

Aproximación a la valoración económica de los recursos carboníferos de Colombia

Giovanni Franco Sepúlveda*

Resumen

En este trabajo se propone realizar una aproximación a la valoración económica de los recursos carboníferos de Colombia, procurando tener como marco teórico los métodos tradicionales de valoración de recursos minerales tales como el de valor presente neto; el modelo de Hoskold; el modelo de Morkill y el modelo de flujo de caja descontado. Asimismo, se realiza una propuesta metodológica para llevar a cabo una aproximación a la valoración económica de los recursos carboníferos de Colombia. Esta propuesta metodológica se analiza mediante la simulación de tres escenarios posibles (optimista, normal y pesimista) para la extracción de los yacimientos de carbón del país, dadas unas condiciones de orden técnico y financiero, propias de este tipo de recursos.

Palabras claves: Carbón, Colombia, Economía, Minería y Valoración.

Clasificación JEL: Q30, Q51, Q56

Ingeniero de Minas y Magíster en Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Colombia.

*giovannifrancos@gmail.com

Abstract

This work it intends to be carried out an approach to the economic valuation of the carboniferous resources of Colombia, adopting traditional theoretical methods of valuation of such mineral resources like net present value; the pattern of Hoskold; the pattern of Morkill and the pattern of discounted box flow. Also, it is carried out a methodological proposal to carry out an approach to the economic valuation of the carboniferous resources of Colombia. This methodological proposal is analyzed by means of the simulation of three possible scenarios (optimist, normal and pessimist) for the extraction of the locations of coal of the country, given some conditions of technical and financial order, characteristic of this type of resources.

Key words: Coal, Colombia, Economy, Mining and Valuation.

JEL Classification: Q30, Q51, Q56

Introducción

El tópico principal del presente trabajo se centra en la gestión de los recursos minerales mediante una aproximación a la valoración económica de los recursos carboníferos de Colombia. Constitucionalmente el Estado colombiano es propietario del Subsuelo y de los Recursos Naturales no Renovables (Constitución Política Nacional, 1991), y es él por medio de sus entidades adscritas o vinculadas el encargado de la adecuada planificación, regulación y control de estos recursos. No obstante, se carece de una metodología que permita determinar el valor de los recursos no renovables y resulta difícil realizar una adecuada planeación, regulación y control sino se conoce aproximadamente su valor. De ahí que es importante definir una aproximación para acometer la valoración sistemática de los recursos minerales en Colombia, por ejemplo, de los recursos energéticos, dada su importancia estratégica dentro del contexto tanto nacional como internacional.

La Constitución de la República de Colombia de 1991, definió inicialmente tres artículos relacionados con los recursos del subsuelo. El primero, es el Artículo 8, "es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la

Aproximación a la valoración económica...

Nación". El segundo, es el Artículo 80, "el Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución". Por último, el Artículo 332, "el Estado es propietario del subsuelo y de los recursos naturales no renovables, sin perjuicio de los derechos adquiridos y perfeccionados con arreglo a las leyes preexistentes" (Constitución Política Nacional, 1991). La discusión sobre la propiedad de los recursos del subsuelo en Colombia, es una discusión que apenas comienza a ser debatida en algunos espacios académicos y que deberá ser tenida en cuenta en todas las esferas políticas y de toma de decisiones de la Nación y el Estado colombiano.

Se hace necesario realizar una aproximación a la valoración económica de los recursos carboníferos de Colombia como una herramienta de gestión - planeación, regulación y control - de los recursos naturales no renovables, que en el largo plazo pueda ser aplicada con el fin insertar estos recursos en los procesos de cuentas nacionales. Se perciben ciertas lagunas metodológicas y de información en algunas de las entidades encargadas de realizar estas funciones constitucionales, generando como consecuencia que la información sobre los recursos minerales - y en general los recursos naturales - no se encuentre disponible en sistemas coherentemente relacionados, es difícil por no decir que imposible, que esta información pueda ser tenida en cuenta como un elemento básico sobre la toma de decisiones relacionada con los recursos minerales de Colombia.

En este trabajo se presentan fundamentalmente dos aportes significativos. Un aporte desde lo teórico, conceptual y metodológico y al mismo tiempo un aporte práctico y técnico.

1. Aproximación a la valoración de yacimientos minerales

Como se había planteado anteriormente, el objetivo general de este trabajo es realizar una aproximación a la valoración económica de los recursos minerales de Colombia. Teniendo presente que el país requiere definir una aproximación para la valoración económica de sus recursos minerales como una herramienta de gestión - planeación, regulación y control - de los

recursos naturales no renovables, que pueda ser aplicada en el largo plazo, con miras a insertar estos recursos en los procesos de cuentas nacionales. A continuación se describen algunos elementos que permitirán realizar un acercamiento al propósito general de este trabajo.

