas como objetos espaciales pilotos para este tipo de estudios. Entre ellas, pueden destacarse los humedales del bajo Cauca antioqueño, en donde la Universidad de Antioquia ha realizado importantes proyectos de hidrogeológicos y, dada la importancia de éstos para el desarrollo sostenible de la región y la información allí levantada por investigadores que han trabajado en la zona y apoyados en las herramientas de sistemas de información geográfica, se podrían realizar la determinación de funciones ambientales, tratando de encontrar el umbral de criticidad según el concepto del capital natural crítico.

Estos proyectos de investigación deberían arrojar la aproximación hacia el piloto de unos los lineamientos, que permitan estructurar una política nacional de regulación ambiental nacional, con la cual, de acuerdo con estas nuevas tendencias, se pueda gestionar la sostenibilidad de los ecosistemas alrededor del desarrollo de las regiones de alta relevancia para el desarrollo de la población y la economía del país.

Bibliografía

- CITMA. Estrategia Ambiental Nacional, República de Cuba. 27p. 1997.
- Sarmiento, Miguel A. y Prieto R. Antonio. Métodos de Valoración Ambiental: un Nuevo Método Basado en la Variación del Producto Interior Bruto. CT Catastro, Abril de 2005
- Sarmiento, M. Desarrollo de un nuevo Método de Valoración Medioambiental. Tesis doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, 199. 2003,.
- Farber, S., Constanza, R. y Wilson, M. Economic and Ecological Concepts for Valuing Ecosystem Services. Ecological Economics. N° 41, 375-392. 2002.
- Strong Sustainability and Critical Natural Capital, Faucheux S., y O'Connor (ed) Valuation for Sustainable Development, Edward Elgar Cheltenham, 1998.
- Vander, Perk J. y De Groot, R. Towards a Method to Estimate Critical Natural Capital An Inventory of Methods to Determine Critical Natural Capital in the Netherlands Discussion Paper for Second Meeting of the CRITINC-Project; 30/11 – 1/12, 1998. 2000, Paris.
- De Groot, R. Function Analysis and Valuation as a Tool to Assess Land use Conflicts in Planning for Sustainable, Multi-functional Landscapes. Final Version Accepted by Land Use and Urban Planning, 17 de marzo de 2004. Environmental Systems Analysis Group, Wageningen University, Wageningen, 2004.
- Turner, R.K., Ledoux L. y Cave R. The Use of Scenarios in Integrated Environmental Assessment of Coastal-Catchment Zones: The Case of the Humber Estuary, UK. European Research Project.
- Toman, M., Lile R. y King, D. Challenges and Assessing Sustainability: Some Conceptual and Empirical. Resources for the Future. 1998.
- Knickel, K. y KoK, K. Future Land Use in Europe: Trends, Challenges and Policy (FLU E). Institute for Rural Development Research (IfLS) at J. W. Goethe University Frankfurt, 2003.
- Ekins, P., Simon S., Deutsch, L., Folke, C., De Groot, R. A Framework for the Practical Application of the Concepts of Critical Natural Capital and Strong Sustainability, Ecological Economics, Vol 44, p 165-185.
- De Groot, R., Vander, P., Chiesura, A., Van Vliet, A. Importance and Threat as Determining Factors for Criticality of Natural Capital" Ecological Economics, Vol 44, 2003, 187 – 204.
- Lopera C, Sergio Hernando. El Capital Natural Crítico un Instrumento de Política Ambiental para los Recursos Naturales. Revista Gestión y Ambiente, Volumen 6 No. 2, diciembre de 2003.
- United Nations Environment Programme (2004). UNEP Launches Report on Environmental Assessment of the Barents Sea. <http://www.unep.org/Documents.Multilingual>.
- Ten Brink, B.J.E. Biodiversity Indicators for the OECD Environmental Outlook and Strategy. RIVM Rapport 402001014, Globo Report Series 25.
- Escobar M., John. Identificación y evaluación del capital natural crítico en proyectos de explotación de hidrocarburos a partir de la plataforma SIG. Tesis de grado, Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo, Medellín, Universidad Nacional de Colombia, 2005.