

# Efectos distributivos de la aplicación de un impuesto a la demanda de combustibles fósiles

Héctor Manuel Bravo Pérez, Juan Carlos Castro Ramírez y Miguel Ángel Gutiérrez Andrade\*

Fecha de recepción: 1 de febrero de 2012; fecha de aceptación: 25 de junio de 2013.

*Resumen:* El objetivo de este trabajo es verificar si existe algún efecto en la distribución del ingreso de la economía mexicana, al aplicar un impuesto a la demanda de combustibles fósiles con el fin de disminuir la emisión de carbón (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera. Para tal efecto, se construye un modelo de equilibrio general computable de acuerdo con la metodología propuesta por Shoven y Whalley.

Se observa que la aplicación del impuesto tiene el efecto deseado en la reducción de la demanda de combustibles fósiles, pero prácticamente no tiene efecto significativo en la redistribución del ingreso de la sociedad; en general, toda la sociedad ve disminuido su bienestar como consecuencia de la aplicación del impuesto.

*Palabras clave:* equilibrio general computable, política medioambiental, política fiscal, sustentabilidad, cambio climático.

## *Distributive Effects of the Introduction of a Tax to Fossil fuel Demand*

*Abstract:* This paper aims to verify if there is any effect in the income distribution for the Mexican economy when applying a tax on fossil fuels in order to reduce CO<sub>2</sub> emissions. In order to reach this goal a computable general equilibrium model was built following the Shoven and Whalley method.

It is observed that the application of a tax achieves a reduction in fossil fuel demand, but it does not have any meaningful consequence on the income redistribution of the society. All the levels of the economy have a loss in welfare as a consequence of the application of this tax.

*Keywords:* applied general equilibrium, environmental policy, fiscal policy, sustainability, climate change.

*Clasificación JEL:* Q48, Q51, Q52, Q54, Q56.

---

\*Héctor Manuel Bravo Pérez, hectorb@economia.unam.mx, profesor, Facultad de Economía, UNAM; Juan Carlos Castro Ramírez, jcdesprof@gmail.com, profesor-investigador, Departamento de Economía, UAM-Iztapalapa; Miguel Ángel Gutiérrez Andrade, <gamma@xanum.uam.mx>, profesor-investigador, Departamento de Ingeniería Eléctrica, UAM-Iztapalapa. México, D.F. Agradecemos los valiosos comentarios de dos dictaminadores anónimos. Este trabajo fue realizado con el apoyo financiero de USAID-Semarnat. Los autores aparecen en estricto orden alfabético.

## Introducción

**E**l objetivo de este trabajo es verificar si existe algún efecto en el bienestar de las familias en la economía mexicana como consecuencia de la aplicación de un impuesto a la demanda de combustibles fósiles.

Necesariamente debe contarse con un modelo que sea capaz de integrar los efectos de las reasignaciones de bienes y factores ante un choque exógeno, simultáneamente con el efecto ingreso que se produce debido a éste, en los diferentes estratos sociales en los que se ha dividido la parte del consumo de la economía. Se construyó un modelo de equilibrio general computable, que utiliza como base para la calibración y la simulación una matriz de contabilidad social, cuya base es el año 2004 y que cuenta con diez agentes representativos.

Como se verá en la revisión de la literatura, se han usado modelos de equilibrio general, tanto estáticos como dinámicos, con una gran cantidad de variantes para tratar el tema que nos ocupa, obteniéndose distintos resultados en relación con el efecto del impuesto. La característica que hace singular esta investigación es la aplicación que se hace para la economía mexicana, con una matriz de contabilidad social que incorpora diez consumidores, en la cual se analiza el efecto distributivo de la política fiscal diseñada para reducir la emisión de carbón. Este análisis se hace con un modelo estático porque permite capturar todos los efectos relevantes y mantener cierta simplicidad en los cálculos sin necesidad de grandes agregaciones.