Tomando como criterio el informe Brundtland sobre el uso de recursos no renovables, la tasa de agotamiento, el énfasis en el reciclaje y la economía del uso, deberían graduarse de manera que se asegure que un recurso de ese tipo no se agote antes de hallarse un sucedáneo aceptable. El desarrollo sostenible requiere que la tasa de agotamiento de los recursos no renovables excluya el menor número posible de opciones futuras. Ante esta situación, los países industrializados enfatizan la investigación en tecnologías de los energéticos y los países en desarrollo tratan, con precario éxito, de prolongar la vida útil de sus reservas de combustibles fósiles para que no sólo les permitan proveerse de otros minerales presentes en su territorio, sino también sacar provecho de las necesidades de los otros países en el comercio internacional. Es en este contexto (Naredo, 1993) que el mercado deja de ser el medio que garantiza el "óptimo" económico para convertirse en un instrumento en la toma de decisiones que tiendan al logro de objetivos socialmente acordados.

Para realizar la cuantificación de los recursos minerales se han desarrollado métodos de cálculo, como por ejemplo, la deducción del valor del yacimiento a partir del valor presente de sus futuros beneficios, lo que implica descontar los precios futuros de los minerales o recurrir a tratamientos de valoración con criterios de sostenibilidad como la Regla de Capital Natural Constante (Turner y Pearce, 1995), pero cada vez es más necesario conectar estos métodos de valoración, producto de la economía tradicional, con el conocimiento físico de los recursos y los impactos a valorar, lo que requiere entonces de información sobre sus dotaciones y características que pueden suministrar los métodos de inventario y modelización, diseñados y aplicados desde la lógica de los procesos físicos de formación de los recursos y de los impactos causados por su extracción. Estos dos aspectos de la valoración: el mercantil y el que involucra el conocimiento físico de la corteza terrestre y de la "biosfera", en general, deberán complementarse para "lograr resultados prácticos de interés a escala social"

Aproximación a la valoración económica...

(Naredo, 1993) y tratar de resolver las contradicciones entre los objetivos parciales y de corto plazo de las empresas privadas y aquellos más amplios y de largo plazo que exige el mantenimiento de los procesos productivos y la conservación del medio ambiente.

Se sostiene que: "Aunque en el caso de algunos recursos naturales, como los minerales, el petróleo o la tierra misma, existen mercados organizados y por tanto precios observables de los mismos, estos no reflejan adecuadamente las implicaciones de su carácter de recursos agotables (Sánchez, 2001). Para la mayoría de los servicios ambientales y los correspondientes recursos que los proveen el problema de valoración es aún más difícil de resolver". Por lo tanto, el valor de un yacimiento mineral, así sea deducido de los futuros precios de mercado lleva implícito dentro de si muchas variables, por ejemplo:

- a. La variabilidad y la dependencia de las propiedades geológicas y mineralógicas del yacimiento y de las características naturales propias del medio donde él ocurre.
- b. Es también un reflejo de las condiciones de infraestructura física y minera de la región y el país.
- c. El marco económico general.
- d. El nivel de las tecnologías disponibles.
- e. La ubicación geográfica respecto a los mercados, y por último,
- f. Las dificultades e incertidumbres propias de la demanda.

Las variables anteriores son de gran influencia en la determinación del valor comercial de las empresas mineras y de gran actualidad y aplicación en Colombia.

Por otro lado, se presenta el siguiente enfoque para la valoración de los yacimientos minerales: "El origen de toda la riqueza producida hay que situarlo en el maridaje fructífero del criadero geológico con los medios (de trabajo, financieros y técnicos), movilizados para la extracción, beneficio y comercialización del mineral" (Azcárate, 1982). En esta perspectiva, él explicita que las explotaciones mineras producen beneficios directos para tres agentes principales:

- a. El inversionista y el operador de la mina.
- b. El titular de los derechos mineros por concepto de renta (una especie de pago por el derecho de acceso al recurso).
- c. El Estado a través de tasas, contribuciones, impuestos en su función de asignación de recursos y distribución de riqueza, y por supuesto, las regalías, que en el caso colombiano tienen una especial connotación.

En este contexto, en su función productiva, el yacimiento mineral y los medios de trabajo actúan cada uno como sumas de capital rentable, cuya evaluación es factible a partir de los intereses que generan.

Una vez conocidos o previstos los resultados en conjunto para ambas sumas (yacimientos e instalaciones minerales) se deducen los resultados correspondientes a la segunda (instalaciones minerales), fáciles de calcular, obteniéndose así los beneficios que provienen del yacimiento. El valor deducido es variable y dependiente de las propiedades del yacimiento, de las características propias del medio donde él ocurre y del momento en el cual se realiza el análisis.

Existe otro orden de factores, que tocan los aspectos técnico y empresarial, que influyen en la valoración de un yacimiento puesto que de ellos depende el éxito del proyecto minero en él establecido ellos son:

- a. Conocimiento aproximado de la categorización de las reservas.
- b. Extracción anual acorde con los niveles de la capacidad instalada.
- c. Esquemas sostenibles de extracción y beneficio mineral.
- d. Plataforma de cargas crediticias.

En conclusión, la valoración de un yacimiento mineral implica la consideración de los futuros beneficios, ya que como los de cualquier otro tipo de negocio se tratan como una diferencia de ingresos totales y costos totales, los que deben ser previstos y calculados año por año durante la vida útil de la explotación. Por lo anterior, con el valor global del yacimiento, normalmente se

fijan las condiciones para una futura negociación, transmisión de derechos, reparto de beneficios, entre otros.

