

El Capital Natural Crítico un Instrumento de Política Ambiental para los Recursos Naturales

Recibido para evaluación: 26 de Septiembre de 2003
Aceptación: 24 de Noviembre de 2003
Recibido versión final: 04 de Diciembre de 2003

Sergio Hernando Lopera C.¹

RESUMEN

El presente trabajo presenta el concepto de Capital Natural Crítico(CNC), este concepto se enmarca en el criterio de sostenibilidad fuerte y es un instrumento fundamental para el diseño de políticas de protección ambiental. Para avanzar en la comprensión del CNC partimos del concepto de capital para definir el capital natural y luego especificar cuando este puede ser crítico. Luego, mostramos algunas metodologías propuestas en la literatura para la implementación de una política de protección ambiental basada en el CNC. Finalmente planteamos la utilidad de este concepto en el rediseño de las políticas ambientales en Colombia.

PALABRAS CLAVE: Capital Natural Crítico, Sostenibilidad, Recursos Naturales, Política Ambiental

ABSTRACT

This work presents the concept of The Critical Natural Capital(CNC), this concept is based on the criterion of strong sustainability and is a fundamental instrument for the design of protection environmental political. In order to advance in the comprehension of this concept we use the capital concept to define the natural capital and then to specify when this can be considered critic. We show some methodologies proposed in the literature for the implementation of a politic of environmental protection based in the CNC. Finally, we think that this concept is very usefulness for the redesign of the Environment policy in Colombia.

KEY WORDS: Critical Natural Capital, Sustainability, Natural Resources, Environment Policy

1. Profesor Asociado Escuela de procesos y Energía Facultad de Minas
Universidad Nacional de Colombia
shlopera@unalmed.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

La crisis energética de los años 70 y la toma de conciencia sobre la importancia de la protección del medio ambiente han llevado a que los diferentes modelos de gestión de recursos naturales hallan sido bastante cuestionados. De esta manera, conceptos tales como: escasez, equidad, agotamiento y preservación del medio ambiente, entre otros se han convertido en el centro de atención y de discusión en lo que concierne a los recursos naturales.

Desde la publicación del informe de Meadows sobre los límites del crecimiento (1972), muchos artículos han sido consagrados a la capacidad de las economías para sostener de manera durable un ritmo de crecimiento elevado, incluso con agotamiento de recursos naturales. Las diversas corrientes económicas que participan del debate sobre el papel de los recursos naturales en el proceso económico, proponen diferentes definiciones del desarrollo sostenible. Estas definiciones se diferencian esencialmente en el rol que cumple (o debe cumplir) el medio ambiente y los recursos naturales. Para la corriente económica dominante la cuestión puede ser resuelta simplemente creando un mercado para estos¹. Según esta concepción el medio ambiente es un bien cuyo servicio debe ser pagado. Esta concepción ha sido bastante contestada por otras corrientes de pensamiento (económicas y no económicas) para quienes el mundo y sus recursos no necesariamente se tienen que pensar en términos mercantiles. En efecto, los partidarios del mercado creen que éste permite crear riqueza y resolver las necesidades del hombre por medio de una mano invisible que conduce la sociedad hacia el óptimo económico y social.

Sin embargo, quienes estamos cerca de la física-matemática sabemos que los planteamientos de la economía deben tomarse en el mismo sentido que las parábolas bíblicas. Es decir como ideas que nos pueden permitir avanzar en la elaboración de una gestión de recursos, pero a las cuales no podemos dar el estatus de verdades científicas.

En este sentido, asumiendo que la economía es un discurso en construcción, es necesario introducir en su cuerpo teórico elementos de la física-matemática de tal forma que logremos pasar de aquella concepción abstracta a otra más concreta².

Así consideramos necesario pensar el proceso económico desde el punto de vista físico como un sistema parcial que se halla circunscrito por un límite a través del cual se intercambia materia y energía con el resto del universo material. Este proceso material ni produce ni consume energía-materia, tan sólo las absorbe y expelle continuamente. Georgescu-Roeguen (1971)

Así, compartimos plenamente la visión de Georgescu-Roeguen (1971) cuando plantea que desde el punto de vista de la termodinámica, la materia-energía entra al proceso económico en un estado de baja entropía y sale en un estado de alta entropía. De esta forma, en términos de entropía, el costo de cualquier actividad biológica o económica es siempre mayor que el producto, de tal manera que cualquier actividad de esa clase conduce necesariamente a un déficit. Pensar el proceso económico en estos términos nos permitirá avanzar en la construcción de herramientas concretas para evaluar y mitigar el impacto de tal actividad sobre el medio ambiente.

Este trabajo pretende entonces situar la discusión sobre el medio ambiente en el terreno práctico, mostrando es posible una valoración monetaria en el caso de aquellos recursos naturales para los cuales conocemos de manera precisa los servicios³ que nos prestan y para el caso en el cual la utilización de tales servicios no crea cambios irreversibles en la naturaleza. En los otros casos, es necesario crear un concepto que nos permita preservar aquellos que conocemos y estudiar aquellos que no conocemos, este concepto será el capital natural crítico. Esta categoría es la que nosotros trataremos de precisar y explicar a lo largo de este trabajo. Iniciemos la discusión estudiando el concepto de capital.

¹ Recordemos que el artículo fundador de esta noción es el problema del costo social de Coase (1960).

