Impacto de un impuesto al carbono en el sector energético*

William B. O' Neil
Doris Polanía

I. INTRODUCCION

Se cree que el aumento de la temperatura mundial está siendo causado por las emisiones de los «gases invernaderos», constituídos en su mayoría por dióxido de carbono. Los interrogantes acerca de si en efecto la temperatura está aumentando, si los gases invernaderos son la causa y cuáles podrían ser los efectos, han sido estudiados en forma extensa y no son tema central de este artículo.

En su lugar, aceptamos que están surgiendo inquietudes sobre el problema y que en muchas naciones hay debates sobre políticas para el control y eventual reducción de las emisiones de dichos gases. Es probable entonces, que la comunidad internacional negocie diversas opciones de política durante los años venideros.

Una posibilidad es que se firme un acuerdo internacional en el cual cada nación se comprometa a establecer un impuesto sobre la producción, el uso o la venta de combustibles fósiles, determinando el tamaño del impuesto con base en el contenido de carbono en el combustible particular que está siendo gravado. El «impuesto al carbono» está obteniendo apoyo creciente como una de las estrategias más eficientes y equitativas para reducir las emisiones mundiales de este gas.

Un impuesto uniforme al carbono es manejable porque este elemento contaminante se distribuye uniformemente una vez que se encuentra en la atmósfera mundial. No importa cuál sea el lugar de su descarga, todas las unidades de emisión ocasionan el mismo daño. Por consiguiente, un impuesto uniforme sería eficiente en un sentido económico y relativamente fácil de administrar.

Schelling (1992) señala que se requerirían gastos del orden del 2% del PIB para lograr una reducción significativa en las emisiones de carbono. Un impuesto sobre la gasolina en los países desarrollados tendría que estar alrededor de un dólar por galón. Ese mismo impuesto sobre el carbón, el petróleo y el gas natural generaría US$500,000 millones de ingresos fiscales por año en los Esta-

* Este estudio fue financiado por la UNCTAD y elaborado para el Departamento Nacional de Planeación y el Ministerio de Comercio Exterior, para ser presentado en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Comercio y el Medio Ambiente.

dos Unidos. Estas magnitudes lo llevan a argumentar que ningún país, en desarrollo o industrializado, acordaría seriamente un impuesto al carbono.

Sin embargo, el impuesto ha sido propuesto por muchos otros analistas como el mecanismo más justo y eficiente para reducir las emisiones de carbono a nivel mundial. La Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos ha apoyado este mecanismo como una política que merece consideración (Lashof 1989). La General Motors Corporation ha argumentado que el impuesto al carbono sería preferible a incrementar los estándares de millaje para los vehículos de motor (Petrauskas 1989). También muchos economistas han apoyado el uso de un impuesto por razones de eficiencia.

En la siguiente sección se presenta un repaso del estado actual del debate sobre las políticas para disminuir las emisiones de carbono, y se identifica un rango probable de tasas impositivas. En la tercera sección se describe el sector energético en Colombia y se reunen las cifras necesarias para la evaluación de los posibles efectos de un impuesto al carbono. En la cuarta, se presentan estimativos del impacto del impuesto sobre los precios de venta de cada uno de los grandes combustibles producidos en Colombia, los recaudos fiscales iniciales y los cambios en la demanda en el largo plazo.

La sección quinta consiste en una revisión del impacto de este sistema impositivo sobre los grandes consumidores de energía en Colombia. El sector eléctrico no se ve muy afectado debido a su gran dependencia de proyectos hidroeléctricos. Ciertas industrias intensivas en el uso de energía tales como las cementeras sufren aumentos en los costos. Al nivel de unidades familiares el efecto sobre el consumo de gasolina es probablemente el de mayor interés.

En la última sección se analizan los resultados e implicaciones de política que Colombia desearía considerar en las futuras negociaciones relativas al impuesto al carbono y otras formas de control de la polución.

II. PROPUESTAS BAJO CONSIDERACIÓN SOBRE EL IMPUESTO AL CARBONO

De acuerdo con la teoría económica, el método para determinar el nivel óptimo de impuesto toma en cuenta los daños ocasionados por la polución generada durante la combustión de combustibles fósiles. Por razones que se explican más adelante, este enfoque no es viable.

Los daños potenciales ocasionados por el alza en la temperatura mundial son extremadamente difíciles de predecir. El análisis debe cubrir un período de tiempo de por lo menos cincuenta a cien años y requiere predecir no sólo los efectos de las mayores temperaturas sino también de las condiciones sociales, tecnológicas y económicas que prevalecerían durante ese período de tiempo.

De hecho, una simple tendencia de aumento en la temperatura no es una fuente primaria de daño que pueda atribuirse al efecto invernadero. Los patrones del clima cambian en formas impredecibles. Algunas regiones pueden aumentar su temperatura mientras que otras se enfrían y las rutas de las tormentas y sus intensidades pueden cambiar.

Los sistemas ecológicos también se verían afectados por el cambio climático. La productividad agrícola cambiaría significativamente, con algunas regiones ganando y otras perdiendo. Los vectores de enfermedades podrían verse alterados llevando enfermedades tropicales hacia áreas que anteriormente estaban libres de éstas y eran, por lo tanto, más vulnerables.