El interés del trabajo consiste en gravar la demanda de los bienes energéticos como insumos y capturar la sustitución técnica entre ellos para finalmente medir los efectos en bienestar de este tipo de impuesto, no gravar los bienes finales que utilizan la energía, toda vez que casi la totalidad de éstos utilizan insumos energéticos sin que se pueda identificar en qué porcentaje. A diferencia de los artículos relevantes en el tema, en este trabajo no se observan efectos importantes en el bienestar como consecuencia de la política impositiva.

Los resultados de este trabajo son distintos a los que se encuentran en la mayoría de la literatura relevante, en lo concerniente a los efectos distributivos de un impuesto sobre los combustibles fósiles como insumos intermedios. Se observa que el impuesto a las demandas de combustibles fósiles es muy poco efectivo como instrumento de distribución del ingreso y que el bienestar de todas las familias disminuye consistentemente conforme aumenta el nivel de los impuestos en cualquiera de los combustibles que se gravan.

Con el afán de presentar de la manera más clara posible los resultados obtenidos en este análisis, este trabajo se divide en las siguientes secciones: una revisión de la literatura relevante en el tema; una versión estática del modelo con el cual se realizan distintos ejercicios de simulación en relación con el impacto que tiene gravar la demanda de los distintos sectores energéticos de la economía; luego se muestran los resultados y, finalmente, las conclusiones de la presente investigación.

## **I. Revisión de la literatura**

Los modelos de equilibrio general aplicado (MEGAS) son una herramienta muy popular para el análisis de política impositiva (Devarajan, 1988; Devarajan y Hossain, 1998; Gooroochurn y Milner, 2005; Yilmaz, 1999) En la actualidad se ha diseñado un gran número de MEGAS para analizar la política fiscal que tienen como objetivo disminuir la emisión de carbón. Por ejemplo, Kemfert y Welsch (2000) comparan los efectos económicos de impuestos al carbón bajo diferentes elasticidades de sustitución energía-capital-trabajo usando un modelo dinámico multisectorial.

Por su parte, Scrimgeour, Oxley y Fatai (2005) compararon las tasas de impuestos requeridas y la efectividad relativa de impuestos al carbón, energía y petróleo sobre la economía de Nueva Zelanda. Asimismo, usando un MEGA intertemporal para la economía de Noruega, Bye (2000) analiza los costos en el bienestar no medioambiental de incrementar la tasa de impuesto al carbón con una reducción en los impuestos pre existentes, al igual que Goulder (1995) que utilizó un MEGA intertemporal dinámico para analizar los efectos sobre la economía de Estados Unidos con las distorsiones de impuestos pre existentes.

Zhang y Baranzini (2004) hicieron una revisión de los estudios empíricos sobre los impuestos existentes carbón/energía. Ellos puntualizan que la manera en que se recircula la recaudación es de fundamental importancia para determinar el impacto económico de los impuestos al carbón.

El efecto de un impuesto a la energía sobre el ingreso de las familias ha recibido una amplia atención en la literatura reciente. Es de esperarse que este tipo de impuestos sea regresivo en países desarrollados y progresivo en países en desarrollo. Esto se explica no sólo por el patrón de gasto. De acuerdo a Shah y Larsen (1992) en países en desarrollo el poder de mercado, los controles de precios, las cuotas de importación, las tasas de cambio de divisas controladas, los mercados negros, la evasión fiscal, la migración urbana-rural, pueden poner en duda la regresividad de las políticas medioambientales.

En Uri y Boyd (1997) se examina el impacto de un aumento en los precios de la gasolina y la electricidad en la economía mexicana. El método analítico utilizado consiste en un modelo de equilibrio general computable compuesto por 13 sectores, 14 bienes de consumo, 4 categorías de hogares clasificados por ingresos y un gobierno. Los resultados son reveladores. Un aumento de los precios de la gasolina y la electricidad produce una disminución en la producción de todos los bienes intermedios de alrededor de 0.31 por ciento, una caída en el consumo de bienes y servicios por aproximadamente 0.56 por ciento, una reducción de la utilidad total por 1.29 por ciento y mayores ingresos para el gobierno de 0.31 por ciento. Cuando se somete a un análisis de sensibilidad, los resultados son razonablemente robustos con respecto al supuesto de los valores de las elasticidades de sustitución.