² Cuando hablamos de una concepción abstracta hacemos referencia aquella que da cabida a categorías tales como: mano invisible, hommus economicus, utilidad...etc, categorías muy similares a las utilizadas por la física aristotélica para intentar explicar el mundo de su época. En tanto que una concepción más concreta buscará representar el mundo según los aportes nuevos que se hacen en el discurso económico, de la misma forma que lo han hecho en la física los aportes de Galileo Newton y los físicos que les han sucedido. Esto le ha permitido a la física avanzar en la comprensión y el estudio de problemas cada vez más complejos.

³ Si asumimos la categoría de servicios prestados por el medio ambiente, que propone la teoría económica neoclásica.

2. CONCEPTO DE CAPITAL⁴

Podemos definir el capital como: Conjunto de bienes producidos en el pasado que intervienen en la producción presente-y futura- de otros bienes. Para Herfindahl y Kneese (1974) el capital es un elemento que aporta un flujo de servicios productivos con el tiempo y que dirige el proceso de producción. Estos autores anotan que esta definición no concierne solamente al capital manufacturado sino que la tierra y el trabajo también satisfacen esta definición. Para Marx el Capital designa ante todo una relación social, la relación entre los propietarios de los medios de producción y los que no los poseen.

Para los Neoclásicos el capital no es otra cosa que un factor de producción, el cual puede ser introducido en la función de producción neoclásica de tipo Cobb-Douglas como un agregado que representa el conjunto de entradas (Materias primas, energía, servicios prestados por los equipos fijos etc.). Recordemos que esta representación del capital fue objeto de la llamada polémica de Cambridge que se refería al significado del capital como argumento de la función de producción neoclásica y sobre las conclusiones que pueden obtenerse a partir de esta representación. El cuestionamiento de fondo era el hecho de intentar representar los aspectos macroeconómicos a partir razonamientos de tipo macroeconómico, sin preocuparse por el problema de la agregación.

Este punto fue reconocido por los defensores⁵ de tal representación quienes zanjaron la controversia proponiendo tomar tal representación como "una forma aproximativa" de modelar la realidad.

El capital también es tomado como un conjunto de activos, que toma la forma de títulos derechos de propiedad, detentado por individuos (o por la sociedad). Este tipo de capital es el origen de remuneraciones específicas tales como intereses, dividendos o ganancias.

Prugh (1999) nos propone clasificar el capital de la forma siguiente⁶:

- a) Capital natural⁷: compuesto del renovable y del no renovable.
- b) Capital manufacturado o capital hecho por el hombre.
- c) El capital humano también llamado capital cultural. El se compone del conocimiento colectivo, las competencias la acumulación de datos, de la ciencia y del conocimiento.

Para este autor el capital natural es una extensión de la noción tradicional de capital manufacturado. Estos dos tipos de capital tiene como elemento común la idea de una acumulación que produce un flujo de bienes y de servicios. (Prugh, 1999).

De esta forma si se supone que estos capitales son sustituibles, entonces podremos escribir el capital total K de la forma siguiente:

$$K = Km + Kh + Kn$$

Donde

Km: Capital manufacturado.

Kh: Capital humano.

Kn: Capital natural.

Para la economía neoclásica es posible gestionar de forma durable los recursos naturales manteniendo constante el capital total. Esto supone que estos tres tipos de capital son sustituibles entre sí (es decir que es posible sumarlos)⁸. Matemáticamente esta hipótesis se puede escribir de la forma siguiente:

$$dK/dt = dKm/dt + dKh/dt + dKn/dt$$

si K es constante, entonces

$$dK/dt = 0 \Rightarrow dKn/dt = - (dKm/dt + dKh/dt)$$

⁴ Ver Guerrien 1996.

⁵ Se trataba fundamentalmente de Robert Solow y Paul Samuelson.

⁶ Ekins et al (2003) propone cuatro tipos de capital : manufacturado, humano, social/organizacional y natural.

⁷ Ekins et al (2003) le adjudican al capital natural las cuatro funciones siguientes: a) Provisión de recursos para la producción, b) Absorción de desechos de producción, c) Soporte a la vida, d) contribución al bienestar humano.

⁸ El propio Solow, considera que la conservación del monto de capital puede ser considerado como un criterio de sostenibilidad. Ver " Solow (1986), On the Intergenerational allocation of natural resources, Scandinavian Journal of Economics, 88. Ver también Naredo J.M. "sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible 141-149.

De esta ecuación podemos constatar que para que el volumen de capital se mantenga constante, la variación del capital natural debe ser igual a la suma de los capitales manufacturado y humano.

Recordemos que el concepto de *sostenibilidad débil* se basa en éste principio, el cual supone que el capital es homogéneo y que existe sustitución perfecta entre los capitales natural y manufacturado. De tal forma que, como lo muestra esta ecuación, el capital natural puede ser reemplazado por capital humano y manufacturado. Esta idea ha llevado a economistas como Solow al extremo de pensar que el mundo puede desenvolverse sin recursos naturales⁹.

Esta concepción ha sido bastante contestada, recordemos que Georgescu-Roeguen¹⁰ proponía que a partir de una ecuación de tipo Cobb Douglas como la propuesta por Solow(1974) es posible obtener un Q_0 , si el flujo de recursos naturales satisface la condición siguiente:

$$R^{a2} = Q_0 / (K^{a1} L_0^{a3}).$$

De esta ecuación se deduce que el valor de R será determinado por el valor de K, así, es posible calcular un valor de R muy pequeño a partir de un valor de K grande. Para Este autor, Solow debería tener en cuenta dos cosas:

- a) Todo proceso material es un proceso de transformación de ciertos materiales por otros (elementos de flujo) a partir de ciertos agentes (elementos de fondo).
- b) Los recursos naturales son la savia del proceso económico.

