

# **EL DESARROLLO SOSTENIBLE Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES<sup>(\*)</sup>**

**Elkin Vargas Pimiento<sup>(\*\*)</sup>**

## ***RESUMEN***

*El presente artículo se compone de los siguientes aspectos:*

*—La caracterización de los recursos naturales no renovables como objeto de estudio en la disciplina económica, mostrando su importancia para el desarrollo de la civilización industrial y la calidad de vida y advirtiendo que se trata de recursos que existen en una cantidad limitada, localizados en las partes más externas de la corteza terreste, que su escasez es función del avance tecnológico y que su explotación y utilización inadecuadas generan graves consecuencias socio-económicas y ambientales.*

*—La evolución del tratamiento que la economía neoclásica y en general que la teoría económica le han dado a los recursos naturales y, en particular, a los no renovables, según el cual la escasez de recursos en relación con su demanda es la determinante esencial de los precios, y el señalamiento de algunas debilidades y efectos de dicho tratamiento que conducen a una gestión equivocada de los recursos naturales.*

*—La reseña de algunos desarrollos e investigaciones que han llevado a un progresivo reconocimiento a nivel mundial sobre la*

*no sostenibilidad del modelo económico dominante y la descripción y discusión de las características del desarrollo sostenible y de los elementos que serán básicos en la formulación de un modelo de desarrollo económico sostenible.*

*—El análisis de la eventuales implicaciones de la búsqueda y consolidación de un modelo alternativo de desarrollo con los elementos de sostenibilidad propuestos en la gestión de los recursos mineros en Colombia, a través de políticas en materia ambiental, minero-energética, internacional y tecnológica.*

## **ABSTRACT**

*The article is a summary of the conference given by the author in the Seminar "Economy and Environment". Its main aspects are:*

*—Characterization of the non renewable natural resources as an important topic in the economic discipline, showing its importance in the development of industrial civilization, the quality of life and pointing out that these resources exist in a limited quantity in the upper most parts of the earth's crust, that its scarcity greatly depends on the advance of technology and that its inadequate exploitation and use cause severe socioeconomic and environmental consequences.*

*—The evolution in the treatment that neoclassical economy and in general the economic theory have given to natural resources and particularly to the non renewable, according to which the scarcity of a resources and its demand determine the prices, and how the weaknesses and effects of this treatment have caused an inadequate management of natural resources.*

*—Some of the studies and investigations that have lead to a worldwide acceptance of the un sustainability of the dominant economic model and to the description and discussion of the characteristics of sustainable development and of the basic elements in the formulation of the sustainable economic development model.*

*—The analysis of the implications that the search and consolidation of an alternative economic development model would have in the management of Colombia's mineral resources applying environmental, mining, energetic, international and technological politics.*

## INTRODUCCIÓN

En el marco de la idea general plasmada en la convocatoria a este Seminario, he considerado importante y oportuno compartir con ustedes algunas reflexiones sobre el tema "El desarrollo sostenible y los recursos naturales no renovables", motivado al constatar la despreocupación de la teoría económica por estudiar las características particulares de estos recursos, los serios cuestionamientos que se le están haciendo en la actualidad a la perspectiva neoclásica sobre el tema y a sus desarrollos metodológicos que pretenden internalizar los impactos ambientales y resolver los problemas de agotamiento de recursos, con base exclusivamente en evaluaciones monetarias.

También ha sido motivante en la presentación de esta propuesta, comprobar que la perspectiva de la economía ecológica sobre la actividad minera es hasta ahora demasiado superficial, limitándose a llamar la atención sobre sus potenciales efectos negativos en el medio ambiente, sin tener en cuenta la importancia de los recursos extraídos para la humanidad. En el caso de la explotación petrolera, por ejemplo, si bien algo se ha avanzado en la medición y pronósticos de los efectos en el medio ambiente, tanto de los gases de combustión como de

los derrames de hidrocarburos, no se ha estudiado suficientemente el tema de las consecuencias de su escasez para la economía mundial y la calidad de vida de la población.

Lo que sucede con la extracción de petróleo ocurre, aunque posiblemente en menor grado, en el caso de los otros minerales, muchos de ellos indispensables para la civilización moderna, como los metales, el carbón, los no metálicos industriales, las rocas ornamentales y los materiales de construcción.

En cuanto a la extracción de estos últimos en áreas urbanas, generalmente interactuando en forma muy sensible con el ambiente, también algo se ha avanzado en la cualificación y cuantificación de los efectos negativos, como fundamento a las solicitudes de cierre de las canteras en las grandes ciudades, pero muy poco se conoce sobre las incidencias de tal medida en el costo de la vivienda básica, en la tala de los bosques para la obtención de elementos alternativos de edificación y en la degradación y contaminación de los nuevos terrenos y las nuevas áreas de donde necesariamente se tendrán que extraer los materiales requeridos para albergar a una población cada vez más grande y desposeída.

Los anteriores ejemplos son sólo una muestra de las restricciones que enfrenta la estructuración de un tratamiento ecológico de la extracción de los recursos naturales no renovables para lograr un cambio real en los objetivos tradicionales de optimizar únicamente el beneficio económico, cambio que deberá estar apoyado por la docencia universitaria.

Es de gran pertinencia entonces discutir las implicaciones que en política minera y ambiental tienen los principios del desarrollo sostenible, particularmente en la determinación de los ritmos aceptables de agotamiento gradual de los recursos y en la evaluación de los costos ambientales de los procesos de extracción. Esto es de vital importancia para un país como Colombia que cuenta, según los expertos, con un alto potencial de recursos minero-energéticos y que por lo tanto debe encontrar lineamientos de política y mecanismos de acción para hacer una mejor gestión en el sector minero.

Un modelo de desarrollo económico sostenible aporta criterios y lineamientos de política económica para establecer en Colombia un nuevo tratamiento a los sistemas de extracción de minerales, valoración de depósitos, asignaciones por el agotamiento de recursos, modalidades de contrata-

tación minera, de comercio internacional, y de fijación de regalías y otras contraprestaciones económicas, todo ello tendiendo a la disminución de las cargas sobre los recursos ambientales.

El desarrollo sostenible y por lo tanto lo que conlleva en la gestión de un recurso no renovable, implica la conservación de los yacimientos para una máxima recuperación bajo la correcta definición de las tasas de extracción, la disminución de pérdidas operativas, la adición de reservas mediante exploración intensiva, la sustitución entre combustibles según su abundancia relativa y usos más eficientes, y la inversión de utilidades en tecnología e investigación con miras a promover el ahorro energético e impulsar la utilización de energías renovables.

## **Los Recursos Naturales**

Hay múltiples definiciones de recursos naturales con diversos significados y alcances. Las hay de carácter amplio como la usada por los naturalistas, o de carácter parcial como la utilizada por políticos, industriales, ingenieros. En economía, la definición de recursos se relaciona con el concepto de escasez y la posibilidad de un mercado. Una definición generalmente aceptada es que los recursos naturales son facto-

res que afectan las actividades productivas, pero que no han sido hechos por el hombre, ni tampoco a través de un proceso de fabricación realizado por el hombre. Como se observa, esta definición no corresponde a los conceptos de capital o trabajo sino que es asimilable al factor TIERRA utilizado por los economistas clásicos.

Los recursos naturales se clasifican en:

—No renovables: que son los que se destruyen con su uso, como el petróleo y el carbón, o los que se pueden reciclar, como los metales. En estos últimos hay destrucción en cuanto a su forma actual pero son recuperables mediante un proceso industrial.

—Renovables: cuando su uso produce agotamiento o destrucción, pero luego se puede producir su regeneración como es el caso de los peces y los bosques.

—Ambientales: cuando su uso no implica su agotamiento, o si lo hay la velocidad de reproducción es alta.

Es de anotar el carácter dinámico de los recursos naturales; varían con la información, la

tecnología, la disponibilidad y la utilidad, lo que tiene especial interés para la asignación intertemporal de recursos ya que los hace dependientes del proceso cognoscitivo. La idea básica, que retomaremos a lo largo de esta conferencia para su discusión, es que lo importante no es el recurso en sí, sino el servicio que presta.

### **Los Recursos Naturales no Renovables**

Los recursos naturales no renovables son en su mayoría de origen geológico. En general se trata de concentraciones geoquímicas de elementos y compuestos naturales que se pueden o se podrían explotar económicamente. Existen a nivel global en una cantidad fija, aunque su magnitud se desconoce. Esto no sólo por las dificultades propias de los sistemas de medición y estimación sino porque muchos de los depósitos que los contienen no han sido descubiertos todavía o porque los adelantos tecnológicos pueden volver accesibles recursos que hoy no lo son.

Algunas características de los recursos agotables enunciadas por Cook, E. (1976) se presentan a continuación.

La escasez de un recurso no renovable produce prácticas ahorrativas y tecnologías substitutivas: la escasez incrementa los costos marginales de su extracción y por lo tanto aumenta su precio, con lo que se reduce el interés por extraerlo y más bien aumenta el interés de sustituir sus servicios. Si esto último se logra, cesa la producción del recurso; de lo contrario tal producción se extiende disminuyendo lentamente a medida que se desvanece la demanda.

Un recurso no renovable se define como tal mientras sea más barato o cumpla con mayor eficiencia que otra sustancia una función deseada por el hombre. Por ejemplo: si el costo energético de un recurso como el petróleo se eleva a tal punto que se puede sustituir en cantidades suficientes por otra sustancia (como el crudo sintético derivado del carbón, también por ejemplo) a un costo menor y con utilidades comparables, la sustitución se efectúa, el recurso original vuelve a ser sólo una anomalía geoquímica y la fuente de la sustan-

cia reemplazante se convertirá en un recurso.