1.1 Definición de variables

De manera esquemática se va a mostrar la metodología (Azcárate, 1982) para determinar el valor comercial de un yacimiento mineral (V_y).

Las ganancias de una empresa minera provienen, en cuanto a inversiones productivas se refiere, de la suma de la inversión total, I , y del V_y , en este sentido, ambos en consecuencia participan de los resultados o flujos de caja anuales, F , cuya expresión general es:

$$F = E - \sum C - T - J \quad (1)$$

En donde:

E: ingresos por ventas en el año

C: costos: costos de operación + costos generales

T: impuestos

J: inversión (reinversión)

Se tiene que el valor presente del flujo de caja para el año i ésimo es:

$$F_i(1 + p)^{n-i} \quad (2)$$

Siendo p la tasa de descuento o costo de oportunidad del dinero.

En el mismo sentido, la riqueza global aportada por el proyecto (G_t) viene dada por la siguiente ecuación:

$$G_t = \sum_{i=1}^n F_i(1 + p)^{n-i} \quad (3)$$

Como tales ganancias provienen del ingreso (I) y del valor del yacimiento (V_y), entonces:

$$Gt = \sum_{i=1}^n Fi(1+p)^{-i} = (I + Vy) * (1+p) \quad (4)$$

Si se transfiere el valor de Gt al instante de la producción inicial, n años antes, queda el valor a priori, del negocio minero, VM , definido por la siguiente ecuación:

$$VM = Gt * (1+p)^{-n} = \sum_{i=1}^n Fi(1+p)^{-i} = I + Vy \quad (5)$$

Despejando el valor del yacimiento (Vy) de la ecuación (4) y expresándola con exponentes positivos, se tiene:

$$Vy = -I + \sum_{i=1}^n Fi(1+p)^{-i} = -I + \sum_{i=1}^n \frac{Fi}{(1+p)^i} \quad (6)$$

En donde el valor de un yacimiento (Vy) sujeto a una explotación minera cuyos flujos de caja anuales fuesen constantes en el tiempo, tendría en el momento de realizar o acometer la extracción la siguiente expresión:

$$Vy = -I + [(1-K)(E-C) + K(Am + Ag + Cf) - J] * \sum_{i=1}^n Fi(1-p)^i \quad (7)$$

De la ecuación 7, se tiene:

Vy : Valor del yacimiento

I : Inversión total del negocio minero

K : Porcentaje fiscal

E : Ingresos anuales

C : Costos anuales (tanto directos como indirectos)

Am : Amortización anual

Ag : Fondo de agotamiento, para amortización del yacimiento

Cf : Cargas financieras anuales

J : Reinversión anual

p : Tasa de actualización o tasa de descuento

n : periodos de vida de la explotación minera

A continuación se utiliza la ecuación 7, para ilustrar de una manera aproximada, la utilidad del modelo definido. En la Tabla 1 se

indican los valores y las relaciones paramétricas para una misma explotación, en 3 escenarios cada uno de los cuales está en función de variables exógenas al yacimiento mineral como lo pueden ser entre otras: legislación, tasa de descuento, nivel de impuestos, cambio tecnológico.

Tabla 1. Valores y relaciones paramétricas para un mismo yacimiento en 3 escenarios de explotación.

Variable	Escenario Optimista	Escenario Normal	Escenario Pesimista
I	2E	2E	2E
C	0.5E	0.5E	0.5E
K	0.33	0.4	0.5
Am	I/20	I/15	I/10
n	20 años	15 años	10 años
p	12%	15%	20%
$\sum_{i=1}^n (1-p)^i$	7.469	5.847	4.192
Cf	0	0	0
J	0	0	0

Fuente: Azcárate (1982).

En la ecuación 7, el valor de Ag se encuentra en función de alguna de las tres variables siguientes:

- Como porcentaje de los ingresos, es decir, $Ag = \alpha \cdot E$
- Como porcentaje del beneficio neto, es decir, $Ag = \beta(E - C)$
- Como amortización lineal del valor del yacimiento, es decir, $Ag = \gamma \cdot Vy/n$

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede decir que α , β y γ , poseen valores fijos tal como se definen a continuación: $\alpha = 0.075$; $\beta = 0.30$ y $\gamma = 1$ (Azcárate, 1982).

Después de sustituir los datos de la Tabla 1 en la ecuación 7, el valor del yacimiento, Vy , se encuentra expresado como una función lineal entre la inversión (I) y los ingresos anuales (E), tal como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Valor del yacimiento expresado en términos de la inversión (I) y los ingresos anuales (E) en 3 escenarios de explotación.