Finalmente, las condiciones tecnológicas y económicas, sin duda, cambiarán drásticamente durante los siguientes cien años. Imagine cómo habrían predicho los analistas los efectos de un aumento en la temperatura mundial en el hemisferio norte si

el ejercicio se hubiera realizado hace cien años cuando la agricultura era la actividad predominante.

Por todas estas razones, ningún analista puede tratar de estimar seriamente los perjuicios económicos de un aumento en la temperatura y no se puede esperar fijar un impuesto al carbono igual al costo marginal del daño que causa.

Como alternativa, hay dos bases que pueden ser utilizadas para escoger un nivel impositivo: la estimación de los daños locales por la polución causada en la combustión de los combustibles fósiles y, segundo, una estimación de los niveles de impuesto que resultarían en ciertas reducciones de las emisiones de CO2, escogidas políticamente.

Larson y Shah (1992) presentan estimativos de los perjuicios sobre la salud y otros daños locales causados por los combustibles fósiles contaminantes como base para establecer un impuesto razonable al carbono. Específicamente con referencia al mundo en desarrollo, ellos argumentan que un impuesto de US$10 por tonelada de carbono tendría sentido como mecanismo para reducir el daño ocasionado por la polución local al igual que para disminuir la emisión de los gases invernadero.

Hall (1990) estima el costo externo de las emisiones de CO2 midiendo el costo de cambiar a fuentes energéticas no contaminantes tales como el sol y el viento. Este enfoque no mide realmente los daños del aumento mundial en la temperatura pero estima un «costo externo» marginal en términos de unidades de combustible. Sobre esta base, él recomienda un impuesto del orden de US$26 por tonelada de carbono.

El otro gran enfoque se centra en fijar metas de reducción de las emisiones o de su crecimiento. El Instituto Americano de Petróleo (Anderson, et. al. 1990) afirma que un impuesto de US$100 por tonelada sería requerido para alcanzar una disminución de las emisiones de CO2 en los Estados Unidos del 20% teniendo el año 1988 como línea base. Hay otras propuestas que caen dentro de este rango.

Con base en esta información, evaluaremos los efectos de los impuestos al carbono sobre el sector energético colombiano en un rango de US$10 a US$100 por tonelada de carbono.

III. EL SECTOR ENERGETICO EN COLOMBIA

El Cuadro 1 contiene la información básica sobre producción y ventas de combustibles fósiles en Colombia. De las 23 millones de toneladas de carbón extraídas en Colombia, más de dos tercios son exportadas, generando ingresos por US$622 millones a un precio de US$38 la tonelada. El precio doméstico es significativamente menor, estando cerca de US$18 por tonelada, con lo cual el gasto interno en consumo de carbón es de US$123 millones.

Aunque el carbón es extraído en muchas partes del país, la fuente más grande es la región de la costa norte. El Cerrejón, localizado en el departamento de La Guajira, es una de las minas abiertas más grandes de América Latina. La mina es operada para Colombia por Intercor, una filial de la corporación Exxon que emplea localmente más de 3,000 trabajadores.

El petróleo es el combustible fósil más importante en Colombia, en términos de cantidad y valor. Con la producción de 1992 cercana a 160 millones de barriles, los ingresos anuales por exportación de petróleo crudo casi alcanzan los US$1,000 millones. Para el consumo doméstico se ha calculado un promedio ponderado de los precios de los diversos productos derivados de US$34 por barril y unos gastos domésticos de US$3,670 millones. Adicionalmente, el país importa 11.6 millones de barriles de gasolina con un costo de $267 millones por año y exporta 17.5 millones de barriles de *fuel oil* por valor de US$200 millones.

Cuadro 1. COMBUSTIBLES FOSILES. COLOMBIA

	Fuente de energía			Grandes derivados	
	Carbón (toneladas)	Petróleo (barriles)	Gas (mpc)	Gasolina (barriles)	Fuel oil (barriles)
Producción:					
Cantidad (millones)	23.2	159.6	143.9	30.5	24.5
Consumo doméstico:					
Cantidad (millones)	6.9	108	143.9	42.1	1.5
Precio US$	17.82	34.00	2.00	36.00	14.00
Gasto (millones US$)	123	3,672	288	1,516	21
Exportaciones:					
Cantidad (millones)	16.3	51.6	0	-11.6	17.5
Precio US$	38.13	17.82		23.00	11.40
Ingresos de exportación (millones US$)	622	920		(267)	200
Contenido de carbono:					
Toneladas de carbono por unidad de combustible	0.61	0.133	0.0165		
Precio implícito (US$/tonelada doméstica)	29	256	121		
Precio implícito (US$/ton. de exportación)	63	134			
Carbono total (millones de tons.)	14	21	2		
Emisiones domésticas (millones de tons.)	4	14	2		

Nota: El precio doméstico del petróleo representa el precio ponderado promedio de sus productos derivados.
Todos los valores monetarios están en dólares de los Estados Unidos.
Fuente: Ecopetrol, Carbocol 1992.