Por lo tanto, la extracción de los recursos no renovables tiene un límite. Los ingenieros definen este límite grosso modo a partir de la comparación entre el precio del producto y los costos pecuniarios de extraer el mineral y convertirlo en un producto vendible. En cambio la sociedad concibe el beneficio de la minería como un excedente de energía o como un ahorro de trabajo, como el que se logra por ejemplo en energía humana y tiempo cuando se utiliza acero en lugar de madera en herramientas y estructuras. En este contexto, la explotación de los recursos naturales con fines de exhibición, adorno o ganancias monetarias es una operación deficitaria financiada con los beneficios energéticos obtenidos de otras clases de minería. Otro límite puede ser la renuencia de la sociedad a pagar el costo de su explotación (los costos totales de la producción) porque piensa que con ello deteriora el nivel de vida mucho más que renunciando al uso del recurso. Una definición más precisa del límite de explotación sería el límite de la ganancia neta de energía o de ahorro neto de trabajo: para los fósiles se llega la límite cuando la

energía necesaria para explotarlos (descubrirlos, extraerlos, transportarlos, procesarlos) es mayor que la que ellos proporcionan. Y para los minerales no energéticos, ocurre cuando la energía y el trabajo requeridos para producirlos son de una magnitud mayor a los bienes y servicios que se sacrifican para pagarlos.

### **Los Minerales son Recursos Escasos**

Haremos hincapié en la característica fundamental de que solamente el 1% de la corteza terrestre contiene depósitos explotables. En el cuadro siguiente se observa la razón de concentración que mínimo debía darse en 1975 para la extracción económica de ciertos elementos.

### **LOS MINERALES SON RECURSOS ESCASOS**

Elemento	Abundancia Superficial (ppm)	Grado Mínimo (ppm)	Razón
Mercurio	0.089	1.000	11.200
Tungsteno	1.1	4.500	4.000
Plomo	12	40.000	3.300
Cromo	110	230.000	2.100
Estaño	1.7	3.500	2.000
Plata	0.075	100	1.330
Oro	0.0035	3.5	1.000
Molibdeno	1.3	1.000	770
Zinc	94	35.000	370
Uranio	1.7	700	350
Carbono	320	100.000	310
Litio	21	5.000	240
Manganese	1.300	250.000	190
Níquel	89	9.000	100
Cobalto	25	2.000	80
Fósforo	1.200	88.000	70
Cobre	63	3.500	56
Titanio	6.400	100.000	16
Hierro	58.000	200.000	3.4
Aluminio	83.000	185.000	2.2

Excepto por lo que toca al carbón, que se ha tomado de Mason,<sup>1</sup> las abundancias superficiales se han tomado de Lee y Yao.<sup>2</sup> Los valores son partes por millón (ppm).

Como se observa, las concentraciones que se pueden explotar económicamente oscilan entre un poco más del doble y varios miles de veces el promedio de la abundancia superficial del elemento deseado. Además se debe anotar que las tasas de concentración son muy lentas si se comparan con el ritmo de la historia humana y que la formación de depósitos requiere de ciertas condiciones geológicas. Esto ha hecho que los depósitos minerales se distribuyan de manera desigual en el espacio. El ejemplo más conocido es que cerca del 70% de las reservas probadas de petróleo se encuentran en el medio oriente, pero también ocurre que sólo 5 países contribuyen con más del 65% a la producción mundial de cobre, y situaciones similares se dan con varias sustancias minerales como el litio, el zinc, etc., lo que prueba que la desigualdad en la distribución de recursos es REAL y que no se debe solamente a di-

ferencias en las inversiones en exploración.

Los mecanismos más comunes de concentración de minerales son: meteorización o desgaste atmosférico, erosión, separación durante el transporte, lixiviación del agua superficial, los que actúan en la parte más externa de la corteza terrestre.

### **Recursos que se agotan con su extracción**

La naturaleza limitada de los depósitos individuales, la imposibilidad de ver a través de las rocas, la historia de muchos distritos mineros y petroleros que se han agotado, la cada vez mayor dificultad para descubrir depósitos nuevos, han generado muchos pronósticos sobre la disminución y el agotamiento de tales recursos.

En el siguiente cuadro se muestra un estimado de 1986 sobre la vida previsible de las reservas de algunos recursos no renovables.

## RECURSOS QUE SE AGOTAN CON SU EXTRACCIÓN

Vida previsible de las reservas<sup>3</sup>

Sustancia	Vida estática (años)	Relación entre reservas y demanda acumulada entre 1985-2000
Antimonio	84	3.5
Arsénico	33	1.8
Asbesto	26	1.1
Azufre	51	1.1
Barita	30	1.4
Bauxita	250	12
Berilio	**	**
Bismuto	21	1.3
Boro	350	20
Cadmio	30	1.8
Cinc	26	1.4
Cromo	123	21
Cobalto*	130	7.3
Cobre*	41	2.3
Diamantes industriales	2	Inferior a 1 excluyendo sintéticos
Estaño	15	0.9
Fluorita	22	8.3
Fosfato	***	4
Galio	**	**
Germanio	***	***
Indio	30	1
Litio	**	n.d.
Magnesio	**	30 sin incluir lejías y agua de mar
Manganeso**	116	6
Mercurio	22	1.1
Mineral de hierro	149	8
Molibdeno	70	3
Niobio	387	11
Níquel	75	3.5
Oro	27	2.2
Plata	19	1.2

Platino	146	8
Plomo	28	1.9
Potasa	327	17
Renio	20024	
Selenio	**	3
Silicio	***	***
Tantalio	80	1.4
Telurio	**	6
Tierras raras	**	60
Titanio	4.3	5.9
Tungsteno	66	3
Uranio	62	3.2
Vanadio	148	3
Vermiculita	95	5
Zirconio	60	4.5

n.d. dato no disponible

\* sin contar con los fondos marinos

\*\* muy abundantes

\*\*\* extraordinariamente abundantes

Sin embargo muchos de los pronósticos han resultado totalmente equivocados debido principalmente a los avances en la eficiencia para descubrir, extraer, procesar y aplicar los recursos y el desarrollo de nuevos métodos de uso de materiales, lo que ha propiciado la reducción progresiva del costo de la energía por unidad de trabajo o de calor útil obtenido, conformando una historia de costos decrecientes y reservas crecientes. No obstante, en muchos depósitos y tipos de depósitos como los de cobre porfírico,

parece que ya se han aprovechado al máximo las economías de escala y los costos energéticos están aumentando, por lo que no parece probable que las reservas minerales de estos depósitos puedan aumentar mucho más con los avances tecnológicos.

En resumen: en la actualidad, la energía empieza a costar más en términos de trabajo, la eficiencia en la conversión energética parece próxima a los límites impuestos por las leyes de la termodinámica y los costos de la recu-

peración para algunos recursos, se acercan a los puntos críticos. No se abandona, y por el contrario se confirma la idea de reconocer la naturaleza de los límites a la explotación de los recursos no renovables.

### **Objetivo de la Economía de los Recursos Naturales no Renovables**

Los principales objetivos de la economía en el caso de los recursos no renovables han sido:

- Determinar el período óptimo de agotamiento de un recurso y la tasa de extracción que permite tal período óptimo.
- Seleccionar los instrumentos económicos (asignaciones, subsidios e impuestos) para controlar la tasa de extracción. Esta preocupación sirvió para conformar el concepto de uso sostenible de recursos que es pionero del concepto "desarrollo económico sostenible".

Pero encontrar ese ritmo aceptable de agotamiento gradual, requiere establecer precios

que no infravaloren los recursos desde el punto de vista de su conservación para las futuras generaciones. Ello implica que la economía deberá también estudiar los métodos de valoración, lo que normalmente se ha hecho a partir del análisis de los precios observables en el mercado.

- Evaluar los costos ambientales de los procesos de extracción de los recursos no renovables.

### **Características del Mercado de Minerales**

El crecimiento económico, la expansión demográfica y la mejora de la calidad de vida de la población han incrementado ostensiblemente la producción y utilización de minerales. En los siguientes cuadros algunas cifras gruesas sobre la evolución de la producción minera y algunas peculiaridades de la industria minera mundial que son importantes para comprender su importancia como factor de desarrollo de los países y de la calidad de vida de la población.

## VARIACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ALGUNOS METALES DESDE LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL<sup>(4)</sup>

	1870	1995
Hierro y Acero	21.3 M ton	900 M ton
Cobre	105 mil ton	13Mton
Pbomo	286 mil ton	12Mton
Zinc	177 mil ton	12Mton
Aluminio	1 mil ton	45M ton
Molibdeno	72 mil ton (1970)	160milton(2000)
Oro	127500 ton (hasta 1993)	2272 ton

## EVOLUCIÓN GLOBAL DE LA PRODUCCIÓN MINERA

Período	Crecimiento Medio
Previo a la Segunda Guerra Mundial	Irregular (dependiendo de guerras y conflictos)
Posguerra hasta mediados de los años 70	5% (AL 10%, NI 8%, CU 4%)
Mediados de los años 70 A mediados de los años 80	Estancamiento en casi todas las sustancias
a partir de 1985	De uso general: decreciente en países industrializados De uso especializado: creciente en todo el mundo.

• 13 productos representan aproximadamente el 90% de la producción minera;

• Los países industrializados producen la mitad de su consumo;

• Los países en desarrollo consumen la cuarta parte de su producción;

• La participación de Estados Unidos y Canadá en el consumo mundial de minerales, considerada su población, es 5, mientras que para URSS y Europa el 2, y para los países en desarrollo es 0.2.

• Estados Unidos y Canadá son deficitarios en petróleo, aluminio, hierro y estaño.

• Europa es deficitaria en casi todas las sustancias minerales.

• Japón es deficitario en todas.