Así, dado que los recursos naturales no son un simple factor de producción. Entonces, para Georgescu-Roeguen(1971), la cuestión hoy es saber si estamos descubriendo nuevas fuentes de energía que puedan ser utilizadas, ya que ninguna elasticidad de una función Cobb-Douglas puede ayudar a resolver esta cuestión

En efecto, en el mundo abstracto de los economistas neoliberales la cuestión se reduce a encontrar las elasticidades de sustitución entre los diferentes tipos de capital. Sin embargo, sabemos que estas funciones suponen que el proceso de producción económico, que es irreversible, es reversible. Así esta representación del proceso de producción económico viola la segunda ley de la termodinámica.

Pearce y Turner (1990), refiriéndose a la cuestión de la sustitución entre capitales, consideran importante tomar en cuenta las consideraciones siguientes:

- 1) El capital manufacturado no es independiente del capital natural, este último es necesario para formar el primero.
- 2) El capital natural realiza otras funciones tales como: ser soporte para la vida y ser multifuncional. Estas funciones no son realizadas por el capital manufacturado.
- 3) Como consecuencia de las dos características presentadas no es posible siempre sustituir el capital natural por manufacturado¹¹.

Según Pearce y Turner (1990) para garantizar que la cantidad de capital natural se mantenga constante se deben tener en cuenta que más capital natural puede significar mayor resistencia a los shocks y por ende una sociedad más sostenible. Adicionalmente, las consideraciones de equidad intergeneracional exigen que la cantidad del recurso sea mantenida de tal forma que se asegure de forma amplia un igual acceso a este por parte de las diferentes generaciones. Por otro lado, la preservación del capital natural es consistente con la visión del mundo que reconoce los derechos de otras especies a coexistir con los humanos.

En lo concerniente a la implementación del modelo de desarrollo sostenible estos autores proponen tomar el capital bajo una de las formas siguientes:

- 1) Cantidad física constante: En este caso la cantidad física del recurso natural debe permanecer constante en el tiempo. Pero, como es difícil en razón de la suma de diferentes unidades físicas,

9. "If it is very easy to substitute other factors for natural resources, then there is in principle no "problem". The world can in effect, get along without natural resources, so exhaustion is just an even, not a catastrophe." (Solow 1974a, pag 11).

10. Veáse Ecological Economics (1997), "Forum on Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz". 22 (3) Septiembre.

11. Estas tres precisiones son bastante similares a las que proponen Costanza y Daly(1992):

1) Estos capitales son complementarios en vez de sustitutos.

2) El capital manufacturado está hecho de recursos naturales (capital natural).

3) El proceso de producción es realmente un proceso de transformación de materia y energía.

la economía standard nos propone hacer la valoración en términos monetarios, de tal forma que el valor total del recurso se mantenga constante en el tiempo.

- 2) Valor unitario de servicios de los recursos naturales constante: En este caso el precio de los servicios de los recursos naturales debe permanecer constante en el tiempo.
- 3) Valor del flujo de recursos naturales constante: En este caso el valor de flujo de recursos naturales debe permanecer constante en términos reales (el flujo del recurso es: $p \cdot q$, donde p: precio y q cantidad extraída por unidad de tiempo.)

Para estos autores el desarrollo sostenible requiere que se cumplan las dos condiciones siguientes:

- 1) Limitar las tasas de extracción de recursos de tal manera que se mantengan por debajo de las tasas de regeneración natural en el caso de un recurso renovable, y por debajo de las tasas de substitución en el caso de un recurso no renovable¹².
- 2) La utilización del medio ambiente de tal manera que las tasas de extracción sean inferiores a las tasas de asimilación del ecosistema

Estos autores adicionan que si tales reglas son respetadas estaríamos garantizando que la cantidad de recursos renovables y que la capacidad de asimilación del medio ambiente no disminuyan. Así estas cantidades estarán disponibles en cualquier período futuro con el fin de sostener la economía. Estos autores concluyen que la idea según la cual la cantidad de recursos debe mantenerse constante en el tiempo esta implícita en las reglas que ellos han usado para plantear el problema de la protección del medio ambiente y la gestión de recursos naturales. (Pearce et Turner, 1990, pag 44).

Nosotros consideramos que bajo las condiciones mundiales actuales es pertinente y necesario garantizar el pago de los servicios ambientales en cualquier actividad económica. El concepto de capital natural es un instrumento que nos permite avanzar en la evaluación de los costos de estos servicios. Este capital natural puede dividirse en tres tipos de capitales distintos: capital natural renovable, capital natural no renovable y capital natural crítico. El primero será aquel que puede ser degradado sin generar mayores traumatismos al ecosistema, ya que los daños ocasionados pueden ser reparados a unos costos aceptables. El segundo estará constituido por los recursos naturales no renovables cuyo agotamiento no pone en peligro ni la existencia de la vida humana ni la estabilidad del planeta desde el punto de vista ambiental. El tercero, es aquel que cuyo deterioro pone en peligro la existencia misma de la vida humana sobre la tierra. Discutamos este asunto un poco más en detalle.