Boyd e Ibararán (2002) encuentran que la aplicación de un impuesto al carbón puede tener efectos progresivos en el bienestar de la sociedad aunque con un costo en los niveles productivos y que sólo se podría obtener un doble dividendo, aumento en la producción con beneficios sociales progresivos, si simultáneamente se da un fuerte cambio técnico. Por el contrario O’Ryan *et al.* (2005) usando un MEGA estático simulan varias políticas ambientales y sociales y encuentran que cuando se aplica un impuesto sobre las PM10, en un contexto de alto desempleo, el impuesto tiene efectos sociales negativos, usando el ingreso real disponible por quintiles como *proxy*. El impacto depende del uso de la nueva recaudación y del estatus del desempleo. En un resultado con microdatos, Rausch *et al.* (2011) encuentran que el efecto de los precios en el carbón está determinado por la heterogeneidad en el patrón de gastos entre las familias así como por la heterogeneidad en el patrón de ingreso entre los grupos de ingreso. También se ve afectada por la formulación precisa de la política; es decir, por cómo se distribuye el ingreso de la recaudación por los impuestos al carbón, así como por las transferencias del gobierno.

Por su parte, Poterba (1991) analiza los efectos en EUA de aplicar impuestos a la gasolina, calcula la fracción del ingreso de la familia que se dedica a la compra de gasolina encuentra que el impuesto es ligeramente regresivo. Safirova *et al.* (2004) calcula el costo de la carga de la congestión que recae sobre la familia rica y encuentra que tanto el peaje por las carreteras o el impuesto al combustible es altamente regresivo. Pearson y Smith (1991) estiman el impacto distributivo en siete países europeos: Francia, Alemania, Italia, Holanda, España, Reino Unido e Irlanda. Mejoran la aproximación de Poterba utilizando elasticidades precio; encuentran que

en los primeros cinco el impuesto es débilmente regresivo, significativamente regresivo en Reino Unido y fuertemente regresivo en Irlanda. Barker y Köhler (1998) actualizan el trabajo de Pearson y Smith y extraen conclusiones similares. Hamilton y Cameron (1994) estiman el impacto distributivo para Canadá por medio de un MEGA. Los autores primero determinan que el impuesto puede reducir la emisión de CO<sub>2</sub>, luego utilizan un análisis insumo-producto para trasladar el impuesto a los precios de los consumidores y, finalmente, aplican micro simulaciones para evaluar el impacto causado por los impuestos. Concluyen que el impuesto es moderadamente regresivo. Por su parte, Labandeira y Labeaga (1999) analizan los efectos del impuesto al carbón en el ingreso de los hogares españoles, utilizan el análisis de insumo-producto y simulan la respuesta de los consumidores. No encuentran que el impuesto sea regresivo.

Dado que nuestro objetivo final es evaluar los efectos de la política impositiva señalada, en términos de bienestar, es importante tener claro las diferencias entre medidas de bienestar en equilibrio parcial y en equilibrio general. Kokoski y Smith (1987) evalúan los errores en mediciones de equilibrio parcial referentes a los cambios en bienestar como resultado de grandes cambios multisectoriales, como producto de choques exógenos en la economía.

Para el presente trabajo, se elaboró un modelo con una alta desagregación, aprovechando la información disponible: 20 sectores de bienes intermedios, cuatro de ellos de bienes energéticos, diez bienes finales producidos con los bienes intermedios y diez familias como se muestra a continuación.

## II. El modelo

En este trabajo se realiza un análisis de los impactos económicos que surgen de la reducción de la demanda de combustibles fósiles, para lo cual se lleva a cabo un modelo de equilibrio general computable que permite integrar en el análisis efectos económicos de todos los sectores de la economía.

La información básica para realizar los análisis antes mencionados es la matriz de contabilidad social (SAM por sus siglas en inglés). Ésta se construye tomando la matriz de insumo-producto (MIP), como base y orlándola con las cuentas necesarias para disponer de información suficiente para realizar los análisis.