La desigual repartición de recursos minerales ha sido el origen de un importante comercio internacional y de problemas económicos y políticos graves entre países.

Lo anterior sirve para anotar que algunos países han podido agotar su capital natural a gran escala y acumular capital construido, debido a que otros países lo han hecho a menor escala.

El caso de la evolución de la explotación y consumo de carbón

en Europa es un buen ejemplo. Bélgica extrae algunos miles de toneladas y consume 10 M ton/año; Alemania no extrae sino alrededor de 70 M ton/año, la mitad de lo que producía en la década de los años setenta, y su consumo es del orden de 100 M ton/año; Francia produce actualmente menos de 10 M ton/año y en los años setenta extraía 25 M ton/año, la mitad de su consumo de la época. Hoy en día la producción es la tercera parte de su consumo; y el Reino Unido produce hoy menos de 50 M ton/año y hace solo 5 años producía más de 80 M ton/año, y su consumo permanece en cerca de 90 M ton/año.

Como se desprende de las anteriores cifras, la producción de estos países ha disminuido ostensiblemente, mientras que sus consumos, si bien han disminuido, ello ha ocurrido a una tasa considerablemente menor. La diferencia obviamente la han adquirido de la explotación de los yacimientos carboníferos de Polonia, Sudáfrica y Colombia principalmente.

## 1. EL MODELO ECONÓMICO VIGENTE Y SU TRATAMIENTO DE LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

Algunos economistas precursores de lo que hoy se conoce

como la teoría neoclásica de los recursos naturales fueron:

—William Stanley Jevons quien sentó las bases para el desarrollo de la economía de los recursos con su principio de equimarginalidad y sus estudios sobre las consecuencias de la escasez de carbón en el desarrollo económico.

—Arthur Pigou con su obra La Economía del Bienestar, quien da un gran paso hacia la incorporación de la contaminación a la economía de los recursos bajo la idea de externalidad negativa y establece el marco analítico para determinar el nivel óptimo de la externalidad a través de la exacción de un impuesto.

—Alfred Marshall que introdujo el concepto de externalidad positiva en la literatura económica y reconoció la contribución de la naturaleza en la producción.

—Harold Hotelling con su principio sobre la oportunidad de extracción de un recurso no renovable y la determinación del sendero óptimo para su extracción.

—Ronald Coase con su planteamiento sobre la necesidad de definir correctamente los derechos de propiedad para que la libre negociación entre el agente que genera la contaminación y el que la sufre, conduzca al óptimo social o externalidad óptima.

Por tanto, el núcleo básico metodológico de la teoría neoclásica de los recursos naturales lo constituyen las contribuciones al análisis marginal y la conceptualización paretiana de eficiencia y pigouviana o coasiana de externalidades.

Una idea prevaleciente en este enfoque histórico es que: "mientras la fecundidad del suelo cambia y las minas varían en riqueza, toda materia y toda energía es potencialmente útil, dada la tecnología correcta". Tal principio ha propiciado una salida a las restricciones impuestas por la corteza terrestre, lo que ha contribuido al soporte conceptual y operativo a las distintas actividades económicas en el campo de los recursos no renovables generando una compleja estructura CAUSA-EFECTO que comprometen al modelo económico dominante con la insostenibilidad, al haber propiciado: contaminación creciente, aprovechamiento irracional de recursos y degradación de las bases productivas de los ecosistemas.

Los modelos simples de la economía y el ambiente indican que si los insumos de recursos no renovables son esenciales, entonces: el progreso técnico inadecuado y el libre acceso a los recursos ambientales, son los factores claves que producen INSOSTENIBILIDAD.

La intervención del Gobierno en la forma de subsidios para la conservación de recursos, e impuestos al agotamiento puede ejercer tanto para corregir el problema de libre acceso como para mejorar la sostenibilidad. Contrariamente, los subsidios o asignaciones por agotamiento de recursos, aparentemente van en contra de la sostenibilidad, pero mejorar la sostenibilidad por un agotamiento de recursos muy bajo también puede significar más bajos niveles de consumo y utilidad.

Estas consideraciones han motivado nuevos desarrollos de los análisis convencionales incorporando criterios de sostenibilidad.

### **Desarrollos Modernos de la Economía Neoclásica de los Recursos Naturales**

Los desarrollos modernos con criterios de sostenibilidad buscan establecer conexiones entre equidad intergeneracional y la teoría económica, maximizando el valor presente del bienestar futuro, lo cual se admite, en general, es confuso y complejo. Tales desarrollos surgen a principios de la década de los años setenta, motivados por:

—La crisis petrolera 1973-1974

—El "redescubrimiento" del modelo de Hotelling por Solow

(1974), que califica los recursos minerales como bienes tenencia competitivos,

—Los trabajos de Dasgupta y Heal (1979) sobre la naturaleza del equilibrio de mercado con agotamiento y equidad intergeneracional.

Posteriormente, los trabajos de Pindick, Livernois y Uhler, Swierzbinsky y Mendelsohn sobre extensiones al modelo de Hotelling, consistentes en estudios teóricos y empíricos, pretenden subsanar las eventuales fallas de la regla original, incorporando el concepto de reservas minerales heterogéneas y considerando la explotación.

Simultáneamente se han desarrollado algunas interpretaciones sobre el mantenimiento de niveles aceptables de bienestar, considerando la capacidad de sustituir otras formas de riqueza por capital natural, como las de Solow (1986), Víctor (1991), Alkinson y Pearce (1993) y la de Hartwick planteada desde 1978. Este último muestra en un modelo simple con tecnología Cobb-Douglas, población constante y una gran parte del producto nacional destinado a pagar los servicios del capital no depreciable y considerando que siempre es posible invertir exactamente la escasez de Hotelling por el uso de los recursos agotables que ta-

les inversiones resultan en un consumo constante en el tiempo.

Surgieron también algunas propuestas alternativas que incorporan como principio de análisis el equilibrio entre la materia y la energía, elaboradas por Boulding (1966), Georgescu R. (1971), y las que incorporan los principios de la economía ecológica, como las de Heilbroner (1974) y de las cuales son cultores importantes autores como Daly, Erlich, Naredo y Martínez Alier.

### **Análisis Económico de la Sostenibilidad**

El tema de la sostenibilidad está sobre la mesa en todas las discusiones sobre manejo de recursos naturales y ambientales y desarrollo económico. Sin embargo no hay una definición de texto sobre el concepto, por lo que es interpretado de diferente manera por economistas, ecológistas, biólogos, filósofos, etc. Aun entre los economistas, existen diferencias significativas de interpretación.

Uno de los objetivos centrales se refiere al bienestar de las futuras generaciones ante las presiones del crecimiento económico sobre el ambiente natural, que deberá proporcionar un rango de servicios en RECURSOS NO RENOVABLES, ABSORCIÓN

### **DE DESECHOS Y RESILIENCIA DE LOS SISTEMAS ECOLÓGICOS.**

Otro objetivo relacionado con el bienestar futuro es la capacidad del sistema económico de sustituir otras formas de riqueza por la disminución del capital natural.

Las conexiones entre equidad intergeneracional y teoría económica son confusas y sobre ellas se han desatado grandes debates: el esquema convencional es la maximización del valor presente del bienestar intergeneracional, utilizando el concepto amplio de Pareto como un criterio básico para la asignación intergeneracional de recursos.

Tal maximización se realiza sujeta a algunas formas de restricción intergeneracional. Por ejemplo:

—el criterio MAXIMIN de Rawls (1971), que maximiza el bienestar de al menos la siguiente generación

—el criterio MAXIMIN de Howarth (1992) que considera que el bienestar puede alcanzar una cadena de obligación intertemporal con generaciones más distantes.

—el criterio de Pezey (1989) que considera una restricción más flexible requiriendo únicamente que la utilidad no decrezca.

—y otros criterios que representan lo relacionado con las sostenibilidad ya no como una restricción, sino como propiedades de la misma función.

## Sustituibilidad de Recursos

El otro aspecto fundamental en la discusión de sostenibilidad se relaciona con la capacidad de sustituir otras formas de capital, por capital natural en orden a mantener la utilidad cuando este es agotado o degradado.

La evolución de los ambientes naturales podría interrumpir la provisión de servicios disponibles:

Si las posibilidades de sustitución son altas esta interrupción no es significativa (especialmente cuando la tasa de ahorro de la sociedad es suficientemente alta para producir curvas de bienestar sostenibles) y puede aplicarse la SOSTENIBILIDAD DÉBIL (preservación del capital agregado)

Si las posibilidades de sustitución son limitadas, la equidad intergeneracional implica la especial necesidad de salvaguardar el capital natural: SOSTENIBILIDAD FUERTE.

La meta de sustitución va más allá de sustituir el agotamiento de los recursos mineros y energéticos por cambio técnico (capital

humano y conocimiento) o por inversión (capital construido). También involucra la compensación a una capacidad disminuida del ambiente natural para la asimilación de desechos y el mantenimiento de los sistemas ecológicos y servicios paisajísticos.

Se observa entonces que casi todas las metodologías se basan en extensiones del modelo básico unisectorial de crecimiento en el que un recurso agotable es también un factor de producción junto con el trabajo y los servicios de capital.

## Criterios de Sostenibilidad

En resumen, los criterios de sostenibilidad son una extensión de la teoría económica convencional que incorpora conceptos tales como:

—Valor económico total en los análisis costo beneficio que incluye el valor de opción y el valor de no uso. El primero considera que los individuos que no usan un recurso hoy, pueden valorar la opción de usarlo en el futuro. El segundo, significa que se puede valorar algo así no se use ni se pretenda usarlo después. Esto brinda la posibilidad de trasladar recursos a las generaciones futuras (valor herencia: "bequest") y considera igualmente las preferencias públicas (valor de existen-

cia) que tienen motivaciones altruistas.