3. CONCEPTO DE CAPITAL NATURAL CRÍTICO

Recordemos que la segunda ley de la termodinámica impone límites a la actividad económica. Este hecho conduce a dos tipos de restricciones:

- 1) Todo proceso de producción implica necesariamente impactos irreversibles sobre la naturaleza y el medio ambiente, así el objetivo es 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 física¹³. De esta forma estos dos tipos de capitales deben pensarse como complementos en vez de sustitutos.

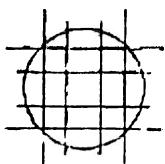
Así, si acogemos como definición de capital natural "el conjunto de recursos "elaborados" por la naturaleza en el pasado y los cuales pueden ser transformados en bienes y servicios presentes – y futuros-", entonces podemos pensar que una gestión sostenible de los mismos implica garantizar que su volumen total se mantenga constante¹⁴. 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:

12 Segun Pearce (1998) deben cumplirse tres condiciones: 1) que la elasticidad de substitución entre el capital natural y el capital manufacturado sea mayor que uno, ó 2) que la elasticidad de substitución sea igual a 1 y que la parte del capital manufacturado en el PNB sea mayor que la del capital natural, ó 3) que el cambio técnico sea de tal magnitud que su efecto sobre la tasa de descuento pueda despreciarse.

13 Estas dos ideas se hallan a la base del concepto de sostenibilidad fuerte. Esta concepción ha sido liderada por la corriente termodinámica de la economía la cual parte del hecho de que todo proceso económico es un proceso de transformación de materia y energía.

14 Obsérvese que consideramos constante el volumen de recursos no el valor de los mismos en términos monetarios.

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



Donde,
 CNT : Capital Natural Total¹⁵
 CNR : Capital Natural Renovable.
 CNNR : Capital Natural no Renovable
 CNC : Capital Natural Crítico

Pensar los recursos naturales desde el punto de vista de capital implica que aceptemos pagar por el uso de ellos a fin de conservarlos para que pasen a las generaciones futuras; es decir ser buenos padres de familia en el sentido de Marx.

El concepto de capital natural crítico es un instrumento mediante el cual podremos establecer unas condiciones mínimas de regulación del proceso de producción para garantizar la conservación del medio ambiente. Para avanzar en la definición del CNC Ekins (2003) nos propone definir como funciones medioambientales críticas las siguientes:

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

Así podemos definir el capital natural crítico como la cantidad de capital, que realiza estas funciones críticas, que no puede ser sustituida por otras cantidades de medio ambiente o de otros capitales que realicen las mismas funciones¹ Ekins (2003, pag 174).

Para Turner (1993) El capital natural crítico esta 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 (De Groot, 2003, pag 189).

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

Para Noël (2000) 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.

Para Noël (2000) el capital natural crítico debe mantenerse constante, es decir no debe disminuir en el tiempo, si nosotros queremos asegurar el desarrollo sostenible.

Para este autor el mecanismo que permite implementar una política ambiental que tome en cuenta el capital natural crítico, es la norma. Sin embargo, con el propósito de escapar del reproche que se le hace a este instrumento por su carácter arbitrario, es necesario buscar mecanismos de concertación que permitan incluir en el diseño de la norma las especificidades locales y regionales, pero sin sacrificar el objetivo de sostenibilidad que se busca.

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. Veamos:

De Groot et al (2003) nos proponen estudiar la importancia y las amenazas como factores determinantes del carácter crítico del capital natural. El grado de importancia de una función medioambiental depende de aspectos ecológicos, socioculturales, y económicos. Así, por ejemplo, para estos autores, algunas funciones son críticas (es decir importantes) ya que representan servicios

¹⁵Costanza y Daly definen el capital natural total CNT como: $CNT = CNR + CNNR$, donde CNNR es el capital natural no renovable.

¹⁶ "the stocks of capital which perform these functions cannot be substituted by other stocks of environmental or other capital which perform the same functions, they may be called 'critical natural capital'".

esenciales que sirven de soporte a la vida. Otras funciones son críticas desde 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. (De Groot et al, 2003, pag 190).

Por otro lado, para estos autores la amenaza debe ser estudiada como el grado de amenaza sobre los sistemas naturales medidos en términos de cambio, tanto en cantidad como en la calidad del capital natural. Estos autores nos proponen analizar la amenaza en términos de calidad y cantidad a partir de un indicador desarrollado por Ten Brink (2000) llamado índice de capital natural (Natural Capital Index NCI). Este indicador variará entre cero y cien 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 en la Figura 1.

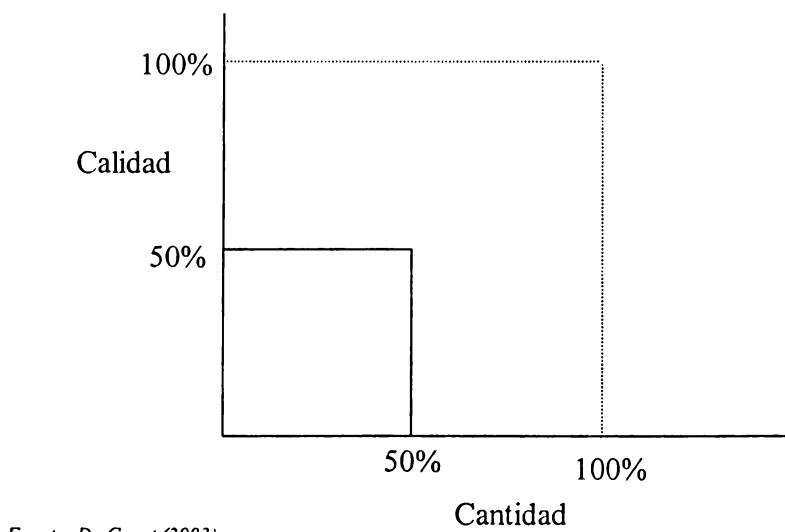


Figura 1
Ejemplo del índice de capital natural

Estos autores definen la cantidad como tamaño o porcentaje de área del estado o región cubierto por el ecosistema. La calidad es definida como la relación entre el estado corriente del ecosistema y el estado de la línea base.