Ag	Escenario Optimista	Escenario Normal	Escenario Pesimista
$\alpha = 0.075$	$-0.75I + 2.68E$	$-0.73I + 1.93E$	$-0.69I + 1.21E$
$\beta = 0.30$	$-0.81I + 2.78E$	$-0.79I + 2.02E$	$-0.76I + 1.29E$
$\gamma = 1$	$-0.80I + 2.84E$	$-0.86I + 2.07E$	$-0.88I + 1.33E$

Fuente: Azcárate (1982). Cálculos propios

Luego de sustituir el valor de $I=2E$ para los tres diferentes escenarios y para los valores de Ag (α , β y γ) se encuentran los intervalos de los valores del yacimiento, expresado como una función de los ingresos por ventas al año, de la siguiente forma:

- a. Para el escenario optimista los valores de Vy se encuentran en el intervalo:
 $1.1E \leq Vy \leq 1.24E$
- b. De igual forma para el escenario normal los valores de Vy hallados se encuentran en el intervalo:
 $0.24E \leq Vy \leq 0.47E$
- c. El escenario pesimista presenta valores de Vy en el intervalo:
 $-0.17E \leq Vy \leq -0.33E$

Hasta aquí se presenta la propuesta de aproximación a la valoración económica de recursos minerales, como un aporte teórico – conceptual de la misma.

2. Algunas características del sector minero colombiano y el subsector carbón

Son tres variables competitivas: la potencialidad en recursos, su ubicación geográfica y el ingreso de una minería del carbón altamente tecnificada, en el sector minero colombiano, que en los últimos diez años lo han fortalecido en términos de una mayor

participación en la economía del país. Al mismo tiempo variables relacionadas con reformas en la legislación minera nacional (Código de Minas, Ley 685 de 2001); crecimiento sostenido en la extracción del carbón y ferro níquel; aumento en la participación porcentual en las exportaciones nacionales y adecuación del sistema de información minero colombiano (SIMCO); contribuyeron en la última década al "resurgimiento" del sector minero colombiano.

Dentro de la economía nacional, se consideran representativos siete grupos de minerales según su volumen, valor de extracción y generación de empleo: minerales metálicos; piedras preciosas; metales básicos; metales de la industria del acero; materiales industriales; materiales energéticos y materiales de la construcción. Destacándose en estos grupos los siguientes minerales: carbón, oro, plata, metales del grupo del platino, esmeraldas, calizas, arcillas, agregados pétreos, níquel y hierro.

Como una forma de realizar una aproximación a la valoración económica de los recursos minerales de Colombia, se toma como punto de referencia los recursos carboníferos de Colombia, ya que, en el país este tipo de yacimientos son los que presentan adecuada información disponible de los valores de reservas (medidas e indicadas), del tipo de carbón (térmico y metalúrgico), de precios, entre otros.

2.1. Reservas y Extracción de carbón

En materia de reservas carboníferas Colombia ocupa el primer lugar en Latinoamérica con el 40% de las reservas. A nivel continental, Colombia es superada por Estados Unidos y Canadá, en ese orden. A pesar de lo anterior, su participación en el contexto mundial es reducida, tan solo 0.6% del total mundial.

Las reservas nacionales de carbón se encuentran distribuidas en las tres cordilleras, y se localizan en la Costa Pacífica, el interior del país y en la Costa Atlántica. El país posee un buen conocimiento geológico del recurso carbonífero en ocho cuencas distribuidas geográficamente: Antioquia, Cesar, Córdoba,

Cundinamarca-Boyacá, Guajira, Norte de Santander, Santander, y Valle del Cauca-Cauca.

En el país se encuentran principalmente dos tipos de carbones: los térmicos y los coquizables o metalúrgicos. A partir de estos últimos se puede producir coque, un producto proveniente del carbón o del petróleo, que se utiliza en los altos hornos para producción de hierro; los carbones térmicos se utilizan principalmente como combustible en la producción de vapor y generación de energía.

La participación del carbón térmico en las exportaciones del país ha sido sensiblemente mayor en relación con la del carbón metalúrgico, teniendo en cuenta las ventajas comparativas en cuanto a reservas, localización geográfica de los yacimientos e infraestructura de transporte y exportación asociada a los proyectos.

Las reservas de carbón a diciembre de 2000 fueron de 6.655 millones de toneladas en la categoría de medidas y de 2.932 millones de toneladas en la categoría de indicadas¹. Del total de reservas medidas e indicadas el 70.1% se localizan en la Costa Atlántica y el 29.9% en los departamentos del interior del país. En la Tabla 3 se aprecian las reservas medidas e indicadas de los carbones colombianos por zonas geográficas y por tipo de carbón para el año 2000.

¹ Reservas Medidas: su cantidad puede ser calculada por las dimensiones que revelan afloramientos, zanjas, laboreos mineros o sondajes. Su ley y / o calidad son obtenidas de resultados de muestreos de detalle. Los sitios de inspección, muestreo y medición deberán estar adecuadamente espaciados y sus características geológicas bien definidas en tamaño, forma y profundidad. Reservas Indicadas: su cantidad, ley y / o calidad son calculadas a partir de información similar a la empleada para las reservas medidas, pero los sitios de inspección para el muestreo y medición están más distanciados. El grado de certeza, aunque es menor que el de las reservas medidas, debe ser lo suficientemente alto como para suponer continuidad entre los puntos de observación.