El país produce solamente 144 millones mcf (miles de pies cúbicos) de gas natural y lo consume todo domésticamente. Actualmente, el precio del mercado es US$2 por mcf, que constituye cerca de la mitad del precio para consumo doméstico en los Estados Unidos. Existe un plan agresivo para expandir el sistema de distribución de gas a los hogares, y por lo tanto se puede esperar que la producción y el consumo de este combustible limpio aumenten en velozmente en el futuro.

El carbón es el más sucio de los combustibles ya que contiene 1,220 libras de carbono en cada tonelada. Esto se compara con 266 libras de carbono por barril de petróleo y sólo 33 libras por mil pies cúbicos de gas natural. El contenido relativamente elevado de carbono en el carbón, unido a su bajo precio, implica que cualquier impuesto al carbono ocasionaría un gran incremento porcentual en su precio en términos relativos a los efectos sobre los precios del petróleo y del gas.

Otra forma de ver esto es calculando el precio implícito del carbono en cada uno de los combustibles. Al dividir los precios unitarios de cada combustible por la cantidad de carbono que contienen por unidad, se observa que en el carbón, el carbono se valora solamente en US$29 por tonelada en el mercado doméstico. Claramente los im-

puestos entre US$10 y US$100 por tonelada de carbono tendrían efectos extremos en el mercado de carbón. En el otro lado del espectro, el precio implícito del carbono en el petróleo vendido a nivel doméstico es de US$256 por tonelada, de tal forma que la imposición de un impuesto al carbono no causaría un impacto muy grande.

Por otra parte, Colombia no es un contribuyente de gran consideración al problema del incremento en la temperatura mundial ni en términos de producción de combustibles fósiles ni de la liberación del carbono a través de combustión doméstica de combustibles. El contenido total de carbono de los combustibles fósiles producidos en 1991 fue 37 millones de toneladas. La cantidad total de carbono arrojada al ambiente por la combustión doméstica de estos combustibles fue solamente 20 millones de toneladas. Al comparar estas cifras con emisiones de 1,246 millones de toneladas en los Estados Unidos en 1987 y de cerca de 6,000 millones de toneladas en el mundo, se deduce que la contribución de Colombia al problema es del orden de 0.3% a 0.6% dependiendo de si se considera el consumo doméstico o la producción total.

En el Cuadro 2 (Flavin 1990) muestra las emisiones de carbono de varios países con diferentes niveles de desarrollo. La baja clasificación de Colombia en términos de emisiones per cápita se debe en parte a su gran dependencia en la capacidad hidroeléctrica en comparación con otros países.

Además Birdsall y Dixon (1991) señalan que en conjunto los países en desarrollo contribuyen unicamente con el 20% del total de las emisiones mundiales mientras los países industrializados, con sólo 15% de la población mundial, arrojan más del 50%. La antigua Unión Soviética y Europa Oriental, con 10% de la población mundial, contribuyen con más de una cuarta parte de las emisiones totales. Estas estadísticas sugieren que los pequeños países en desarrollo tales como Colombia tienen poca responsabilidad en el problema del aumento en la temperatura mundial. Sin embargo, en el futuro se atribuirá al mundo en desarrollo gran parte del incremento esperado en las emisiones de carbono. En particular la China tiene enormes reservas de carbón que serán utilizadas en forma creciente para impulsar el desarrollo económico.

Cuadro 2. EMISIONES DE CARBONO DE COMBUSTIBLES FOSILES

	Toneladas/año per cápita	Gramos por US$PIB
Estados Unidos	5.03	276
Australia	4.24	247
Estados Soviéticos	3.68	436
Polonia	3.38	492
Japón	2.12	156
Francia	1.70	133
Corea del Sur	1.14	374
Méjico	0.96	609
Colombia	0.63	476
China	0.56	2.024
Brasil	0.38	170
Nigeria	0.09	359

Fuente: Flavín (1990)

IV. EFECTOS DIRECTOS DE LOS IMPUESTOS AL CARBONO

Durante los primeros años posteriores a la imposición de un impuesto al carbono, los consumidores no podrían alterar notoriamente su patrón de consumo debido a las inversiones ya realizadas en tecnología de combustión. Esto es cierto para el sector residencial con sus existencias de vehículos, equipo doméstico y sistemas de calefacción, al igual que para los usuarios comerciales e industriales que tienen inversiones cuantiosas y de mayor duración en tecnologías de combustión. Por consiguiente, para ilustrar el impacto de corto plazo del impuesto sobre los usuarios de energía, se supone que la cantidad de combustibles consumida permanece constante. Los precios de los combustibles se elevan de acuerdo con su contenido de carbono y estos incrementos son absorbidos por el sector residencial y trasladados parcial-

mente a los consumidores por los sectores industriales y comerciales en forma de precios más altos de los productos. Con el tiempo la demanda por los tres combustibles básicos se ajusta al nuevo conjunto de precios relativos. Pero este ajuste es gradual, extendiéndose de diez a quince años para los usuarios induatriales de energía con grandes plantas físicas.