—Regla de capital natural constante (Turner y Pearce, 1990), en la que "la compensación requiere el paso a las generaciones futuras de un stock de recursos naturales no más pequeño que el que está en posesión de la generación actual." Reemplaza la regla de compensación potencial de Hicks y Kaldor (la cual establece que un proyecto es viable si los ganadores con determinado proyecto pueden en teoría compensar a los perdedores e incluso mejorarlos) por una regla que compensa el uso de fondos de capital natural creando cantidades iguales de capital natural.

Esta regla de compensación natural constante es obviamente más aplicable a los recursos renovables, que pueden regenerarse ellos mismos (los bosques, los peces) si se extraen por debajo de un nivel naturalmente determinado. En los recursos no renovables cualquier uso disminuye el stock y por lo tanto no puede ser compensado en la forma de remplazo idéntico de capital natural.

Entonces, ¿tendríamos que dejar el petróleo y el carbón sin tocar en el subsuelo? Obviamente no. Estas sustancias son parte vital de la economía mundial y

sin ellas será necesario un reordenamiento económico completo generando pérdidas masivas en el bienestar humano.

Los fundamentos teóricos del uso sostenible de recursos están en Page (1977) quien propuso el criterio de un índice de precios real constante para materiales vírgenes, lo que implica no deducciones por la acumulación de capital o progreso técnico utilizados en reducir la cantidad de materiales que se necesitan para producir una cantidad dada de producto económico. En contraste, Howe (1979) mira el mantenimiento de la productividad económica del total de la base de recursos, no de los stocks físicos de los recursos individuales o agregados.

Por último es importante anotar que la sustituibilidad dio origen a las definiciones estándar de: crecimiento sostenible como consumo no decreciente y de desarrollo sostenible como utilidad no decreciente.

### **El Caso de los Recursos no Renovables**

El estado actual de los principios e instrumentos de la economía para enfrentar el tema de los recursos naturales no renovables puede resumirse en esta cita de Solow (1986):

"Una sociedad que invierte en capital reproducible las rentas competitivas de la extracción de sus recursos agotables, disfrutará de un flujo constante de consumo en el tiempo (y así se consigue la equidad intergeneracional) ... es decir un stock de capital correctamente definido —incluyendo la dotación inicial de recursos— se mantiene intacto y el consumo puede interpretarse como el interés de ese patrimonio"

En este caso lo que la regla de capital natural constante significa es que son los servicios que el petróleo y el carbón ofrecen los que deben ser preservados para el futuro y no el líquido negro o el mineral negro en sí mismos. La compensación puede entonces tomar dos formas: una, inversiones para hallar nuevas fuentes de energía no renovables (hallando más reservas de petróleo, más minas de carbón y de uranio), la otra, invirtiendo en fuentes de energía sostenibles (la fuerza del viento, la de las olas, etc.).

Los modelos más utilizados para examinar la sostenibilidad en el tiempo en el contexto de los recursos no renovables son (Pezzey, 1992): sostenibilidad y tasa de descuento; dependencia combinada de sostenibilidad y ambiente; acumulación de capital con amenidad y productividad ambiental.

Para establecer el período óptimo de agotamiento de un recurso y la tasa de extracción que permita tal período óptimo, se asignan valores a los flujos de combustibles fósiles y de los otros minerales procedentes de los yacimientos, acudiendo al principio de Hotelling (1931) y sus extensiones

—Deseo marginal de pagar o costo del usuario y costo social (Scott, 1953): método exógeno

—Endogenización del costo del usuario (Fischer, 1981)

—Métodos con incorporación de reservas.

Para involucrar la contaminación y el deterioro ambiental con las funciones de utilidad de los consumidores y las funciones de producción de las compañías, se deducen precios monetarios a los recursos ambientales (para internalizar las externalidades), acudiendo a métodos de Pigou y Coase. Se confirma entonces que en el caso de los recursos no renovables, la economía ha generado instrumentos para el tratamiento de los aspectos básicos. Agotamiento-Valoración-Contaminación y Deterioro Ambiental.

## **Debilidades y Efectos del Tratamiento del Modelo Económico Dominante a los Recursos Naturales**

### *1. Agotamiento*

La regla de Hotelling y los métodos derivados, hacen intervenir el tipo de interés del dinero. Con ello se asume que el futuro será más próspero puesto que el interés sólo puede acumularse permanentemente cuando la economía crece. Se observa que si la tasa es cero se produce un ritmo lento de extracción, y existirá mayor generosidad con el futuro que con los sectores pobres de hoy. También es claro que la evolución de los precios conlleva gran incertidumbre en cuanto a la evolución tecnológica y demanda futura. Quizá la mayor dificultad de todo este enfoque de mercado sobre el agotamiento es que las preferencias y valoraciones no pueden ser expresadas por todos los agentes que van a participar en la asignación intergeneracional de recursos.

### *2. Valoración*

Se presenta gran disparidad entre los precios y el valor de los recursos cuando se aplican métodos de curva de demanda para determinar su valor cuantitativo. La economía se olvida de las ca-

racterísticas físicas de los bienes y tiene en cuenta sólo su precio.

Con los métodos llamados no curva de demanda hay el riesgo de subestimar el valor de un recurso los que puede implicar una gestión equivocada en su asignación intergeneracional y su manejo actual.

Los métodos costo-beneficio (aún extendidos y con restricciones de sostenibilidad) requieren poner los valores en una escala de medición común lo que no siempre es posible.

### *3. Contaminación*

La fijación de normas ambientales entraña gran dificultad para obtener patrones reales de calidad ambiental y para diseñar y aplicar procedimientos de control eficientes. Además todo esto puede generar corrupción y altos niveles de intermediación.

En cuanto a los instrumentos económicos, se ha comprobado la existencia de importantes sesgos en su aplicación y en muchos casos han propiciado la destrucción de valiosos recursos naturales renovables en diferentes sectores.

En ambos casos se presenta en general gran dificultad para su aplicación y escasa eficiencia.

para conducir al óptimo social que los modelos económicos pretenden determinar.

Si a estas características particulares sobre el tratamiento de los recursos no se agregan las que produce el modelo económico vigente en los aspectos de equidad y desarrollo vemos que el modelo convencional no solo adolece de debilidades internas sino que conduce inexorablemente a la NO SOSTENIBILIDAD y además se entiende el porqué de la existencia de los grandes conflictos entre:

- Generaciones presentes y futuras,
- Países del Norte y países del Sur
- Lo nacional y lo internacional
- Medio ambiente y crecimiento económico
- Medio ambiente y comercio internacional

Tales conflictos constituyen el más grande obstáculo y el mayor reto para un modelo alternativo de desarrollo.

En opinión de muchos, especialmente los cultores de un modelo de desarrollo sostenible, el enfoque neoclásico de los recursos naturales es totalmente inadecuado, los criterios de sosteni-

bilidad utilizados no son sino otra forma de amarrar el manejo de los servicios del patrimonio natural a los criterios convencionales de eficiencia económica, causantes de la gran crisis ambiental y de los conflictos en lo económico y en lo social que hemos enunciado. Recomiendan portanto plantear un modelo alternativo de desarrollo. Sin embargo advierten que hay otros obstáculos para la transición de la racionalidad económica dominante a una con sostenibilidad y equidad, interpuestos principalmente por: los paradigmas teóricos; los instrumentos convencionales; la debilidad conceptual y las dificultades operativas para la cuantificación del patrimonio natural, del patrimonio ecológico y los costos ambientales del desarrollo.

## 2. EL DESARROLLO SOSTENIBLE Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

Se tratará seguidamente de mostrar la pertinencia del desarrollo económico sostenible en la planeación y manejo de los recursos naturales no renovables, haciendo algunas consideraciones sobre la evolución del debate sobre el concepto y las discusiones que surgen acerca de su viabilidad.

## **Los Resultados de Investigaciones y Estudios Globales**

Las conclusiones y recomendaciones de una serie de estudios y conferencias de carácter global tales como los del "Club de Roma", el Informe Brundtland y los informes del Banco Mundial con su visión del mundo lleno, anuncian la no sostenibilidad del planeta en caso de seguir como vamos: agotando los recursos naturales y degradando el medio ambiente. Tales estudios predicen ya a muy corto plazo que el planeta alcanzará su frontera de desarrollo físico (en 100 años, MIT, 1992) y señalan la disyuntiva de elegir entre un futuro sostenible y el colapso global.

## **La Evidencia Empírica**

Los hechos evidentes sobre el funcionamiento del mundo de hoy, las estadísticas de Myers, Gaia Atlas, World Resources Institut, sobre el crecimiento de la economía humana y sus efectos en el agotamiento y degradación de los recursos, han obligado a los gobernantes y economistas a plantear modelos alternativos de desarrollo. A continuación se relacionarán algunos datos, con referencia al año 1995, extraídos de las fuentes mencionadas atrás, que nos muestran la gravedad de la situación. Aunque la

duración estimada de la provisión de ciertos minerales dadas las reservas remanentes conocidas y las tasas de consumo previstas es bastante corta (Pb, Zn y Hg: 25 años, petróleo 41, gas 58 y carbón, algo más de 200 años, la mayor crisis de recursos se da por el lado de los renovables, en los que a pesar de que el agotamiento no es inevitable sí está ocurriendo y en algunos caso muy rápidamente.