Tabla 3. Reservas de Colombia medidas e indicadas de carbón por zonas y por tipo de carbón en el año 2000.

Departamento	Reservas Medidas en millones de toneladas	Reservas Indicadas en millones de toneladas	Tipo de carbón
Guajira	3648		Térmico
Cesar	1922	589,0	Térmico
Córdoba	381,0	257,0	Térmico
Norte de Santander	116	315	Térmico
Santander	57	114	Térmico - Coquizable
Cundinamarca y Boyacá	406	1343	Térmico - Coquizable
Antioquia	89	225	Térmico - Coquizable
Valle del Cauca y Cauca	36	89	Térmico
TOTAL	6655	2932	

Fuente: Minercol Ltda., 2001.

Entre los años 2000 al 2004, la extracción nacional de carbón se ha incrementado a una tasa anual promedio del 8.3%. La calidad del carbón colombiano y su competitividad en el mercado mundial le han permitido a las empresas mineras colocar los volúmenes de exportación previstos, permitiendo que el carbón sea el segundo producto de mayor importancia en las exportaciones del país, después del petróleo, proyectándose como un ítem de peso dentro de la balanza comercial nacional. La extracción de carbón para consumo doméstico (regiones carboníferas del interior del país) ha venido decreciendo a una tasa del 7% anual durante el periodo analizado, como consecuencia de la contracción en la demanda interna del energético (sector industrial).

3. Aproximación a la valoración económica de los recursos carboníferos de Colombia

Teniendo en cuenta la ecuación 7 y definiendo con base en las características propias del sector minero colombiano las diferentes variables que intervienen en dicha ecuación, se muestra a

continuación, para yacimientos de carbón, la aplicación y aproximación práctica y técnica al valor económico de dichos yacimientos.

Tal como se demostró anteriormente y luego de las sustituciones realizadas, el valor del yacimiento se encuentra expresado como una función lineal entre la inversión (I) y los ingresos anuales (E).

Dadas entre otras, las condiciones de orden público nacional, ya que, en particular en aquellas zonas donde se desarrollan actividades extractivas mineras, se presentan constantemente conflictos de orden público, limitando el normal desarrollo de las actividades extractivas y de beneficio, se hace necesario en la ecuación 7 en los beneficios anuales, agregar un costo asociado a seguridad física (Ms), que puede ser del orden de $0.01E \leq Ms \leq 0.03E$. El valor del yacimiento (Vy) queda entonces expresado en la ecuación 8, como:

$$Vy = -I + [(1-K)(E - C - Ms) + K(Am + Ag + Cf) - J] * \sum_{i=1}^n F(1-p)^i \quad (8)$$

La ecuación 8 da cuenta del valor del yacimiento (Vy) en términos generales para los recursos minerales de Colombia. A continuación se utilizará la ecuación 8 para encontrar en forma agregada el valor de los yacimientos de carbón.

Teniendo como marco de referencia la ecuación 8 se definen en la Tabla 4 los valores y relaciones paramétricas asociados los yacimientos de carbón de Colombia bajo los escenarios optimista, normal y pesimista. Es valido anotar que los valores y relaciones de la Tabla 4 se definieron con base en la Tabla 1 y a las condiciones tanto endógenas como exógenas del subsector carbonífero colombiano.

Tabla 4. Valores y relaciones paramétricas para yacimientos de carbón

Variable	Escenario Optimista	Escenario Normal	Escenario Pesimista
I	2E	2E	2E
C	0.4E	0.4E	0.4E
K	0.3	0.4	0.5
Am	I/20	I/15	I/10
n	20 años	15 años	10 años
p	12%	15%	20%
$\sum_{i=1}^n (1-p)^i$	7.469	5.847	4.192
Cf	0	0	0
J	0	0	0
Ag ($\alpha = 0.075$)	0.075E	0.075E	0.075E
Ms	0.02E	0.02E	0.02E

Fuente: Elaboración propia.

Sustituyendo en la ecuación 8 los valores y relaciones paramétricas para yacimientos de carbón presentados en la Tabla 4 y realizando las operaciones indicadas, se tiene que para un escenario optimista el valor del yacimiento, **Vy = 1.42E**; para un escenario normal el valor del yacimiento, **Vy = 0.52E**; y el valor del yacimiento para un escenario pesimista, **Vy = - 0.20E**.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores del yacimiento para los diferentes escenarios planteados, se llevan a cabo las simulaciones correspondientes para encontrar los diferentes valores de los yacimientos carboníferos en Colombia entre el periodo 2000 – 2010. La Tabla 5 contiene los valores y las diferentes proyecciones realizadas.