A. Precios de corto plazo para combustibles y recaudos de impuestos

El Cuadro 3 proporciona un resumen de los efectos directos de corto plazo de distintos niveles de impuesto al carbono. Como se discutió antes, se ha identificado un rango de tasas impositivas que están siendo analizadas en diversos foros. El límite inferior del rango, US$10 por tonelada de carbono, representa el nivel del impuesto que estaría justificado con base en los objetivos de control de contaminación local. Las tasas de US$20, US$50 y US$100 por tonelada reflejan los niveles que han sido propuestos como intentos eficaces de controlar las emisiones. A pesar de que en diversas instituciones se ha considerado una tasa de US$100, pocos analistas creen ésta sea políticamente aceptable para las naciones desarrolladas o para las menos desarrolladas.

Como ilustración supóngase que Colombia estableciera un impuesto de US$10 por tonelada de carbono a sus tres principales combustibles fósiles. El impuesto sería US$6.10 por tonelada de carbón, US$1.33 por barril de petróleo o de producto refinado y sólo US$0.17 por mcf de gas natural. Puesto que el carbón es vendido tan barato en los mercados domésticos y por su alto contenido de carbono, el efecto sobre el precio sería un incremento del 34%, mientras que el efecto sobre los precios domésticos de los productos del petróleo y el gas sería sólo 4% y 8%, respectivamente. Nótese que los precios del gas natural se elevan en un porcentaje mayor que los productos del petróleo a pesar de que el gas es más limpio en términos de contenido de carbono. Esto es debido a que el precio del gas anterior al impuesto del gas, US$2 por mcf, es muy inferior al promedio ponderado de los precios de los productos de petróleo refinado, US$34 por barril. No se muestra ningún resultado para el mercado de exportaciones en la columna de gas natural puesto que virtualmente todo el gas es consumido domésticamente.

La cuantía de los ingresos generados por el impuesto, aún con esta bajísima tasa, es impresionante. Los recaudos potenciales anuales son US$378 millones, con cerca del 45% del total procedente de las exportaciones. En general, el carbón podría generar ingresos de impuestos por carbono de US$141 millones por año, el petróleo US$213 millones y el gas US$24 millones.

Cuando analizamos niveles más elevados del impuesto, los efectos se incrementan en proporcionalmente. Posiblemente el resultado más dramático e importante de este ejercicio es el efecto extremo sobre el precio del carbón que resultaría de la imposición del impuesto en el rango de US$20 a US$50 por tonelada de carbono. Estos niveles representan esfuerzos realistas por controlar el crecimiento de las emisiones de carbono y desacelerar el aumento de la temperatura mundial, los cuales serán propuestos usando como justificación el valor de los daños ocasionados por unidad de emisiones de carbono y el costo de cambiar a tecnologías de energía menos contaminantes. Por consiguiente, este rango puede muy bien estar en el centro de las discusiones sobre las estrategias de impuestos al carbono.

Países como Colombia no pueden ignorar el efecto de estas tasas sobre los precios del carbón. Un impuesto de US$20 por tonelada de carbono incrementaría el precio doméstico del carbón en 68% y el de US$50 lo haría en 170%, cambios que, como es obvio, no son cambios marginales para este mercado. Los efectos sobre los precios del petróleo y gas están en el rango más manejable de 8% a 17% para un impuesto de US$20 por

Cuadro 3. EFECTOS DIRECTOS DE CORTO PLAZO DE UN IMPUESTO AL CARBONO

		Carbón (tons.)	Petróleo (barriles)	Gas (mcf)
Impuesto por tonelada de carbono (US$)	10			
Tasa de Impuesto (US$/unidad de combustible)		6.10	1.33	0.17
Incremento en el precio doméstico (%)		34	4	8
Incremento en el precio de exportación (%)		16	7	
Recaudos del impuesto anual de corto plazo				
Domésticos (millones US$)		42	144	24
Exportaciones (millones US$)		99	69	
Total (millones US$)	378			
Impuesto por tonelada de carbono (US$)	20			
Tasa de impuesto (US$/unidad de combustible)		12.20	2.66	0.33
Incremento en el precio doméstico (%)		68	8	17
Incremento en el precio de exportación (%)		32	15	
Recaudos del impuesto anual de corto plazo				
Domésticos (millones US$)		84	287	47
Exportaciones (millones US$)		199	137	
Total (millones US$)	755			
Impuesto por tonelada de carbono (US$)	50			
Tasa de impuesto (US$/unidad de combustible)		30.50	6.65	0.83
Incremento en el precio doméstico (%)		171	20	41
Incremento en el precio de exportación (%)		80	37	
Recaudos del impuesto anual de corto plazo				
Domésticos (millones US$)		210	718	119
Exportaciones (millones US$)		497	343	
Total (millones US$)	1,888			
Impuesto por tonelada (US$)	100			
Tasa de impuesto (US$/unidad de combustible)		61.00	13.30	1.65
Incremento en el precio doméstico (%)		342	39	83
Incremento en el precio de exportaciones (%)		160	75	
Recaudos del impuesto anual de corto plazo				
Domésticos (millones US$)		421	1,436	237
Exportación (millones US$)		994	686	
Total (millones US$)	3,775			

Fuente: Cálculo de los autores.

tonelada, y de 20% a 40% para un impuesto de US$50. En este contexto, la propuesta de un impuesto de US$100 por tonelada parece carente de realismo, ya que causaría incrementos hasta de tres veces y media en el caso del carbón.