En cuanto al agotamiento de las fuentes y los vertederos, el análisis de la escala de la economía y su relación con el consumo de energía es muy indicativo: el 20% más rico de la población consume el 70% de la energía comercial; los países en desarrollo consumen el 17%, cifra que se duplicará para el 2020; se consumen en un año cerca de 9000 millones de toneladas equivalentes de petróleo, con una distribución por habitante completamente inequitativa: 7.88 en Norte América, 3.2 en Europa Occidental y 0.39 en Surasia; de la energía producida en el mundo, el 78% proviene de los llamados combustibles fósiles. 33% petróleo, 27% carbón y 18% gas natural. El 17% de fuentes renovables y el 5% de energía nuclear. Todo lo cual es el mejor ejemplo de que el mundo funciona de manera no sostenible; el transporte, uso y abuso de estas forma

de energía contribuyen con el 80% de los contaminantes vertidos a la atmósfera. Las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera suman hoy 350 ppm. Se predice que los niveles llegarán a 550-600 ppm a mediados del siglo XXI; debido al uso de combustibles fósiles y a la deforestación se liberan a la atmósfera cada año 7000 toneladas de carbono, y podríamos seguir enumerando cifras acerca de la contaminación, que en opinión de muchos es el fenómeno que está imponiendo los verdaderos límites al crecimiento económico; baste decir que cada año van al mar unas 20 mil millones de toneladas de desechos humanos, a la atmósfera un millón de CFC y otros gases que destruyen la capa de ozono y que los problemas asociados a la disposición de desechos sólidos y sustancias tóxicas son graves.

Pero como el modelo económico dominante hace énfasis en el crecimiento, no hay demasiados controles sobre el agotamiento y la distribución de los recursos y la contaminación.

A pesar de las anteriores evidencias y de las investigaciones mencionadas, la racionalidad económica vigente se resiste a realizar cambios fundamentales en el comportamiento del sector productivo y en los principios básicos del modelo de producción y consumo.

Uno de tales modelos es el de desarrollo económico sostenible propuesto como una alternativa viable para enfrentar la crisis ambiental a nivel local y planetario y como una garantía para que los países ricos en capital natural como Colombia mejoren su posición de acuerdo con las nuevas características que tendrían las relaciones económicas internacionales, dependientes cada vez en mayor grado de los recursos naturales, renovables y no renovables.

En términos de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), "el desarrollo sostenible es un proceso de mejoría económica y social que satisface las necesidades y valores de todos los grupos manteniendo las opciones futuras y conservando los recursos naturales y la diversidad". Es un concepto complejo que incorpora los conceptos de sostenibilidad ecológica, social, cultural y económica. Esta última exige que el desarrollo económico sea eficiente y equitativo dentro y entre generaciones.

La anterior concepción constituye un paso adelante respecto a la forma general que había sido acogida por la comisión Brundtland en 1987 en donde se decía simplemente que para ser sostenible el desarrollo debería satisfacer las necesidades actuales sin

poner en peligro la satisfacción de las futuras.

El concepto de desarrollo sostenible que continúa en formación y que se encuentra en el centro de la discusión, con numerosas interpretaciones, muchas de ellas conflictivas a la luz de los modelos económicos convencionales, pero en general se acepta que en él deben estar reflejadas las siguientes características:

—El planeta tierra, como epicentro de las actividades de la economía humana, es un sistema cerrado que dispone de recursos limitados.

—Deben atenderse las necesidades y expectativas, tanto de las generaciones presentes como de las futuras.

—La preservación de los ecosistemas como fuente del flujo de recursos naturales, es un imperativo que compromete a todos.

—Debe resolverse la relación problemática que se ha establecido entre las dinámicas de la actividad económica y las leyes que rigen los ecosistemas particulares. La relación conflictiva se presenta a raíz de la idea predominante de desarrollo económico, bien sea como objetivo en los países subdesarrollados o como ejercicio en los industrializados.

—El reconocimiento del impacto que las acciones locales

causan en el medio ambiente global, obliga a aceptar el papel protagónico de las comunidades locales en el logro de las metas de desarrollo económico sostenible, a la vez que convoca a la solidaridad internacional.

—Es un imperativo, la atención equitativa de las necesidades de la población, mediante el uso racional de la energía y de los recursos y el establecimiento de adecuados sistemas de control de la contaminación y disposición de los desechos.

—Exige el aumento persistente de la eficiencia, de tal manera que por cada unidad productiva se requiera cada vez menos insumos incluidos los recursos naturales.

—Debe enmarcarse en una nueva racionalidad económica y por lo tanto no deben omitirse los verdaderos costos de los recursos naturales puesto que son un mecanismo para innovar en el desarrollo de nuevos materiales, procesos, productos, métodos de comercialización y sistemas de precios.

—Se trata de un proceso continuo y de largo plazo, viable sólo si responde al interés de una proporción cada vez mayor de la población y la consolidación de una cultura de la sostenibilidad.

—Se necesita una autoridad mundial reconocida que coordine

las acciones internacionales, defina, precise y gestione los medios operativos y financieros y efectúe el seguimiento de las metas.

De las características anteriores se desprende que el desarrollo sostenible requiere que haya un cambio en los principios y paradigmas fundamentales del modelo económico vigente y del comportamiento humano en general y no solamente cambios metodológicos que incorporan algunas restricciones a sus metas de maximización.

### **Elementos de un Nuevo Modelo de Desarrollo Económico Sostenible**

No obstante que la consolidación de un proceso de cambio se prevé lejano, bajo una perspectiva económica heterodoxa de las características enunciadas en la sección anterior, se pueden identificar y extraer algunos elementos que necesariamente deberán estar presentes en la conformación de un modelo de desarrollo económico sostenible. Ellos son:

**Un Nuevo Concepto de la Tierra como Generadora del Flujo de los Recursos Naturales;**

**Un nuevo patrón de escasez y complementariedad de factores;**

**Una Nueva Forma de Contabilizar el Ingreso Nacional Neto;**

El fortalecimiento de las determinantes endógenas del desarrollo sostenible y de la capacidad de las comunidades locales en los procesos de decisión, y

**Un Sistema de Cooperación Empresarial para el Avance Tecnológico que Trascienda las Diferencias Culturales.**

Una serie de argumentos se señalan a continuación para cada elemento.

#### *—Un Nuevo Concepto de la Tierra como Generadora del Flujo de los Recursos Naturales*

La tierra es más que un factor de producción. Es una condición necesaria para toda actividad económica y para la vida misma, por tanto deberá caracterizarse por el espacio que representa y por los ecosistemas que contiene, que son los generadores de recursos explotables; esto lo hace un concepto más complejo y relevante que el tradicionalmente manejado por la teoría económica.

En la representación analítica convencional se deberá superar la contradicción que admite que la tierra, cuando incluye los recursos naturales, se aproxime a cero y no obstante la producción permanezca constante, siempre que el capital o el trabajo aumenten en una cantidad compensatoria.

Deberá resolverse igualmente la contradicción que surge cuan-

do se trata de medir los productos marginales del capital y el trabajo, manteniéndose constante el flujo de insumos de recursos naturales, ya que es imposible obtener un producto mayor aún se intensifique el uso de aquellos factores.

Tales inconsistencias sólo se resuelven con una nueva caracterización y tratamiento de la tierra en la función producción que incluya el flujo de los recursos naturales. Sólo así se reconocerá su papel como generadora de servicios ambientales que son indispensables para la vida y que no son producidos ni son objeto de transacción económica.

—*Un Nuevo Patrón de Escasez y Complementariedad de Factores*

El patrón de escasez ha estado determinado por el capital hecho por el hombre y por lo tanto el mercado le asigna a este un alto valor-precio, mientras que los recursos naturales, capital natural, han sido considerados como abundantes e incluso infinitos y en consecuencia de bajo valor o aún sin él. Pero con el advenimiento de la era del "mundo lleno" se ha evidenciado la escasez relativa de los recursos naturales con respecto al capital hecho por el hombre y en muchos casos la menor disponibilidad del capital

natural se ha convertido en una limitante para el uso del capital hecho por el hombre, lo que evidecia la complementariedad que existe entre ambas formas de capital.

El no haber modificado el patrón de escasez oportunamente ha generado una trampa que lleva a establecer criterios de inversión en formas tecnológicas de manera equivocada respecto de su rentabilidad en el mediano y en el largo plazo.

En general se puede afirmar que los sistemas de monetización de los recursos naturales, que no tienen incorporado el valor trabajo o costo de producirlos, y una fe ciega en el poder de la tecnología han incidido en que históricamente se acepte la sustituibilidad de este capital natural por el capital hecho por el hombre.

Se deberán por tanto incorporar propuestas como la de complementariedad de factores (Leontieff) o aquella que incluye el tiempo como variable explícita y que considera los desechos y degradaciones ocurridas en la calidad de flujos (Georgescu R.).

—*Una Nueva Forma de Contabilizar el Ingreso Nacional Neto*

Se deberán incorporar a las cuentas nacionales ajustes por depreciación del capital natural que lleven a una medida del in-

greso que por definición sea sostenible en el sentido Hicksiano, es decir un ingreso que garantece la conservación del bienestar. Como se pretende propiciar mejor calidad de vida, se ha propuesto descontar, además, partidas por conceptos de contaminación, disposición de desechos y otras variables asociadas al bienestar.

También será necesario diseñar sistemas contables que tiendan a reconocer que el planeta y sus ecosistemas particulares son, además de finitos, el único sustento de toda actividad, y que contribuyan a evitar su empobrecimiento por un consumo excesivo de los recursos naturales.

Existen ya nuevos indicadores se están abriendo paso entre los economistas en el mundo, como el IPG en USA que incluye más de 20 aspectos que el PIB omite y que pretende distinguir los costos y beneficios asociados al crecimiento, o como la nueva cuenta mundial del Banco Mundial, que considera indispensable la incorporación de sistemas de contabilidad ambiental.