Tabla 5. Valores y proyecciones de los yacimientos carboníferos en Colombia para el periodo 2000 – 2010

AÑO	Extracción de Carbon* Miles de toneladas	Precio base** US\$ / Tonelada	Ingresos Anuales Millones de dólares	Escenario optimista, valor del yacimiento, Millones de dólares	Escenario normal, valor del yacimiento Millones de dólares	Escenario pesimista, valor del yacimiento Millones de dólares
2000	38242	17,4	667,15	947,35	346,92	-133,43
2001	43911	15,8	695,40	987,47	361,61	-139,08
2002	39484	16,5	650,89	924,27	338,47	-130,18
2003	50028	16,2	811,08	1151,73	421,76	-162,22
2004	49248	23,0	1133,17	1609,09	589,25	-226,63
2005	52621	22,0	1159,82	1646,94	603,11	-231,96
2006	55434	22,8	1262,09	1792,16	656,29	-252,42
2007	58247	23,4	1363,82	1936,62	709,19	-272,76
2008	61060	24,0	1465,11	2080,46	761,86	-293,02
2009	63873	24,5	1566,01	2223,73	814,32	-313,20
2010	66686	25,0	1666,57	2366,52	866,61	-333,31

Fuente: Elaboración propia.

(*): Las proyecciones de extracción se realizaron con base en los datos de históricos de extracción (entre los años 1998 y 2004) y teniendo en cuenta modelos lineales. Para yacimientos carboníferos se utilizó el siguiente modelo: $Ex = 2812.9t + 35744$, con un $R^2 = 0,6747$. El valor de la constante de 35,744 millones de toneladas de carbón, nos da cuenta de los niveles de extracción al inicio de este ejercicio de simulación.

En donde:

Ex: Extracción anual de carbón en miles de toneladas.

t: tiempo en años

R^2 : Coeficiente de correlación lineal.

(**): Las proyecciones de los precios base se realizaron con base en los datos históricos (del año 2000 al 2004) de las diferentes resoluciones ministeriales y teniendo en cuenta modelos lineales.

Aproximación a la valoración económica...

Para yacimientos carboníferos se utilizó el siguiente modelo: $Pb=6019,3t + 26378$, con un $R^2 = 0,8399$. El valor de la constante de 26378 pesos por tonelada de carbón, nos da cuenta del nivel del precio base para la liquidación de regalías al inicio de este ejercicio de simulación.

En donde:

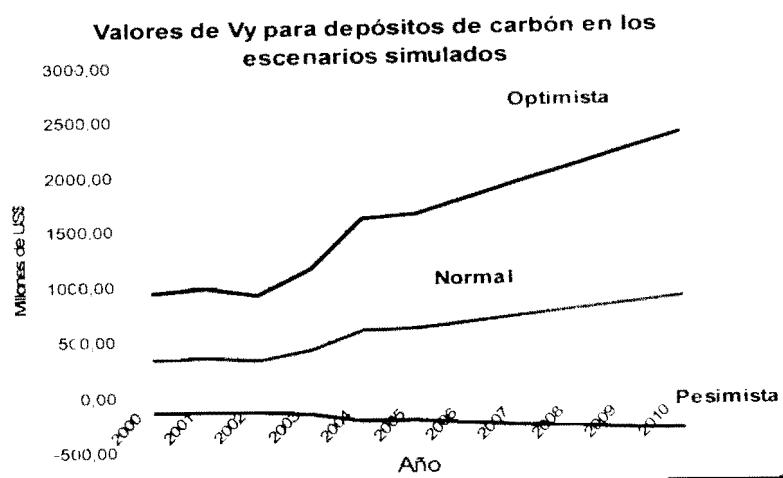
Pb: Precio base de liquidación de regalías, en pesos por tonelada.

t: tiempo en años.

R^2 : Coeficiente de correlación lineal

Los resultados hallados en la Tabla 5 pueden servir como referencia a las entidades estatales para futuras negociaciones de los recursos minerales del país, teniendo en cuenta los valores y relaciones paramétricas que sirvieron de base para encontrar el valor de los yacimientos carboníferos en los 3 escenarios simulados. En la figura 1 se muestra el comportamiento de los valores de Vy para yacimientos de carbón en los tres escenarios simulados.

Figura 1. Valores de Vy para depósitos de carbón en los escenarios simulados



4. Conclusiones

- a. En éste trabajo se da un paso en el proceso de construcción de una estructura que permita hacer cuentas monetarias de los recursos minerales. Los resultados cuantitativos obtenidos son mejorables en la medida que se disponga de mejor información para la aplicación del marco teórico, sin embargo queda la propuesta metodológica que es aplicable tanto a nivel local como regional y actualizable de acuerdo con los avances en las eficiencias (técnicas y tecnológicas) de explotación y transformación de los recursos carboníferos.
- b. La aplicación práctica y técnica para hallar el valor de los yacimientos de carbón en Colombia llevada a cabo en este trabajo, es, es una aproximación que puede servir a las entidades encargadas de la gestión, planeación, regulación y control del sector minero colombiano, a futuras negociaciones con inversionistas nacionales o extranjeros.
- c. Con el objetivo de mejorar e ir acercándose continuamente a la realidad del sector minero colombiano, para futuros trabajos se hace necesario llevar a cabo aproximaciones teóricas menos agregadas que tengan en cuenta los tipos de carbón que se extraen en Colombia, es decir, llevar a cabo valoraciones tanto de los carbones metalúrgicos como de los carbones térmicos.
- d. Teniendo en cuenta el punto anterior, es válido a mismo tiempo, realizar valoraciones económicas de los recursos carboníferos en el ámbito departamental.
- e. Con los resultados hallados de los valores históricos y proyecciones de los yacimientos carboníferos en Colombia para el periodo 2000 – 2010, en los tres escenarios, es evidente que al mejorar las condiciones de la plataforma fiscal para el escenario pesimista, la aproximación a la valoración económica de estos yacimientos carboníferos mejoraría sustancialmente para que las entidades estatales encargadas de realizar futuras negociaciones con inversionistas de carácter privado (nacionales o internacionales), tengan en cuenta los valores aquí encontrados y por ende, las negociaciones sean lo menos perjudicial para el propietario de los recursos del subsuelo.