Los recaudos potenciales por concepto del impuesto también se incrementan en proporción a su tasa. Un impuesto de US$20 por tonelada de carbono generaría US$755 millones por año en el corto plazo, uno de US$50 produciría US$1,888

millones, mientras que uno de US$100 significaría US$3,775 millones para el fisco.

Claramente, el establecimiento de un impuesto al carbono que involucrara las mayores tasas mencionadas sería recesivo para la economía y no podría decretarse sin reducir otros impuestos. Esto podría ser un problema y a la vez una oportunidad para sustituir el impuesto al carbono por el de la renta u otro tipo de impuestos que, al no poderse recaudar directamente de los productores, tienen un mayor costo administrativo y mayores posibilidades de evasión.

El impuesto al carbono cumple dos propósitos adicionales a la generación de ingresos fiscales: la reducción de la contaminación del aire local y una contribución al control del aumento de la temperatura mundial. Sin embargo, como se anota en la siguiente sección, los consumidores de energía responderían al impuesto reduciendo su demanda total de energía y cambiando la mezcla de los combustibles utilizados, por lo cual éste no constituye una fuente de ingresos tan estable como el impuesto sobre la renta.

Con base en este análisis preliminar concluimos, como muchos otros analistas, que tasas impositivas al carbono muy superiores a US$10 por tonelada afectarían seriamente los mercados energéticos y los consumidores. La implicación inmediata de política es que tales tasas tendrían que ser adoptadas gradualmente en un período relativamente largo, para permitir a los consumidores ajustarse a las nuevas condiciones, o habría que modificar el impuesto para reducir su efecto sobre el mercado de carbón.

Es también evidente que Colombia tendría que adelantar alguna acción con respecto al gas natural debido a que el gobierno planea llevar cabo una gran expansión del sistema de distribución de este combustible «limpio» y seguro, y masificar su uso residencial. Considerando que muchos hogares recién constituídos, que son importantes consumidores potenciales de gas, poseen ingresos relativamente bajos, el plan de expansión se vería severamente afectado por la imposición de elevados impuestos al carbono.

B. Respuesta de la demanda

Los impuestos considerados causarían grandes incrementos porcentuales en los precios de los combustibles en cuestión, y llevarían tanto a consumidores domésticos como externos a cambiar el nivel y composición de su demanda de energía. La demanda por carbón sería la más afectada puesto que su precio relativo aumentaría mucho. Los productos del petróleo se harían más costosos pero seguirían siendo una alternativa más barata para sustituir el carbón, de tal forma que su demanda podría aumentar o disminuir dependiendo del cambio porcentual en los precios. El gas natural experimentaría un leve incremento absoluto en precios y estaría sujeto a las mismas fuerzas conflictivas que el petróleo.

C. Período de tiempo para el ajuste

El tiempo necesario para que los consumidores se ajustaran al impuesto es difícil de estimar. En general, éste depende de la habilidad de los consumidores para cambiar sus existencias de capital generador de energía a los nuevos precios relativos de los combustibles. Los usuarios de carbón generalmente queman el combustible en grandes instalaciones, como hornos o calderas industriales, intensivas en capital y con largas vidas útiles, del orden de veinte a treinta años. Por consiguiente, se puede esperar que los consumidores de carbón requerirían un tiempo mayor para ajustarse completamente a los precios más elevados.

Por otra parte, la vida física de las plantas de combustión es sólo un factor en la decisión de ajuste. A medida que el precio del combustible crece, el costo de producción aumenta y en algún punto la técnología de producción existente deja de ser rentable. En otras palabras, la vida econó-

mica de las instalaciones puede ser más corta que su vida física a medida que las condiciones económicas cambiantes hacen que la planta se vuelva económicamente obsoleta.

Algunos usuarios industriales de petróleo estarían en la misma situación de los usuarios del carbón. La mayor parte de la demanda por derivados del petróleo viene del sector del transporte, por lo cual su tiempo de reacción depende de la vida útil de carros, camiones, aviones etc., de la habilidad para reemplazarlos ya sea por modelos que más eficientes en la utilización de combustibles o por métodos alternativos de transporte. En Colombia, la flota de vehículos no tiene un ciclo corto de reposición. La edad promedio de los vehículos en uso es de cerca de quince años. Por consiguiente se puede esperar que este sector responda más rápidamente que el sector que utiliza carbón, pero más lentamente de lo que podría esperarse en una economía más desarrollada con un período más corto de reposición de la flota.

D. Métodos

Debido a la complejidad de predecir el tiempo requerido para el ajuste a los mayores precios de la energía, en este estudio solamente evaluamos la respuesta de la demanda en el largo plazo. El cambio en la cantidad demandada de los diversos combustibles ocurrirá gradualmente y a diferentes velocidades a través de los distintos sectores consumidores. Los resultados presentados a continuación se refieren a la demanda final esperada al término del período de ajuste.