Ekins et al (2003) nos proponen un método para el análisis del capital natural crítico bajo un criterio de sostenibilidad fuerte (ver Tabla 1). Allí se divide las funciones del medio ambiente en cuatro categorías : de fuente, de sumidero, de soporte a la vida y de bienestar humano y salud¹⁷. 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 aquellos 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 base¹⁸.

Para estos autores las implicaciones sociales y económicas del impacto sobre el medio ambiente pueden ser estudiadas a partir del procedimiento siguiente¹⁹:

- Identificación de la (s) función (es) bajo amenaza o evaluación y su ubicación en la categoría a que corresponden (fuente, sumidero, soporte a la vida y bienestar humano)
- Establecimiento de las funciones asociadas al capital natural del cual ellas surgen.
- Preparación de las matrices de impacto (Matrices A-D y A'-D', Tabla 1).
- Derivación de los estándares de sostenibilidad para las funciones, si es posible, o las tendencias

17. Esta metodología fue utilizada en el proyecto CRITIC de la Unión Europea para la evaluación del capital Natural crítico de sus países.

18. Para estos autores la sostenibilidad gap "SGAPs will be expressed in physical terms and may be interpreted as the physical 'distance' to environmental sustainability in relation to the present situation and practices." (Ekins, 2003, p. 181).

19. EKINS y SIMON (2003) ilustran de manera clara la utilización de esta metodología (malla CRITIC) de calculo del capital natural crítico para el caso de agua en el Reino Unido.

Tabla 1.
Visión general de la Malla
CRITIC

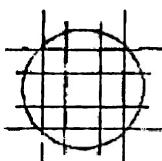
CARACTERÍSTICAS DEL CAPITAL NATURAL														
Subsuelo/Geología														
Atmosfera y Clima														
Geomorfología														
Hidrología (superficie)														
Suelo														
Características de Vegetación														
Flora, fauna														
Vida comunitaria														
Ecosistema														
	1	2	...		1	2	...	1	2	...				
	Funciones Fuente Tema sostenibilidad Agotamiento			Funciones Sumidero Tema sostenibilidad Contaminación			Funciones de soporte a la vida Tema Sostenibilidad Balance del Ecosistema			Funciones de salud y bienestar humano		Cultura, estructura social, Instituciones		
Total de recursos	Matriz de Estado			Impactos A			Impactos B			Impactos C		Matriz de Estado		
Tabla Entradas-Salidas para recursos por sector										Impactos D				
Total Contaminantes							Matriz de Estado			Impactos D'				
Contaminantes por sector	CO ₂	Impactos A'		Impactos B'			Impactos C'			Impactos Sostenibilidad Social				
	Total Agotamiento			Total contaminación por tema						Situación Corriente				
Sostenibilidad Económica				Sostenibilidad Medioambiental /Ecológica			Situación Corriente			Estandares de sostenibilidad				
				Estandares de sostenibilidad			Estandares de sostenibilidad			Estandares de sostenibilidad				
M-SGAP Económico	SGAPs (Físico)		SGAPs (Físico)		SGAPs (Físico)		SGAPs (Físico)		Costos de Agotamiento, pérdida y restauración					
	Análisis Multicriterio										Aspiraciones Económicas y sociales			

de las mismas en aquellos casos en que los estándares de sostenibilidad no pueden ser identificados.

- e) En aquellos casos en que los estándares de sostenibilidad han sido identificados, calcular la distancia de la sostenibilidad (SGAPs).
- f) Descripción de la aspiración económica y social que sitúa la función medio ambiental bajo amenaza o presión.
- g) Aplicación de herramientas de análisis-decisión tales como análisis multicriterio, que podrían o no permitir sopesar los diferentes impactos sobre una escala común que permite conocer las implicaciones de la aplicación del principio de sostenibilidad fuerte.

Noël y O'connor (1998) nos proponen seguir la metodología propuesta por Baumol y Oates (1971). Esta metodología propone, grosso modo, 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 será la determinación del costo económico mínimo de la implementación de la norma.

Estos autores proponen utilizar dos tipos de indicadores de sostenibilidad: El primero mide la distancia de la sostenibilidad (sustainability) que mide 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.