Referencias Bibliográficas.

Aguilera F y Alcántara V. (1994), De la Economía ambiental a la economía ecológica. Icaria: fuhem.

Azcárate M., J. F. (1982), Introducción a la metodología de la investigación minera. Adosa, Madrid.

Azqueta D y Ferreiro A. (1994), Análisis Económico y Gestión de Recursos Naturales. Alianza editorial. Madrid.

Comisión Nacional de Regalías. (1994), Ley 141, Capítulo III, Régimen de Regalías y Compensaciones Generadas por la Explotación de Recursos Naturales no Renovables. Artículo 16. Bogotá

Franco G y Molina J. (2001), Hechos significativos, tendencias y aspectos de los minerales para el periodo 1995 – 2005. En: Revista Escenarios y Estrategias N° 8.

Instituto Colombiano de Geología y Minería – INGEOMINAS. (2004), El carbón colombiano: recursos, reservas y calidad. Bogotá.

Instituto Técnico Geominero de España. (1991), Manual de evaluación técnico - económica de proyectos mineros de inversión. Madrid.

Ane, Kenneth F. (1988), The economic definition of ore. London.

Martínez Alier y Roca Jusmet. (2003), Economía Ecológica y Política Ambiental. Fondo de Cultura Económica. México.

Meadows m et al. (1972), Los Límites del Crecimiento: Informe al Club de Roma.

Ministerio de Minas y Energía. (2004), Memorias al Congreso de la República 2003 – 2004, anexo minas. Bogotá.

PNUM. (1987), Informe: Nuestro futuro común, de la Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo.

Posada, Luis y Vargas, Elkin. (1997), Desarrollo económico sostenible, relaciones internacionales y recursos minero – energéticos. Universidad Nacional de Colombia.

Romero, Carlos. (1997), Economía de los recursos ambientales y naturales. Alianza editorial, Madrid.

Sánchez A., J. (1995), Economía y contabilidad ambiental Revista del postgrado en planeación urbano regional No. 42 Universidad Nacional Medellín

Turner y Pearce. (1995), citados Environmental Science for Environmental Management. Editado por Timothy O'Riordan, New York.

Unidad de Planeación Minero Energética - UPME. (2001), Balance minero energético 1990 – 2000. Bogotá _____.(2001),

Competitividad del sector minero colombiano. Bogotá _____.(2004),

Precios en boca mina base para la liquidación de regalías. Bogotá _____.(2004),

Resolución 0764 de 2004. Bogotá _____.(2005),

Boletín Estadístico de Minas y Energía 1994 – 2004. Bogotá

Vargas, Elkin. (2001), Minería, medio ambiente y desarrollo. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

Recibido el 6 de septiembre de 2005. Aprobado su publicación el 19 de octubre de 2005.

CRITERIOS DE PARA LA PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS EN LA REVISTA ENSAYOS DE ECONOMÍA.

La revista Ensayos de Economía, de la Facultad de Ciencias Humanas y Económicas, de la Universidad Nacional de Colombia, solicita a quienes estén interesados en publicar artículos en la Revista, tener en cuenta las siguientes pautas:

- Normas para la presentación de artículos:

1. Respecto al tipo de artículos que pueden presentarse a la revista los artículos publicables deben ser de las siguientes características¹:

a) Artículo de investigación científica y tecnológica.

Documento que presenta, de manera detallada, los resultados originales de proyectos terminados de investigación. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro apartes importantes: introducción, metodología, resultados y conclusiones.

b) Artículo de reflexión. Documento que presenta resultados de investigación terminada desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales.

c) Artículo de revisión. Documento resultado de una investigación terminada donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo de la ciencia económica, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de por lo menos 50 referencias.

¹ Véase Índice Nacional Publindex de Colciencias.

- d) **Artículo corto.** Documento breve que presenta resultados originales preliminares o parciales de una investigación científica, que por lo general requieren de una pronta difusión.
- e) **Reporte de caso.** Documento que presenta los resultados de un estudio sobre una situación particular con el fin de dar a conocer las experiencias técnicas y metodológicas consideradas en un caso específico. Incluye una revisión sistemática comentada de la literatura sobre casos análogos.
- f) **Revisión de tema.** Documento resultado de la revisión crítica de la literatura sobre un tema en particular.
- g) **Editorial.** Documento escrito por el editor, un miembro del comité editorial o un investigador invitado sobre orientaciones en el dominio temático de la revista.
- h) **Traducción.** Traducciones de textos clásicos o de actualidad o transcripciones de documentos históricos, de gran interés particular en el dominio de publicación de la revista.
- i) **Documento de reflexión no derivado de investigación.**
- j) **Reseña bibliográfica.**

El comité editorial dará mayor preponderancia para la publicación a los artículos de los tipos: **a), b) y c).**

2. El artículo debe ser inédito y no debe estar considerado simultáneamente para revisión en otras revistas o publicaciones periódicas.