Los resultados del análisis de demanda están contenidos en el Cuadro 4. La parte superior del cuadro presenta las elasticidades de demanda de largo plazo utilizadas en el análisis. Estas elasticidades se han tomado de un estudio de mercados de energía mundial, (Edmonds y Reilly 1983) y suponen que los precios de la energía están experimentando los mismos cambios en todas partes.

Cuadro 4. RESPUESTA DE LA DEMANDA EN EL LARGO PLAZO

Elasticidades precio de la demanda en el largo plazo

	Carbón	Petróleo	Gas
Carbón	-0.56	0.22	0.16
Petróleo	0.1	-0.7	0.1
Gas	0.12	0.13	-0.52

Cambios en la cantidad demandada en el largo plazo (Porcentajes)

Impuesto al Carbono %		Carbón %	Petróleo %	Gas
US$10	Doméstico	-17	2	0
	Exportación	-7	-1	
US$20	Doméstico	-34	3	1
	Exportación	-15	-2	
US$50	Doméstico	-85	8	2
	Exportación	-37	-6	
US$100	Doméstico	-100	15	3
	Exportación	-73	-11	

Fuente: Edmonds y Reilly (1983) y cálculos del autor.

Para el caso del carbón, se han calculado separadamente los cambios de la demanda en los mercados domésticos y de exportación, para reflejar el hecho de que los respectivos precios base (previos al impuesto) son sustancialmente diferentes. En el caso del petróleo se utilizó el promedio ponderado de los precios de los productos refinados como base para los mercados domésticos y de exportación. Este enfoque reconoce que el precio al usuario final es el mismo, independientemente de si el petróleo es refinado en Colombia o en otra parte. Entonces, es correcto representar el impuesto al carbono en términos de los incrementos porcentuales en el precio que pagado por los consumido-

res. Puesto que el gas natural no es exportado, se presenta solamente una respuesta en el consumo doméstico.

E. Resultados

Como se esperaba, la demanda por petróleo y gas está afectada sólo en forma moderada por un impuesto al carbono. Aún al nivel impositivo, poco realista, de US$100 por tonelada de carbono, la demanda doméstica por petróleo aumenta 15% y la demanda por gas 3%. Estos incrementos provienen de una sustitución del carbón por estos combustibles relativamente más limpios. En el mercado exportador, la demanda por petróleo se reduce 11%. Diferencias entre las respuestas de los mercados domésticos y de exportación se deben al hecho de que el precio base del carbón es inferior en el primero, por lo cual el impuesto tiene un efecto porcentual más elevado sobre el precio y conduce a una mayor sustitución de petróleo por carbón.

El impacto más grande se observa en los mercados de carbón. Un impuesto al carbono de US$10 por tonelada causaría en último término un descenso en la demanda doméstica de 17% y una caída en la demanda por exportaciones de 7%. Estas reducciones podrían ser tolerables para la economía colombiana, pero a medida que se consideran impuestos más elevados al carbono el efecto sobre la demanda de carbón se vuelve muy nocivo. Un impuesto de US$20 por tonelada podría ocasionar un descenso de un tercio en la demanda doméstica de carbón y una baja en las exportaciones de una sexta parte. Reducciones tan grandes en las ganancias de las exportaciones carbón acompañadas de pequeñas disminuciones en los ingresos por exportaciones de petróleo podrían deteriorar sustancialmente las cuentas de la balanza de pagos.

Se han obtenido resultados para impuestos al carbono de US$50 y US$100 por tonelada pero éstos no deben tomarse como estimativos exactos porque las elasticidades con que han sido calculados suponen cambios marginales o pequeños de precios. Como se han hecho extrapolaciones fuera del rango utilizado para estimar las elasticidades originales, la validez de la respuesta calculada se reduce.

Si los precios del carbón se incrementaran en forma súbita entre el 35% y el 100% ciertamente habría respuestas extremas en los mercados de usuarios, pero el tamaño de la reducción de la demanda no podría ser predicho con precisión. Por consiguiente, ofrecemos estos resultados sólo como una ilustración para despertar cautela frente a este tipo de propuestas. Por ejemplo, en el Cuadro 4 reportamos un resultado trunco de una baja del 100% en la demanda por carbón, el cual no es razonable ya que implica que no se quemaría carbón en Colombia.

Estos resultados sugieren que dos asuntos deben ser discutidos ampliamente. Primero, el impuesto podría tener grandes impactos sobre los precios de los combustibles afectados, los cuales son las fuentes básicas de energía para la industria, el transporte y los hogares. Dada la inversión existente en tecnología de combustión, incluyendo vehículos, los usuarios necesitarían muchos años para ajustarse a estos gravámenes. Si el impuesto fuera introducido súbitamente, podría causar un perjuicio inaceptable a los sectores usuarios e impactos regionales potencialmente severos. Para reducir este daño, el impuesto podría ser implantado gradualmente durante un período de varios años.