Nosotros sabemos que la evaluación tanto de los costos de los impactos medioambientales como de la protección del capital natural crítico son difíciles de determinar ya que ellos dependen de condiciones geográficas y geológicas bastante específicas²⁰. Por ejemplo, quien puede estimar el costo de la disminución del patrimonio genético si no sabemos siquiera cual es ese patrimonio. De otro lado, quien puede evaluar el costo de las funciones de soporte a la vida si no conocemos cuales son las existentes. No obstante, en el caso de las funciones medioambientales conocidas. Algunos autores²¹ han propuesto unos servicios y sus valores respectivos, entre estos autores Costanza et al (1997) nos proponen la clasificación de las funciones medioambientales de acuerdo con la Tabla 2:

NUMERO	SERVICIO DEL ECOSISTEMA	FUNCIÓN DEL ECOSISTEMA	EJEMPLOS	COSTO BOSQUE TROPICAL DÓLARES/HECT/ AÑO
1	Regulación de gases	Regulación de composición química de la atmósfera	equilibrio CO ₂ /O ₂ , O ₃ para protección UVB, y niveles de SOX	
2	Regulación de Clima	Regulación de la temperatura global, precipitación, y otros procesos biológicamente mediados por el clima local y global	Regulación de gas de invernaderos, producción de DMS que afecta la formación de nubes	223
3	Regulación de perturbaciones	Capacidad de retención de humedad e integridad del Ecosistema para responder a las fluctuaciones ambientales	Protección de tormentas, prevención de inundaciones, recuperación de sequías y otros aspectos de respuesta del hábitat a la variabilidad ambiental controlados principalmente por la estructura de la vegetación	5
4	Regulación de agua	Regulación de flujos hidráulicos.	Provisión de agua para la agricultura (como irrigación) o para procesos de transporte industrial (como molienda)	6
5	Suministro Agua	Almacenaje y retención del agua	Provisión de agua para pozos, depósitos y acuíferos	8
6	Control Erosión sedimentos	Retención de suelo dentro y de un ecosistema.	Prevención de pérdida de suelo por viento, deslizamiento u otro procesos erosivos, evitando que el suelo sea almacenado en lagos o pantanos.	245
7	Formación suelo	Procesos de formación del suelo	Meteorización de rocas y la acumulación de material orgánico	10
8	Ciclo Nutrientes	Almacenamiento, Ciclo interno, procesamiento y adquisición de nutrientes.	Fijación de nitrógeno, N, P y otros elementos del ciclo nutritivo.	922
9	Tratamiento desechos	Recuperación de sustancias nutritivas móviles y retiro o interrupción de exceso o sustancias	Tratamiento de desechos, Control de contaminación, desintoxicación.	87
10	Polinización	Movimiento de gametos florales	Provisión de polinizadores para la reproducción de las poblaciones de plantas	
11	Control Biológico	Regulación de poblaciones trópico-dinámicas.	Control del depredador clave de la especie de presa, reducción de herbívoros por depredadores superiores.	
12	Refugio	Hábitat para residencia y tratamiento de poblaciones	Sitios de protección y hábitat para especies migratorias, hábitats regionales para especie protegidas o sitios de invernadero.	
13	Base para la producción de alimentos	Que cantidad de la producción primaria es posible aprovechar como alimento.	Producción de pescado, diversión, fruto de pan coger, agricultura de subsistencia o pesca	32
14	Materias primas	Que cantidad de la producción primaria es posible aprovechar como materias primas	La producción productos, combustible o forraje.	315
15	Recursos genéticos	Fuentes únicas de materiales y productos biológicos	Medicina, productos para la ciencia de los materiales, genes para la resistencia de plantas patógenas y parásitos de cosecha, especies ornamentales (animales domésticos) y variedades de plantas hortícolas	41
16	Recreación	Provisión de oportunidades para actividades recreativas	Ecoturismo, pesca deportiva, y otras actividades de recreación	112
17	Cultural	Provisión de oportunidades para usos no comerciales	Valoración de ecosistemas desde el punto de vista : estético, artístico, educativo, espiritual y/o científico	2

Fuente Costanza et al 1997

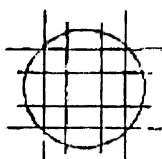
Tabla 2.
Clasificación y costo de las funciones del Medio Ambiente.

20 En la literatura podemos encontrar algunos valores para el costo de la degradación medioambiental del capital natural bastante disímiles. Por ejemplo: 6 centavos de dólar por barril de petróleo en el Este de Venezuela (Fuente: *El Nacional* junio 21 1998), Una Ecotasa de 10 dólares por barril de petróleo propuesta por Alan Lipsetz (1998) para disminuir el consumo de gasolina e incentivar la entrada al mercado de energías limpias. Ver Lipsetz A. (1998) "Economie politique des Eco taxes", Rapport au Conseil d'Analyse économique du premier ministre, avril 16.

21 Ver entre otros: de Groot,R.S (1987), Turner,R.K.(1991), Costanza R., Farber S.C. & Maxwell J. (1989)

Esta evaluación de costo propuesta por Costanza et al (1997) ha sido bastante cuestionada por diversos autores. Así, para Michael Toman de *Resources for the Future*, \$33 trillones de dólares (33×10^{12}) "es una subestimación del infinito", y por lo tanto el artículo de Costanza [et al] debe ser leído como un documento político. Para Nancy Bockstael, cuando uno utiliza una definición de evaluación, uno debe comprender en qué contexto se va a utilizar esta definición.²² Costanza [et al] (1997) han utilizado métodos a partir de los cuales se pretende determinar la disposición a pagar que tienen ciertos individuos. El método de evaluación utilizado en esta determinación del valor del medioambiente es conocido como *evaluación contingente*. Es bien sabido que este método de evaluación es el preferido por los economistas neoclásicos Sin embargo, nosotros pensamos que Costanza [et al] tienen razón cuando nos proponen que este ejercicio es esencial para:

- 1) Encontrar un rango potencial de valores de los servicios de los ecosistemas más aparentes;
- 2) Establecer al menos una primera aproximación de la magnitud relativa de los servicios del ecosistema global;
- 3) Establecer un esquema de análisis para este tipo de problemas;
- 4) Salir de estas áreas hacia otras áreas de investigación adicionales necesaria;
- 5) Estimular investigaciones y debates adicionales ;



Según estos autores la mayoría de los problemas e imprecisiones que ellos encontraron, indican que su evaluación representa un valor mínimo, que debe aumentar:

- 1) Con el esfuerzo complementario en el estudio y estimación de una gama más amplia de servicios del ecosistema.
- 2) Con la incorporación de representaciones mas realistas de interdependencia y dinámicas del ecosistema
- 3) A medida que los servicios del ecosistema sean mas escasos en el futuro.

Nosotros proponemos considerar los resultados de Costanza [et al] (1997) con prudencia ya que somos conscientes de los límites de la valoración de los servicios ambientales que proponen estos autores.

Con esta discusión sobre CNC buscamos crear conciencia sobre la necesidad de avanzar en la construcción de instrumentos que permitan gestionar los recursos naturales pensándolos como una parte esencial de la vida humana y no solamente como un recurso más. En este sentido, consideramos que el CNC es un instrumento que nos permitirá proponer una gestión más acorde con las necesidades económicas y sociales enmarcadas en una política sostenible que garantice la protección efectiva del medio ambiente y evitar la depredación de los mismos.

En el caso de Colombia hay que tener en cuenta que la economía depende en gran medida de la exportación de recursos naturales tales como: carbón, petróleo, níquel y oro entre otros, muchos de los cuales se encuentran ya sea en zonas protegidas o en zonas de reserva indígena o de minorías étnicas. Esto hace necesario buscar que la gestión de estos recursos sea realizada de forma acorde no sólo con indicadores de tipo económico (macroeconómico), sino también y sobre todo acorde con indicadores de tipo social y ambiental.

Por otro lado, no hay que olvidar que la reglamentación ambiental colombiana fija una serie de requisitos con los cuales se busca preservar el medio ambiente y garantizar las condiciones de calidad actuales y futuras de este. Así mismo, en proyectos en desarrollo, la ley establece el sistema de regalías y transferencias el cual busca compensar y retribuir a las regiones por la operación de este tipo de proyectos. Sin embargo, surgen la preguntas ¿Esta siendo realmente valorado el deterioro ambiental producido por este tipo de proyectos? o ¿Nos llevará la explotación de recursos naturales a situaciones irreversibles desde el punto de vista ambiental?

Algunas situaciones acaecidas en Colombia y el mundo alertan acerca de la necesidad de implementar estrategias más rigurosas de evaluación y planeación en este tipo de proyectos.

Todos hemos oido hablar de casos tales como el de los indígenas U'was que se oponían a la extracción de petróleo crudo en su territorio porque consideraban a este la sangre de la madre de la

²²Ver : Nature Vol 395, 1995.

tierra. También hemos escuchado o leído sobre múltiples conflictos que surgen con la explotación de recursos naturales en Colombia tales como: la construcción de la hidroeléctrica de Urrá, la explotación de carbón en el Cerrejón o la explotación de petróleo en el Casanare. Las soluciones que se han dado a muchos de estos conflictos se han enfocado más hacia compensaciones de tipo económico más que a la creación de tejido social y a la construcción de nacionalidad. Consideramos que este tipo de conflictos requieren soluciones más integrales.

En este sentido el concepto de capital natural crítico será un instrumento que nos permitirá avanzar en la elaboración de una política medio ambiental que garantice una protección real de los ecosistemas. Específicamente en el caso de la explotación de recursos naturales este instrumento nos permitirá mantener los estándares tanto en calidad como en cantidad de recursos²³. Si rediseñamos nuestra política ambiental a partir de este instrumento seguramente evitaremos en el futuro muchos de los daños que hemos ocasionado en el pasado en nuestro medio ambiente y haremos una explotación más racional de nuestros recursos, evitando la sobre explotación de los mismos.