*—El Fortalecimiento de las Determinantes Endógenas del Desarrollo Sostenible y de la Capacidad de las Comunidades Locales en los Procesos de Decisión*

Un modelo de desarrollo sostenible tendrá que considerar al

individuo como tal, pero también como miembro de las comunidades de todo tipo y tamaño y propiciar el desarrollo reconociendo que el bienestar de la comunidad constituye parte del bienestar de cada persona.

Esto es de vital importancia por la directa vinculación de las comunidades locales con los recursos naturales de su territorio y el efecto global (planetario) de las acciones locales, y lleva a situar las raíces de la sostenibilidad en el nivel local, del ecosistema de la comunidad del municipio.

En consecuencia se requiere avanzar en un proceso que muchos han denominado el empoderamiento de la sociedad civil o desarrollo social. Enrique Leff afirma: "Ante los retos de la globalidad y el desarrollo sostenible, está emergiendo el concepto de desarrollo social como un proceso compensatorio a las limitaciones del concepto de capital natural para internalizar las externalidades ambientales y detener el avance de la pobreza".

*—Un Sistema de Cooperación Empresarial para el Avance Tecnológico que Trascienda las Diferencias Culturales*

En cuanto al tratamiento mundial del cambio técnico para el beneficio equitativo de los países es necesario un sistema que convoque a divulgar y compartir el conocimiento sobre los

nuevos procesos productivos que reduzcan el uso de recursos, el consumo de energía y la magnitud y calidad de los efluentes.

El esquema a seguir podría ser similar a la propuesta del profesor H. Yoshikawa, conocida como Intelligent Manufacturing System, aplicada para la industria manufacturera en los países industrializados, en el cual mediante una asociación internacional de industria y academia y bajo la noción de una tecnología independiente de sociedad y cultura, se incremente la productividad global de la investigación tecnológica, compartiendo experiencias y resultados.

Tal estrategia puede ser asimilada por los países del Sur para extraer, valorizar, transformar su mayor riqueza: el capital natural. Sin embargo, no sobra advertir que la cooperación multilateral implica convergencia de intereses y necesidades para maximizar la prosperidad de la población mundial y minimizar las pérdidas globales desde la perspectiva de la sostenibilidad.

### **3. REPERCUSIONES DEL MODELO DE DESARROLLO ECONÓMICO SOSTENIBLE EN LAS GESTIÓN DE LOS RECURSOS MINEROS EN COLOMBIA**

En esta sección se analizarán las eventuales implicaciones o

repercusiones que en el caso colombiano tendría la búsqueda y consolidación de un modelo de desarrollo con los elementos de sostenibilidad propuestos en aspectos tales como valoración y agotamiento del patrimonio mineral, contaminación y deterioro ambiental producido por la extracción, manejo y utilización de minerales, comercio internacional y cambio técnico.

El desarrollo sostenible en Colombia está arraigado en la Constitución Política de 1991. En esta nueva normatividad jurídica hay 34 artículos referidos a lo ambiental, se establece el desarrollo sostenible como una responsabilidad del Estado y se da un apoyo a los procesos de participación comunitaria. Con base en estas normas constitucionales se dicta la Ley 99 de 1993, por medio de la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente y se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA), con lo cual se fortalece la dimensión ambiental y se procura la concertación multisectorial en la gestión y la planificación ambiental en el país.

Concretamente el artículo 80 de la Constitución Política establece que: el Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración y sustitución y que además, deberá

prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados; y la Ley 99 de 1993 señala que el desarrollo sostenible es el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para satisfacción de sus propias necesidades.

Por su parte el Código de Minas vigente, el Decreto Ley 2655 de 1988 en su artículo 1 indica que el código tiene como objetivos fomentar la exploración del territorio nacional ....; a facilitar su racional explotación; ....y a promover el desarrollo de las regiones donde se adelante.

En el proyecto de Código de Minas que actualmente cursa en el Congreso de la República se afianza la idea así:

"Este código tiene como objetivos fomentar la exploración del territorio nacional ....; a facilitar su racional explotación; ....y a promover el desarrollo de las regiones donde se adelante; y crear excedentes para la exportación; todo lo cual orientado por el principio de desarrollo humano sostenible".

De lo anterior se desprende que en el país es imperioso con-

siderar los principios del desarrollo sostenible en los análisis de gestión de los recursos no renovables. Caractericemos primero el manejo que actualmente se da a tales recursos:

### La Gestión Actual

Los recursos fósiles han sido manejados por el Estado. Las decisiones respecto a su extracción se han tomado generalmente con base en una estimación razonable de las reservas de cada yacimiento, pero omitiendo consideraciones más amplias. Los resultados observables son grandes desequilibrios entre: la oferta y la demanda de los recursos energéticos; las reservas de cada uno y la intensidad de su utilización; las cantidades exportadas y las que se consumen internamente y entre los ingresos por ventas y lo que se invierte en exploración e investigación.

Los recursos no combustibles están principalmente en manos privadas que en general realizan extracciones con muy poca consideración a la conservación de los yacimientos, la racionalidad en la utilización de otros insumos de capital natural y la protección del medio ambiente.

No obstante, cabría pensar que los criterios de optimización utilizados son un medio para acelerar la formación de capital, lo

que a su vez permitirá encontrar más yacimientos y explotar zonas de más alto costo, pero de todas maneras esta cadena llegará a su fin seguramente sin dejar durante su elaboración verdaderos efectos de bienestar y seguridad para las generaciones de hoy y agotando los recursos para las de mañana.

### *1. Fósiles*

Para los recursos fósiles se cuenta con reservas limitadas y con incrementos en la producción muy importantes. Las reservas actuales confrontadas con los niveles de producción anual contemplados para los próximos años en cada caso, dan una relación reservas-producción de más de 200 años para el carbón, 50 años para el gas y escasos 18 años para el petróleo, relaciones muy por debajo del promedio mundial en el caso de los hidrocarburos, lo que significa que no solo producimos más de los que tenemos menos, sino que nuestras reservas se están agotando a un mayor ritmo que las del resto del mundo, lo que es claramente no sostenible y en mayor medida si tenemos en cuenta la escasa inversión para el descubrimiento de reservas.

En este aspecto, el caso del petróleo es muy indicativo. En los últimos años en Colombia se han invertido en exploración un

7% de los ingresos por ventas de petróleo cada año, mientras que compañías multinacionales como Exxon, B.P. y Shell, dedican a la exploración en un año, por ejemplo 1991, el 11.6%, 10% y 9.5% de sus respectivos ingresos.

El énfasis en la gestión de los combustibles fósiles está puesto en la demanda externa: menos del 25% del total producido de carbón se consume internamente, y lo que es más grave, para el año 2000, de acuerdo con las metas oficiales, el consumo interno representará sólo el 17%. En el caso del petróleo, el porcentaje de exportación del total de la producción ha superado el 60% en los últimos años. Todo esto hace en extremo vulnerable al país en sus estrategias de desarrollo y autonomía de gestión.

### *2. No Combustibles*

La producción de los principales minerales no combustibles en Colombia proviene de una amplia gama de unidades de explotación que va desde minas grandes y tecnificadas como la de níquel de Cerro Matoso S.A., la primera productora de este metal en Sur América, la tercera a nivel latinoamericano que aporta el 12% de la producción mundial, hasta pequeñas unidades de explotación artesanales, inseguras, nocivas al medio ambiente, principalmente

productoras de oro, esmeraldas y materiales de construcción, lo que se constituye en otro desequilibrio importante que deberá ser disminuido mediante la aplicación de los criterios de asociación y cooperación tecnológica del modelo de desarrollo sostenible.

Los diferentes programas de exploración para este tipo de minerales no solo han contado con escaso presupuesto sino que no han tenido continuidad. Si a esta política estatal le agregamos que históricamente las empresas privadas no han realizado exploración sistemática y no hay gran inversión extranjera para minerales diferentes a hidrocarburos, se entiende porqué el país está muy lejos de los patrones mundiales en exploración, lo que reduce la posibilidad de encontrar depósitos de interés económico.

De acuerdo con cálculos recientes, las inversiones en explotación y desarrollo necesarias para mantener los niveles actuales de la producción minera mundial deberán ser del orden del 25% de la producción minera cada año y vemos que en Colombia las sumas dedicadas a estas actividades son insignificantes.

En cuanto a las exportaciones mineras es interesante señalar que se han venido incrementando notoriamente en los últimos años en casi todos los productos, a excepción de los metales preciosos y especialmente las de los recursos energéticos que repre-

sentan aproximadamente el 75% del total. No obstante, lo más destacable de la gestión de los recursos mineros no son las cifras de exportaciones, sino que si se las compara con las cifras de producción se evidencia la enorme dependencia de la minería colombiana de la demanda externa, lo que cuestiona la validez de la exportación de minerales como estrategia de desarrollo interno por el débil impacto económico que a veces se obtiene de las operaciones mineras dedicadas en su mayor parte al mercado externo y por lo tanto con muy bajos valor agregado y valor retenido en el país con un precario abastecimiento de las necesidades domésticas que permanecen con muy bajos índices de crecimiento en casi todos los productos minerales que se extraen en Colombia.

En general los ingresos por las exportaciones de bienes en el país han crecido substancialmente en los últimos años principalmente debido a los incrementos de petróleo, carbón, níquel y productos no tradicionales pero ha sido mucho más importante el crecimiento de las importaciones conformadas principalmente por bienes intermedios (29%) y bienes de consumo (15.7%). Los bienes de capital y equipo de transporte sólo representan el 5.9%. Estas cifras arrojan un déficit progresivo en la balanza comercial de bienes desde el año 1993.