Segundo, el efecto sobre los mercados de carbón sería muy grande. Aun cuando este mineral es el mayor contribuyente por unidad de combustible al efecto invernadero, alguna moderación del impuesto al carbón podría ser justificada por razones de estabilidad industrial y regional. Además en el caso de un país como Colombia, con una importante industria productora de carbón, sería prudente argumentar en favor de un impuesto gradual que impusiera una tasa relativamente más baja sobre este combustible. Este moderaría el incre-

mento en el precio del carbón y evitaría algunos de los impactos negativos sobre esta industria y sobre los ingresos por exportación.

Para concluir esta sección, podemos destacar que los recaudos esperados por concepto del impuesto al carbono también se reducirían en proporción al descenso de la demanda en el largo plazo.

V. EFECTOS DEL IMPUESTO SOBRE LOS CONSUMIDORES DE ENERGÍA

Las grandes industrias consumidoras de energía se enumeran en el Cuadro 5. Estas seis industrias experimentarían el mayor impacto de un impuesto al carbono debido a su uso relativamente elevado de los combustibles fósiles. Como industrias intensivas en energía, estarían obligadas a pagar la mayor parte de cualquier impuesto al carbono.

Examinemos, en primer lugar, las cantidades de combustibles consumidos actualmente, esto es, antes de la imposición de un impuesto al carbono. La mayor consumidora de carbón es la industria del cemento con compras anuales de más de un millón de toneladas. Le siguen en importancia como consumidoras las industrias productoras de minerales no metálicos -vidrio, cerámica y porcelana, principalmente-, papel y la industria editorial. Las tecnologías de producción utilizadas en estos procesos manufactureros requieren grandes cantidades de combustible para el procesamiento físico de las materias primas y es relativamente poco lo que se puede cambiar en el corto plazo para reducir su uso de energía. En su lugar se puede esperar que ocurra un cambio de combustible como respuesta a un impuesto al carbono y también algún incremento en el precio de los productos finales a medida que las empresas trasladan a los consumidores parte del costo del impuesto al carbono.

Con respecto a los productos petroleros, las mayores consumidoras son las industrias de alimentos, bebidas y tabaco, con un consumo anual de más de 1.2 millones barriles, seguidas por la industrias productoras de minerales no metálicos con un consumo anual de cerca de 900 mil barriles. A pesar de que el impacto de un impuesto al carbono sobre el precio del petróleo nunca seria tan grande como en el caso del carbón, los impuestos por encima de US$50 por tonelada podrían incrementar el precio de los productos derivados del petróleo en más de 20%. Por consiguiente el efecto sobre estas industrias podría ser sustancial. Finalmente, para identificar las industrias que se

Cuadro 5. CONSUMO DE COMBUSTIBLES FOSILES DE LAS GRANDES INDUSTRIAS CONSUMIDORAS DE ENERGIA

	Carbón (miles ton.)	Petróleo (miles bbls)	Gas (miles mpc)	Gastos (US$mill.)	Participación en el costo %
Alimentos, bebidas, tabaco	228	1237	2358	42	0.79
Textiles y confecciones	370	491	261	19	1.07
Papel e Industria editorial	515	534	1800	19	1.70
Productos químicos	172	414	15632	67	1.55
Cemento	1043	185	13252	27	8.16
Minerales no metálicos	693	866	498	53	5.89
Hierro-acero-no ferrosos	160	296	1093	15	1.98

Fuente: DANE Encuesta Anual Manufacturera, 1989. Ministerio de Minas y Energía, Sistemas de Información de Energía, 1992.

verían más afectadas, observar la última columna del Cuadro 5, que muestra el porcentaje del costo total atribuído al consumo de combustibles fósiles. Por un gran margen, la mayor participación en los costos se encuentra en dos industrias: la de cemento con 8%, y la de minerales no metálicos, con casi el 6%. Estas industrias se verán forzadas, más que todas las demás, a reducir el uso de energía, eliminar a máximo posible el uso del carbón y a elevar los precios de los productos.

El Cuadro 6 presenta cifras sobre la estructura de estas industrias y permite una evaluación preliminar de los impactos indirectos del impuesto al carbono. Primero, se advierte que las dos industrias afectadas más directamente por el impuesto, la de cemento y la de minerales no metálicos, no son tan importantes en la economía nacional como otras industrias intensivas en energía. En términos de ventas domésticas, exportaciones y empleo éstas se encuentran en una clasificación relativamente baja. Afortunadamente, un incremento en sus costos de producción y los descensos asociados en el producto no tendrían un efecto secundario tan grande como el de otras industrias de este grupo.

Sin embargo, la industria de minerales no metálicos es importante exportadora y generadora de empleo, por lo cual habría alguna preocupación por mantener su competitividad internacional. Por su parte, los fabricantes de cemento, son proveedores importantes de toda la industria doméstica de la construcción, la cual se vería afectada por un impuesto al carbono.

VI. IMPLICACIONES DE POLÍTICA

Para concluir este estudio, se resumen brevemente las principales conclusiones derivadas de este análisis.