En el presente caso se utiliza una matriz de contabilidad social con información del año 2004. Esta matriz fue elaborada Aguayo Téllez, Chapa

Cantú, Ramírez Grimaldo y Rangel González (2009) para la economía mexicana. Para alcanzar los objetivos de este trabajo, fue necesario desagregar el sector energía, lo cual se hizo con la información de la matriz insumo-producto de 72 sectores actualizada al año 2003.

La principal desventaja que presenta esta matriz es que, en la parte de las transacciones inter industriales no cuenta con la desagregación necesaria en el sector energético, desagregación con la que sí contaban versiones anteriores de la matriz insumo-producto. Esto hizo necesario que se adecuara la matriz de Aguayo Téllez *et al.* (2009) con la información de años anteriores para poder realizar los cálculos necesarios que permitieran hacer el análisis de política fiscal y distributiva, objetivos de este trabajo.

Se construye un modelo de una economía abierta, en competencia perfecta en todos los mercados, con diez agentes, diez bienes de consumo final, veinte bienes intermedios, cuatro de los cuales pueden considerarse energía y dos factores de producción, capital y trabajo.

Una particularidad de esta economía es que el trabajo se especializa en cada sector productivo, por lo que se cuenta con veinte tipos de trabajo distintos. Las familias derivan su ingreso de la venta de sus diferentes tipos de trabajo, de las transferencias que reciben del exterior, de las transferencias del gobierno y de las rentas derivadas de los dividendos por la posesión de acciones en empresas privadas, el capital pertenece a las empresas. Las empresas se dividen en dos tipos: las que producen bienes intermedios y las que producen bienes finales.

En esta economía hay un gobierno que consume bienes finales y recauda por la aplicación de distintos impuestos. Con esta recaudación realiza transferencias a las familias y financia su propio consumo.

El Modelo queda especificado de la siguiente manera:

### *II.1. Consumidor*

Las preferencias del consumidor se pueden representar por medio de una función de utilidad cuasi cóncava, continua y dos veces diferenciable. Los parámetros de esta función de utilidad son las canastas de consumo de las familias formadas por bienes de consumo final, por lo que podemos representar la función de utilidad para la familia  $l$  de la siguiente manera:  $U^l(Xh_1^l, \dots, Xh_{10}^l) = \prod_{i=1}^{10} Xh_i^{\beta_i^l}$ , con  $\sum_{i=1}^{10} \beta_i^l = 1$ .

Donde

$Xh_1$  = alimentos, bebidas y tabaco

$Xh_2$  = vestido y calzado

$Xh_3$  = vivienda, electricidad, gas, agua y otros combustibles

$Xh_4$  = mobiliario, equipo y enseres domésticos

$Xh_5$  = sanidad

$Xh_6$  = transporte

$Xh_7$  = esparcimiento y cultura

$Xh_8$  = educación

$Xh_9$  = hoteles, cafeterías y restaurantes

$Xh_{10}$  = bienes y servicios diversos (cuidados personales, comunicaciones, servicios sociales, financieros y otros servicios)

$\beta_i^l$  = la proporción del gasto de la familia  $l$  en el bien  $i$

Por otro lado, el ingreso de la familia  $l$  es igual al ingreso derivado de la venta de los servicios de sus distintos tipos de trabajo, más el ingreso obtenido por su participación en empresas, más las transferencias del sector externo y las transferencias del gobierno; es decir, los ingresos de la familia  $l$  se definen como:  $m_l = \sum_{k=1}^{20} w_k \bar{L}_k^l + \theta_l \pi + \varepsilon_l + \varphi_l T$ . Donde  $w_k$  es el salario de los distintos tipos de trabajo,  $\bar{L}_k^l$  es la dotación de trabajo del tipo  $k$ ,  $\theta_l \pi$  la participación de las empresas,  $\varepsilon_l$  las transferencias del exterior y  $\varphi_l T$  las transferencias del gobierno para cada familia  $l$ .