Como consecuencia de la importante demanda externa de minerales, el poco aumento de las exportaciones de manufacturas y productos de otros sectores económicos, la participación del sector minero ha adquirido un peso significativo (el 36.4% en 1995) del total de las exportaciones y su continuo incremento se ha convertido en un objetivo fundamental de política económica. El análisis de la situación de la balanza comercial nos explica en cierta medida porqué se pretende alcanzar en el corto plazo metas tales como producir 482 millones de petróleo al año para 1998, equivalentes a una producción diaria de un millón trescientos veinte mil barriles, y exportar anualmente 33 millones de toneladas de carbón para el año 2000, lo que va a representar el 10% del mercado internacional de este mineral. Tal situación va a requerir la construcción acelerada de la infraestructura de transporte y embarque necesaria, lo que va a generar importantes efectos ambientales y en materia de petróleo va a poner en peligro el autosuministro nacional. Además, tales magnitudes entrañan mayor dificultad para sostener los niveles de producción alcanzados y por consiguiente llevan al agotamiento acelerado de los yacimientos.

Como consecuencia del panorama descrito surge entonces la hipótesis de trabajo que habíamos anunciado entonces ¿cómo

aplicar estrategias de desarrollo a la oferta de minerales esenciales y a la necesidad de minimizar el impacto ambiental de su producción?

Enunciaremos primero las acciones que hará que emprender en aspectos de valoración. Será necesario proceder a la valoración sistemática de los yacimientos, a establecer sus valores financiero, público y social para efectos de fundamentar correcta y objetivamente los procesos de contratación, privatización, fijación e inversión de las regalías.

En aspectos de agotamiento, la selección de tasas óptimas de producción: una de las mayores exigencias de un modelo de desarrollo sostenible solo puede tratarse a partir de una rigurosa modelización geológica y teniendo en cuenta criterios de equilibrio y sostenibilidad

## Valoración

"Aunque los minerales presentan precios observables, estos no reflejan adecuadamente las implicaciones de su carácter de recursos agotables. En la mayoría de los recursos ambientales y los correspondientes recursos que los proveen, el problema de valoración es aún más difícil de resolver."

Existen métodos de valoración pero se advierte que los resultados son variables y dependientes

de un sin número de factores. El conocimiento de la dotación mineral en nuestro territorio es bastante exiguo.

En Colombia, para la valoración sistemática de los yacimientos de deberá tener en cuenta, además de los insumos necesarios de otros recursos naturales como maderas, combustibles, energía y metales, una medida del impacto ambiental que ocasionan.

Un ejemplo a seguir en este propósito es la metodología diseñada y aplicada para algunos minerales en España para establecer la dotación minera de un país )P. Rauthier, 1980):

- Cálculo de la dotación mineral
- Cálculo de las reservas disponibles a la fecha
- Estimación de la superficie ocupada por el dominio minero
- Cuantificación de los consumos adicionales de recursos naturales
- Estimación de volúmenes de contenidos de desechos
- Estimación de volúmenes de contenidos de depósitos de estériles
- Estudio de los materiales de sustitución
- Estudio y cuantificación de recuperación y reciclado.

Quizá la mayor dificultad para la aplicación en Colombia de una metodología como está, es que el conocimiento sobre la dotación minera de nuestro territorio es bastante precario, pero así sea mediante la utilización de métodos aproximados e indirectos de cálculo, el país requiere de un avalúo de su yacimientos y no solamente porque el desarrollo sostenible exige el conocimiento del patrimonio natural de la Nación, sino también puesto que es a partir de los valores así estimados que se deben fijar las condiciones de contratación con los particulares que los exploten, los precios de venta al sector privado de las propiedades mineras del Estado, el nivel de los impuestos y otras participaciones económicas, y especialmente el monto de las regalías que debe percibir el Estado por la explotación de los minerales.

En el siguiente listado se muestran los porcentajes que se aplican en el país para el cálculo de las regalías:

- hidrocarburos: 20%
- carbón: explotación mayor de 3 M. toneladas anuales: 10%
- carbón: explotación menor de 3 M. toneladas anuales: 5%
- níquel: 12%
- hierro y cobre: 5%
- oro y plata: 4%
- oro de aluvión en contratos de concesión: 6%

- platino: 5%
- sal: 12%
- calizas, yesos, arcillas y gravas: 1%.
- minerales radiactivos: 10%
- minerales metálicos: 5%
- minerales no metálicos: 3%
- piedras preciosas: 1.5% del valor del material explotado o del 4% cuando son explotadas por fuera de las concesiones del Estado
- otros minerales: 3%.

Es oportuno anotar como se aprecia en el cuadro que la ley no grava con un mismo porcentaje la extracción de los distintos minerales sino que fija para cada uno participaciones distintas, con la argumentación de haber incorporado así una dependencia de la rentabilidad de la operación, lo que en la práctica no se cumple, correspondiendo la determinación de tales porcentajes a consideraciones de política regional y a una clara intención de aproximarse a lo que se venía aplicando bajo la denominación de impuestos específicos e impuestos de industria y comercio a la explotación de ciertos minerales.

Estos porcentajes se aplican a los precios base en boca de mina o de pozo que determina el Ministerio de Minas y Energía para obtener el monto de las regalías. Tal determinación es también

bastante arbitraria, así como lo es la distribución y la inversión final de los recaudos.

En general toda la metodología no garantiza un valor fundamentado y justo de las regalías que debe percibir el Estado como administrador de los recursos minerales para beneficio de su verdadero propietario: la comunidad.

Se deberán aplicar entonces metodologías existentes que conduzcan a ese valor justo que sea un fiel reflejo de la bondad económica de cada yacimiento y que sin desestimular la actividad minera compense a los ciudadanos por la explotación de los recursos agotables. Por lo tanto para los efectos de la administración pública es necesario descriminar el valor social de un yacimiento en sus valores comercial y público.

Un modelo de desarrollo sostenible implicará revisar los patrones de inversión de regalías actualmente utilizados y modificarlos pretendiendo mayores sostenibilidad y equidad intra e intergeneracional.

## Agotamiento

Los instrumentos utilizados para intervenir en el ritmo de agotamiento de los recursos no renovables (Pezzey 1992), son los siguientes:

- a. Subsidios para no explotar un recurso o hacerlo muy lenta-

mente; lo cual parece meramente teórico.

b. Impuestos para que el minero se vea obligado a extraer a menor ritmo;

Impuesto a la producción: lo que hace que inicialmente disminuya la producción y luego suba a niveles más altos que cuando no existe el impuesto.

Si se incorporan los conceptos de agotamiento o extracción incompleta, un impuesto para reducir la extracción acumulada tendría como efecto elevar el teor límite de la explotación, incrementar del margen de reservas no explotadas, con lo cual no se disminuye la cantidad extraída.

Igualmente un Impuesto a la propiedad; (aplicado al valor de los derechos mineros), como el canon superficiario existente en Colombia, tendría el efecto de reducir la exploración y acelerar el agotamiento porque los productores buscarían reducir sus compromisos de impuestos. (Deacon, 1993).

c. Subsidios para buscar reservas compensatorias, como la exoneración fiscal llamada asignación o deducción por agotamiento; muy útil para un país en el que no se hace suficiente exploración, pues la falta de información adecuada conduce no sólo a la pérdida de minerales sino a daños ambientales de consideración al explotar zonas no suficientemente conocidas y evaluadas.

La existencia de asignaciones por agotamiento juega un papel importante en el desarrollo de los recursos minerales, porque proporciona a los propietarios-operadores, relativamente a ningún costo, fuentes internas de financiación para futuras inversiones en exploración e investigación minera. La validez misma del concepto de asignación por agotamiento, lo mismo que la de la forma de determinación de las tasas a deducir, se ha atacado frecuentemente.

Los principales argumentos a favor son:

—Si existen leyes para gravar los ingresos, el concepto de no taxación del capital, justifica la existencia de una deducción tributaria por el agotamiento del capital natural.

—Las asignaciones por agotamiento son un atractivo para los inversionistas en actividades de riesgo, como la exploración y el desarrollo de los recursos minerales y ayudan a asegurar un adecuado suministro de minerales, lo que se considera esencial para la economía de un país y para el bienestar de su población.

## Contaminación y Deterioro Ambiental

Se ha identificado que la inoperancia de la estructura legal y administrativa del Estado en materia ambiental ha sido una de las

**principales causas para la generación de áreas críticas de impacto ambiental negativo generado por la actividad minera.** Un nuevo modelo con los elementos de sostenibilidad propuestos impulsará un desarrollo efectivo de los mandatos de la Constitución de 1991 sobre un medio ambiente sano y participación comunitaria.

Sin duda es en este aspecto que un modelo de desarrollo sostenible va a adquirir su mayor dificultad y una gran sensibilidad dado que: la actividad minera genera grandes riesgos de deterioro ambiental pero los minerales son imprescindibles para el mejoramiento de la calidad de vida de la población y se puede afirmar que han sido el material físico más importante para el desarrollo de la civilización industrial.

Por lo tanto, conservar el equilibrio en este caso obligará a contabilizar correctamente los insumos para la actividad minera (agua, madera, combustibles, usos alternativos del suelo), medir el impacto ambiental que ocasionan las actividades de extracción como la degradación de terrenos y las características de los desechos. Para completar este análisis se deben tener en cuenta además las posibilidades de sustitución de los minerales en la fabricación de bienes y las capacidades de reciclado industrial.

Es necesario advertir que llevar a cabo los estudios y cuentas señalados encierra grandes dificultades principalmente debido al desconocimiento de los procesos de acumulación anómala de minerales, a la imprecisión en las medidas de cantidades y calidades y al poco conocimiento de los efectos ambientales a largo plazo.