4. BIBLIOGRAFIA

- Chiesura A., Groot R. 2003. Critical natural capital : a socio-cultural perspective, Ecological Economics, Vol 44, pp. 219-231.
- Costanza et al. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 387 (15 May), pp. 253-260.
- Constanza R. 1992. Three General Policies To Achieve Sustainability, Second Conference of the International Society for Ecological Economics (ISEE), Investing in Natural Capital, Stockholm, Sweden, August 3.
- Constanza R. y Daly H.E. 1992. Natural Capital and Sustainable Development» Conserveation Biology, 1992, Vol 6 No 1, pp. 37-46.
- Daly H. 1987. Filters Against Folly in Environmental Economics, in Pillet G., Murota T.(eds), Environmental Economics, the Analysis of a Major Interface, R. Leimgruber, Geneva. pp.1-10.
- Daly H. 1992. Allocation, Distribution, and Scale: Towards an Economics that is Efficient, Just, and Sustainable, Ecological Economics, 6, pp. 185-193.
- Daly H. 1999. How long can neoclassical economists ignore the contributions of Georgescu-Roegen?, en, Bioeconomics and Sustainability: essays in honor of Nicholas Georgescu-Roegen, Edard Elgar, Montpellier Parade, 1999, pp. 13-24.
- De Groot R., Van Der P., Chiesura A. y Van Vliet A. 2003. Importance and threat as determining factors for criticality of natural capital Ecological Economics, Vol 44, pp. 187-/204.
- Ecological Economics. 1997. Forum on Gesurgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz. 22 (3) Septembre.
- Ekins P. y Simon S. 2003. An illustrative application of the CRITIC framework to the U.K., Ecological Economics, Vol 44, pp. 255-275.
- Ekins P., Simon S., Deutsch L., Folke C., De Groot R. 2003. A framework for the practical application of the concepts of critical natural capital and strong sustainability, Ecological Economics, Vol 44, pp. 165-185.
- Faucheux S. y Noël J.F. 1995. La Théorie des Ressources Epuisables: Chapitre 3. In Economie des ressources naturelles et de l'environnement, Paris, Armand Colin, pp. 87-122.
- Georgescu-Roegen N. 1971. The entropy Law and the economic Processus, Havard University Press, Cambridge, NUSS,. Traduction espagnole: La ley de la entropía y el proceso económico, Fundacion Argentaria, 1996.
- Geurgescu-Roegen N. 1993. The Entropy law and the Economics Problem: in Daly H., Townsend K.N. (Eds) Valuing the Earth, pp. 76-88.
- Guerrien B. 1996. Dictionnaire d'analyse économique, La découverte, Paris , 500 pp.
- Hartwick J.M. 1977. Intergenerational Equity and the Investing of Rents from Exhaustible

23 En el caso del análisis del impacto de la explotación petrolera sobre el medio ambiente proponemos dividir este impacto en tres componentes: - La reparación de los daños ambientales ocasionados por los procesos de exploración, explotación y transporte de petróleo; - La reparación de los daños ocasionados por el efecto de la combustión de productos del petróleo; - El costo de protección del capital natural crítico.

- Resources, American Economic Review, Vol 67, No 5, pp.972-974.
- Herfindahl O. y Kneese A.V. 1974. Natural theory of natural resources. Charles E., Merill, columbus, UK.
- Jacobs M. 1991. The green Economy, environment , sustainable development and politics of the future, Pluto press, London. Traduction espagnole: Economía Verde: Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Uniandes, Santafé de Bogotá, 1995.
- Jimenez H. L. 1997. Desarrollo sostenible y economía ecologica, Sintesis, Madrid.
- Lipietz A. 1998. Economie politique des Eco taxes, Rapport au Conseil d'Analyse économique du premier ministre, avril 16.
- Martinez Alier M 1997. Deuda Ecologica y Deuda Externa, Ecología Política, No 14 Septembre.
- Martinez Alier M., Schlüpmann K. 1987. Ecological Economics, Basil blackwell, New York. Traducción Española: La Ecología y la Economía, Fondo de Cultura Económica, México.
- Naredo J.M. 1996. La Economía en Evolución, Siglo XXI Editores, Madrid.
- Naredo J.M. 2000. Sobre el origen, el uso y el contenido del término sostenible, in Université de Barcelona [en ligne] <http://www.ub.es/escult/escult2/docus2/sso.html> (page consulté le 14 / 01/2001)
- Naredo J.M. y Valero A 1999. Desarrollo Económico y Deterioro Ecológico, Fundación Argentaria, Madrid.
- Noël J. F.(2000), Le capital naturel, un nouvel objet des politiques environnementales, Institute national des Sciences et Techniques Nucléaires : Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines.
- Noël J.F. y O'Connor M. 1998. Strong Sustainability and Critical Natural Capital, in Faucheux S., O'connor (ed) valuation for Sustainable Development, Edward Elgar Cheltenham.
- Passet R. 1996. Principios de Bioeconomía, Fundacion Argentaria, Madrid.
- Pearce, D.W., y Turner R.K. 1990. Economics of Natural Resources and the Environment, Harvester Wheatsheaf, Hemel Hempstead, Herst.
- Prugh T. 1999. Natural Capital and Human Economic Survival, Ecological Economics series, Florida.
- Solow R. 1974. Intergenerational Equity and Exhaustible Resources, Review of Economic Studies: symposium on economics of exhaustible resources, Vol 41, pp. 29-46.
- Solow R.M. 1974a. The Economic of resources or the resources of Economics, American Economic Association, Vol 64. No 2, pp. 1-14.
- Stiglitz J.E 1974. Growth with Exhaustible Natural Resources : The Competitive Economy, Review of Economic Studies: symposium on economics of exhaustible resources, Vol 41, pp. 139-152.
- Stiglitz J.E. 1979. A Neoclassical Analysis of the Economics of Natural Resources, in Smith V.K (eds), Scarcity and Growth Revisited, John Hopkins University Press, Berkeley, pp 36-67.
- Valero A. 2000. La termodinamica: EL punto de encuentro de la Termodinamica, la Economía y la Ecología, en: Jornadas en Homenaje a Nicolas Guergescu-Roegen, Fundación Argentaria, Madrid.
- Vivien F. 1994. Economie et écologie, La Découverte, Paris.
- WALRAS L. 1909. Economie et Mécanique. Bulletin de la société Vaudoise de sciences naturelles, 45, pp. 313-325.
- Zaccai E. 2000. Caractéristiques du développement durable: Un essai de synthèse », in Université libre de Bruxelles. [En linea]. <http://www.ulb.ac.be/igeat/cedd/texts/ez/ezcaradd.html> (pagina consultada el 11 enero 2001).