Siguiendo la estructura con la que se construyó la SAM, se modeló el mercado de trabajo, por tanto se consideró que en toda la economía hay 20 tipos de trabajos distintos. Como hemos dicho, cada tipo de trabajo se etiqueta con el subíndice  $k$ , cada familia posee  $\bar{L}_k^l$  unidades de trabajo y para cada sector inicialmente hay  $\bar{L}_k^l$  unidades de trabajo. Pero hay libre movilidad del factor entre sectores productivos por lo que finalmente se demanda  $L_s^k$ ,  $s = 1, \dots, 20$ ;  $k = 1, \dots, 20$  en cada sector  $s$  de la economía.

El gasto de la familia  $l$  está dado por:  $\sum_{i=1}^{10} p h_i X h_i^l$ . Donde  $p h_i$  es el precio del bien  $i$  de consumo final. Asumiendo que las familias tienen un comportamiento racional y por ende, maximizan su función de utilidad sujeta a su restricción presupuestaria, se puede determinar la demanda marshalliana para el bien  $i$  como la función que resuelve este problema y que es función de los precios y del ingreso. Se expresa de la siguiente manera:  $X h_i^{l*}(p h_1, \dots, p h_{10}, m_l(wk))$ .

## II.2. Productor

Se producen diez bienes finales, que se denominan  $Y_i$  considerando una tecnología Cobb Douglas; es decir:  $Y_i = A_i \prod_{s=1}^{16} X C_{N_s}^{i \alpha_s} \prod_{s=1}^4 X C_{E_s}^{i \beta_s}$ , con  $\sum_{s=1}^{16} \alpha_s + \sum_{s=1}^4 \beta_s = 1$ ;  $A_i$ ,  $\alpha_1, \dots, \alpha_{16}$ ,  $\beta_1, \dots, \beta_4$  son los coeficientes que definen a la función de producción Cobb Douglas.

Donde:

$XC_{N_s}^i$ , = Cantidad del bien intermedio no energético  $s$  para producir el bien final  $i$ , para  $s = 1, 2, \dots, 16, i = 1, \dots, 10$ .

$XC_{E_s}^i$ , = Cantidad del bien intermedio energético  $s$  para producir el bien final  $i$ , para  $s = 1, 2, \dots, 4, i = 1, \dots, 10$ .

Como se ve, los bienes intermedios, se clasifican como bienes no energéticos,  $XC_{N_s}$  y bienes energéticos,  $XC_{E_s}$ .

Donde:

$XC_{N_1}$  = agricultura, ganadería, silvicultura y pesca

$XC_{N_2}$  = minería

$XC_{N_3}$  = alimentos, bebidas y tabaco

$XC_{N_4}$  = industria textil

$XC_{N_5}$  = industria de la madera

$XC_{N_6}$  = industria del papel

$XC_{N_7}$  = industria química

$XC_{N_8}$  = productos de minerales no metálicos

$XC_{N_9}$  = industrias metálicas básicas

$XC_{N_{10}}$  = productos metálicos, maquinarias y equipo

$XC_{N_{11}}$  = otras industrias manufactureras

$XC_{N_{12}}$  = construcción

$XC_{N_{13}}$  = comercio, restaurantes y hoteles

$XC_{N_{14}}$  = comunicaciones y transportes

$XC_{N_{15}}$  = servicios financieros y de alquiler de inmuebles

$XC_{N_{16}}$  = servicios comunales, sociales y personales

$XC_{E_1}$  = carbón

$XC_{E_2}$  = petróleo y gas

$XC_{E_3}$  = refinación de petróleo

$XC_{E_4}$  = electricidad

Además, a las importaciones de cada tipo de bien se denominará  $YE_{N_i}$  e  $YE_{E_j}$ , donde los subíndices tienen el mismo significado que para los bienes producidos domésticamente.

Las empresas que producen bienes finales,  $i$ , eligen la canasta óptima de bienes intermedios,  $s$ , minimizando costos sujetos a la tecnología empleada. La solución a este problema queda simbolizada como:  $XC_s^{i*}(pf_m, \bar{Y}_i)$ , donde  $pf_m$  son los precios de los bienes intermedios e  $\bar{Y}_i$  la cantidad de bienes producidos.