Un modelo de desarrollo sostenible lleva implícita la necesidad de un manejo ambiental en las actividades mineras que parte de la célula del proceso productivo, en el que los miembros de las comunidades en donde se realicen los proyectos obtengan beneficios económicos de la actividad extractiva y ejerzan la responsabilidad de hacerla compatible con el ambiente. Para ello la comunidad requiere de toda la información sobre los minerales que ocurren en su territorio y sobre los proyectos que en este se ejecuten en términos de empleo para sus miembros, ingresos locales por concepto de impuestos, regalías y otras contraprestaciones económicas, de alternativas para generar otros ingresos que reviertan a los agentes económicos locales, de la relación de cada proyecto con la superficie, el aire, el agua y los usos alternativos del suelo y poder así contribuir con las empresas y entidades involucradas en la conservación del proceso productivo, apli-

cando los mecanismos que lleven a la racionalidad de la explotación y al incremento de las reservas minerales mediante explotación y la readecuación para usos económicos alternativos de las áreas trabajadas, de acuerdo con las directrices sobre la preservación de los ecosistemas particulares.

Este planteamiento está basado en la Constitución Política que al colocar el ambiente sano como derecho colectivo, responsabilizó a las comunidades de salvaguardarlo y hacerlo respetar, oponiéndose si es del caso, al propio Estado y también a los particulares que pueden afectarlo. En este sentido cabe anotar que en la actividad minera eventualmente se crean grandes centros de poder refractarios a los derechos fundamentales de la participación ciudadana y el disfrute de los recursos ambientales.

## CONCLUSIONES

### Sobre Valoración y Agotamiento

La valoración sistemática de los yacimientos minerales es necesaria si se quiere conocer el patrimonio natural de la Nación, y a pesar de las dificultades, existen metodologías para llevarla a efecto de tal manera que sus resultados, así sean aproximados,

sirvan de apoyo al Estado en los procesos de: fijación de las condiciones de contratación con los particulares que exploten minas, privatización de sus participaciones en las empresas mineras y determinación de impuestos y regalías. Estas últimas deben calcular de manera objetiva y justa y no en la forma arbitraria y poco fundamentada que se utiliza en la actualidad.

Los patrones de inversión de las regalías deberán encauzarse hacia el mejoramiento de la calidad de vida de los colombianos y no a remediar los daños causados al ambiente por las explotaciones mineras puesto que esto debe estar internalizado en los costos privados de los procesos de extracción.

Las deducciones por agotamiento con el fin de aumentar las inversiones en exploración y evaluación de yacimientos minerales, con fuerte vigilancia del Estado en su aplicación, se constituyen en un instrumento eficiente para intervenir en el ritmo de agotamiento mediante la incorporación de nuevas reservas y búsqueda de sustitutos y por lo tanto para preservar los servicios que los recursos no renovables brindan a la humanidad. Por lo tanto, se consideran el mejor medio que un país como Colombia, potencialmente rico en minerales y que requiere de su extracción para su desarrollo actual, puede utilizar para legar recursos a las futuras generaciones.

## **Sobre Contaminación y Deterioro Ambiental**

En el caso particular de la contaminación y el deterioro ambiental producido por la minería, además de aplicar debidamente las reglas protecciónistas que hoy existen y de tratar de remediar el daño ya causado, se requiere entender que esto sólo no basta para resolver los problemas ecológicos asociados a esta actividad. Es necesario un cambio de percepción de los alcances de las normas y su viabilidad con referencia a los eventuales trastornos de su aplicación en términos de supresión de puestos de trabajo, interrupción en el suministro de insumos minerales para los procesos industriales e incumplimiento de contratos de aprovisionamiento a los mercados internacionales. La gradualidad y la autorregulación surgen entonces como instrumentos complementarios a los de comando y control para avanzar en la disminución de los problemas ambientales de la minería, gracias a que las compañías mineras se están convenciendo cada vez en mayor grado de la necesidad de la protección del medio ambiente.

Tal circunstancia es el primer paso para concebir la solución a los problemas ecológicos no como una obligación impuesta por la ley sino como una convicción prioritaria frente al objetivo tradicional de maximizar el benefi-

cio económico de sus inversiones, para adoptar estilos de administración participativos en el que los intereses de las comunidades de las regiones donde tienen asiento sus operaciones sean tenidos en cuenta y para inducir el cambio técnico que compatible su actividad con el medio ambiente.

La mejor manera para disminuir los perjuicios e impactos ambientales negativos producidos por las actividades mineras, es realizarlas con perfecto conocimiento de los riesgos potenciales y de la forma de reducirlos siguiendo una guía correcta de diseño y planeamiento para cada operación.

## **Sobre Comercio Internacional**

Si bien no podemos dejar de exportar recursos naturales, puesto que el modelo económico vigente ha creado una fuerte dependencia del comercio internacional para el funcionamiento de la economía en todos los países, si se puede reducir esta dependencia diversificando la oferta, incorporando valor agregado a las materias primas antes de exportarlas, basando las decisiones sobre productos y cantidades de comercio en las ventajas absolutas del país y utilizando además criterios como el de mercados balanceados, por ejemplo, lo que implica más intercambios físicos, menos

monetarios y lo que a su vez significa más complementariedad y menos sustituibilidad; todo ello consecuente con el modelo de desarrollo económico sostenible propuesto. Esta estrategia puede también contribuir a disminuir la competencia a muerte que genera la globalización y el libre comercio, fuente de desequilibrio e inequidades en todo el mundo.

Para equilibrar la balanza comercial no necesariamente se debe continuar la presión exportadora de recursos naturales en general y de sustancias minerales en particular. Para ello es viable trabajar en la disminución de las importaciones y orientar los esfuerzos hacia el mejoramiento de los términos de intercambio a través de la reducción de los costos de producción y de la armonización de acciones internacionales tendientes a que los países consumidores contribuyan a cubrir los costos ecológicos y sociales de su extracción, manejo y transporte a los mercados internacionales.

## Sobre Cambio Técnico

Aunque el conjunto de las consideraciones analizadas en este trabajo nos indica que se requiere mucho más que tecnología para alcanzar una mejor calidad de vida, es necesario inducir el cambio técnico para cumplir objetivos de productividad ecológica y competitividad sostenible mediante la aplicación de sistemas de cooperación internacional para la transferencia de tecnologías limpias y energéticamente eficientes, y a través de programas de desarrollo interno de la capacidad de investigar en áreas técnicas y económicas de interés nacional y de asimilar, adoptar y difundir tecnologías que optimicen la búsqueda y aprovechamiento de los recursos no renovables. Los flujos de inversión extranjera en el sector minero no sólo deben impulsar el crecimiento económico sino principalmente atraer tecnologías para el desarrollo sostenible.

## BIBLIOGRAFÍA

AZCÁRATE M. J.E., Introducción a la metodología de la investigación minera. Valoración minera de un yacimiento. Madrid, 1982, ADOSA, Cap. 11. pp 183-211.

AZQUETA O., Diego y FERREIRO, A. Análisis económico y gestión de recursos naturales. Alianza Editorial, Madrid, 1994.

- BARLOWE, Raleigh. Land resource economics: The economics of real estate. Michigan State University. New Jersey, 1986.
- BROMLEY, Daniel W., (Ed.). The handbook of environmental economics. Blackwell, Oxford U.K. and Cambridge U.S.A. 1995.
- CHRISTENSEN, Paul P. Historial roots for ecological economics biophysical versus allocative approaches. *Ecological Economics*, 1989, pp. 17-36. Elsevier Science Publishers B.V.
- COOK, Earl. Límites de la explotación de los recursos no renovables. *Science* Vol. 191, 1986. pp 93-109 de Economía, ecología y ética, 1989.
- DALY, Herman E. (Compilador). Economía, ecología y ética. *Ensayos hacia una economía en estado estacionario*. Fondo de Cultura Económica, México, D.F. 1989.
- DORFMAN, R. y Nancy, S. Economics of the environment. Selected readings. W.W. Norton & Company. New York, London, 1993.
- MARTINEZ ALIER, Joan; SCHLÜP MANN, Klaus. La ecología y la economía. Fondo de Cultura Económica. México, 1991.
- MARTÍNEZ ALIER, Joan. Curso básico de economía ecológica. PNUMA. México. 1995.
- NAREDO, José Manuel y PARRA, Fernando. Hacia una Ciencia de los Recursos Naturales. Ed. Siglo XXI, Madrid, España. 1993.
- PEARCE, D. y ATKINSON, G. Measuring sustainable development. cap. 8 pp. 166-181 de Bromley, Daniel W. (Ed.) UK, USA, 1995.
- PEZZEY, John. Sustainable development concepts: an economic analysis. World Bank environment paper No. 2. Washington, D.C. 1992.
- POSADA, L.G. y VARGAS, E.; Desarrollo Sostenible, relaciones internacionales y recursos minero-energéticos. Universidad Nacional de Colombia, Santa Fe de Bogotá. D.C. 1997.
- RANDALL, Alan, Economía de los Recursos Naturales y Política Ambiental. Editorial Limusa. México 1985.
- ROMERO, Carlos. Economía de los Recursos Ambientales y Naturales. Alianza Editorial, Madrid, 1994.
- SOLOW, Robert. Sustainability: an economist's perspective, en *Economics of the environment*, by Dorfman & Dorfman (Ed.) 1933, pp. 179-187.
- TOMAN, M. y WALLS, M. Nonrenewable resource supply: theory and practice. cap. 9, pp 182-201. de Bromley, Daniel W. (Ed.) UK, USA, 1995.
- TURNER, K.; PEARCE, D; y BATEMAN, I. Environmental economics. The John Hopkins University Press. Baltimore, 1993.

\* Ponencia presentada en el Seminario Economía y Medio Ambiente, Universidad Nacional de Colombia, Sede de Medellín, julio 29 y 30 de 1997

\*\* Profesor Asociado de La Universidad Nacional de Colombia Seminario Economía y Medio Ambiente, Medellín, 29 y 30 de junio de 1997.