1. Como productor y consumidor de combustibles fósiles, Colombia no es un gran contribuyente al problema de las emisiones de gases invernadero a nivel mundial debido a su tamaño reducido y a su dependencia de la energía hidroeléctrica. Es responsable de cerca de 0.5% de las emisiones mundiales de dióxido de carbono y por lo tanto no se puede esperar que un programa para controlar las emisiones de estos gases signifiquen una gran carga para el país.

2. Colombia podría verse gravemente afectada por un impuesto al carbono a través de sus exportaciones de carbón y petróleo. En particular, las exportaciones de carbón podrían verse reducidas significativamente si se establecen gravámenes al

Cuadro 6. ALGUNOS INDICADORES DE GRANDES INDUSTRIAS CONSUMIDORAS DE ENERGIA

	Ventas domésticas (US$ millones)	Exportaciones (US$millones)	Valor Agregado (US$millones)	Empleo
Alimentos, Bebidas, Tabaco	655	5,250	2,433	104,372
Textiles y confecciones	228	1,706	1,047	101,558
Papel e Industria Editorial	47	1,151	526	33,240
Productos químicos	609	3,719	1,602	72,486
Cemento	31	315	211	6,509
Minerales no metálicos	57	870	521	33,195
Hierro-acero-no Ferrosos	163	605	413	12,225

Fuente: DANE

carbono por encima de US$20 por tonelada. Con impuestos en el rango de US$50 a US$100 por tonelada de carbono, las exportaciones de carbón podrían reducirse a la mitad. Los impactos sectoriales y regionales de esta baja serían graves. Para moderar el impacto potencial, el país podría querer negociar una estrategia que incluyera compensaciones, tasas impositivas graduales, o exenciones parciales al pago del impuesto.

3. El actual programa de reestructuración industrial puede dar lugar a mejoramientos potencialmente grandes en las emisiones de los gases de invernaderos. Debido a esta tendencia y a la gran dependencia colombiana en la energía hidroeléctrica, un impuesto al carbono no afectaía tanto a los consumidores domésticos o la industria como en muchas otras naciones desarrolladas y en desarrollo. Algunas industrias intensivas en energía podrían necesitar ayuda. En particular, las de cemento y losa, vidrio y cerámica deberían ser estudiadas en mayor detalle con la meta de moderar cualquier impacto sobre ellas.

Los impuestos al carbono en el límite superior del rango bajo consideración podrían ocasionar costos significativos en bienestar sobre un rango amplio de negocios y consumidores colombianos. Es posible,inclusive, que se presenten efectos a nivel macroeconómico, los cuales podrían ser controlados si los recaudos del impuesto fueran retornados a la economía a través de gasto público o de reducciones en otros impuestos.

4. Colombia tiene gran potencial para ayudar a reducir el problema de aumento en la temperatura mundial a través de la reforestación y de un mejor manejo de bosques, programas que podrían ser ofrecidos como alternativas para resolver el problema en lugar de un impuesto al carbono. El manejo de los bosques debería ser incluído en las negociaciones sobre impuestos al carbono como una opción adicional de control que puede significar impactos económicos menores para la nación pero una contribución igual o mayor al problema del aumento de la temperatura mundial.

BIBLIOGRAFIA

Anderson, Robert C., et. al. (1990), *The use of Economic Incentive Mechanisms in Environmental Management*. Research Paper 051, American Petroleum Institute.

Brinner, R. E. et. al. (1991), «Optimizing Tax Strategies to Reduce Greenhouse Gases without Curtailing Growth». *Energy Journal*, 12 (4): 1-14.

Edmonds, Jae, and Reilly John, (1983), «Global Energy and CO2 to the year 2050», *The Energy Journal*, Vol.4, No.3: 21-47.

Hall, Darwin C. (1990), «Preliminary Estimates of Cumulative Private and External Costs of Energy». *Contemporary Policy Issues*: 283-307.

Ingham, A., Maw, J. and Ulph, A. (1991), «Empirical Measures of Carbon Taxes», *Oxford Review of Economic Policy*, Summer 7 (2): 99-122.

Kaufman, R. K. (1991), «Limits on the Economic Effectiveness of a Carbon Tax», *Energy Journal*, 12 (4): 139-144.

Larson, Bjorn, and Anwar, Shah. (1992), «Combatting the Greenhouse Effect», *Finance and Development*, Vol.29, No.4: 20-23.

Lashof, Daniel A., and Dennis, Tirpak (eds). (1989), *Policy Options for Stabilizing Global Climate*, Draft Report to Congress, Office of Policy, Planning and Evaluation, U. S. EPA.

Marks, R. E. et. al. (1991), «The Cost of Australian Carbon Dioxide Abatement: Corrigendum», *Energy Journal*, 12 (4): 149.

Pestrauskas, Helen O., (1989), *Statement before the Senate Committee on Commerce, Science and Transportation.*

Poterba, James M. (1991), «Tax Policy to Combat Global Warming: On Designing a Carbon tax», in Rudiger Dornbusch and James M. Poterba, eds., *Global Warming: Economic Policy Responses*, Cambridge, MA,: MIT Press, 71-97.

Schelling, T. C., «Some Economics of Global Warming», *American Economic Review*, 82 (1): 1-14.