3. El autor debe enviar un archivo electrónico a los correos: cicorona@unalmed.edu.co y ensayos@unalmed.edu.co.

Además deberá enviar una copia en disquete o CD-ROM y dos copias impresas a la Universidad Nacional de Colombia, Sede

Medellín, Calle 59^a # 63-20 Bloque 46 of 404, Escuela de Economía de la Facultad de Ciencias Humanas y Económicas (Bloque 46), oficina 46-404. En cada caso debe ir consignado en la portada del artículo: nombre del autor o autores, la afiliación institucional (si la tiene), máxima calificación académica, dirección de correo electrónica y/o postal y un número telefónico y/o de Celular donde se le pueda localizar, en caso de comunicársele ágilmente al autor alguna corrección o inquietud.

4. Cada artículo será sometido a una evaluación por uno o dos jurados, según considere el Comité Editorial, quien los designará en cada caso. En cualquier caso, un miembro del Comité Editorial u otro experto en el tema, será designado por dicho Comité para dirimir cualquier controversia respecto a la evaluación.

5. El autor se compromete a realizar los ajustes formales que le sugieran los Jurados o la Dirección de la Revista, haciendo llegar la versión corregida en un plazo no mayor a cinco días hábiles a partir de la comunicación de la evaluación y de los ajustes necesarios.

- Normas editoriales:

1. El artículo debe presentarse en formato Word, en letra Arial tamaño 12, interlineado sencillo. Las gráficas, cuadros o tablas, figuras, y ecuaciones deben procesarse como objetos (para facilitar la diagramación de la revista) y preferiblemente en Excel. Se sugiere presentarlas en blanco y negro o tonos gris, procurando que siga siendo idónea la función del cuadro, gráfica o ilustración en estas condiciones. La extensión del artículo **no debe exceder 8.000 palabras.**

2. El título del artículo debe ser conciso y a continuación debe ir el nombre del autor o autores, referenciando al pie de página su afiliación institucional o calificación académica y, si lo posee y desea comunicarlo, su correo electrónico.

3. El artículo debe contener un resumen (máximo 150 palabras) en español, seguidas de las palabras claves (máximo seis) y el

respectivo resumen en inglés (ABSTRACT) con sus respectivas palabras claves también en inglés. Se le sugiere al autor, utilizar la clasificación del sistema del *Journal of Economic Literature* (<http://www.aeaweb.org/journal.html>) en caso de conocerla, en caso contrario, la Revista le proporcionara las indicaciones al respecto.

- 4.** Los cuadros o tablas, gráficos, deben tener un encabezamiento corto y descriptivo, deben tener una numeración consecutiva, estar citadas en el texto, y las abreviaturas y símbolos explicados al pie de la tabla. Las ecuaciones también deben tener una numeración consecutiva.
- 5.** Las referencias bibliográficas mencionadas en el texto deben citarse de acuerdo al sistema autor fecha, es decir, citar el apellido del autor , el año de la publicación del artículo y la página referenciada (Wicksell, 1947, p. 97). Cuando la referencia no es mencionada textualmente, la referencia se hace dentro del texto (Wicksell 1947) y no al pie de página.
- 6.** Las referencias bibliográficas van al final del texto y debe procurarse limitarlas a las efectivamente utilizadas y referenciadas en el texto. Se presentarán según el siguiente formato:

Revistas: Apellido del autor, nombre, (año), "Título del artículo, nombre de la revista, volumen y número (use abreviatura), fecha del periodo de publicación(mes, trimestre, semestre, etc.) paginación del artículo completo.

Ejemplo: Costanza, Robert and Daly, Herman E. (1992). "Natural Capital and Sustainable Development." *Conservation Biology*, Vol. 6, No. 1, Marzo de 1992, pp. 37-46.

Libros: Apellido del autor, nombre, (año), título del libro, ciudad de edición, editorial. **Ejemplo:** Taussig, F. W.(1926). *Principles of Economics*. Volume II. Third edition. New York: Macmillan, Chapter 46.

Internet: Apellido, Nombre, (año), "Título del artículo o documento", nombre de la institución o revista electrónica, lugar de publicación, editor, fecha de publicación, dirección

electrónica donde puede ser consultada, ruta de acceso cuando sea necesaria- fecha de acceso o consulta (aparece al final entre paréntesis e el siguiente ejemplo). **Ejemplo:** Clark, John Bates. (1899). The Distribution of Wealth: A Theory of Wages, 2001. Interest and Profits. 1908 edition. New York:

Macmillan. Online edition
<<http://www.econlib.org/library/Clark/clkDW.html>>
(Agosto 10 de 2004).