La producción de los denominados bienes energéticos se modela asumiendo que los bienes petróleo y gas, y refinación de petróleo son complementos y se anidan en una función Leontief; es decir,  $Y_E = \min \left[ \frac{Xf_{e_2}}{e_2}, \frac{Xf_{e_3}}{e_3} \right]$ , mientras que los bienes carbón, electricidad y el resultado del anidamiento anterior se anidan a su vez en una función Cobb-Douglas; es decir  $Y_{EE} = A_E Y_E^{\alpha_1} Xf_{E_1}^{\alpha_2} Xf_{E_4}^{\alpha_3}$  con  $\sum_{i=1}^3 \alpha_i = 1$ , donde  $e_2$  y  $e_3$  son coeficientes tecnológicos asociados a la función de producción Leontief;  $A_E, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ , son los coeficientes que definen a la función de producción Cobb Douglas y que deberán ser determinados a través de la calibración.

Los factores de la producción son dos:  $K_s$ , es decir la cantidad de capital utilizada en la producción del bien intermedio  $s$  y  $L_s^k, s = 1, \dots, 20; k = 1, \dots, 20$  que denomina a la cantidad del trabajo tipo  $k$  para producir el bien  $s$ . En la economía existe una cantidad fija de capital  $\bar{K}$  y de tipo de trabajo  $\bar{L}_k$ . Estos factores se anidan en una función Cobb-Douglas para producir el valor añadido,  $VA_s$ , en cada sector; es decir,  $VA_s = A_s \prod_{k=1}^{20} (L_s^k)^{\gamma_k} K_s^{\gamma_{21}}$  con  $\sum_{k=1}^{20} \gamma_k + \gamma_{21} = 1$ , con  $A_s, \gamma_k, \gamma_{21}$  el conjunto de parámetros que definen la función Cobb-Douglas.

Finalmente, los bienes intermedios se modelan con una función de producción anidada CES, que toma a los propios bienes intermedios como insumos en proporciones fijas de la siguiente forma:  $Y_{NE} = \min \left[ \frac{Xf_{N_1}}{a_1}, \dots, \frac{Xf_{N_{16}}}{a_{16}} \right]$ , junto con los bienes energéticos y el valor añadido para producir el bien intermedio:  $Y_{N_s} = [\mu_1 Y_{NE}^\rho + \mu_2 Y_{EE}^\rho + \mu_3 VA_s^\rho]^{1/\rho}$  con  $\sum_{j=1}^3 \mu_j = 1$  donde  $a_1, \dots, a_{16}$  son los coeficientes tecnológicos asociados en la función de producción Leontief;  $\mu_1, \mu_2, \mu_3$  son los coeficientes de distribución de insumos en la función CES y  $1/(1 - \rho)$  es la elasticidad de sustitución específica de esta función.

Asumiendo que los productores minimizan los costos de producción sujeto a la tecnología antes especificada, se determinan las demandas condicionadas de factores del bien  $m$  para producir el bien  $s$  que son funciones que dependen de los precios y de la cantidad producida; es decir,  $Xf_m^{ss}(pf_t, w_k, r, \tau_s, \tau_E, \bar{Y}_s)$  donde  $pf_t$  son los precios de los  $t$  bienes intermedios usados como insumos,  $w_k$  los precios de los  $k$  trabajos,  $r$  el precio del capital,  $\tau_s$  los impuestos pre existentes,  $\tau_E$  los impuestos aplicados a los energéticos e  $\bar{Y}_s$  la cantidad del bien  $s$  producido.

### II.3. Gobierno

En esta economía el gobierno cumple con tres funciones principales: 1) Recauda dos tipos de impuestos: un impuesto indirecto ya existente y un nuevo impuesto a la demanda de combustibles fósiles. Este nuevo impues-

to se simulará para verificar los efectos en bienestar. 2) Consume bienes de consumo intermedio en representación de la sociedad. 3) Redistribuye a las familias el monto recaudado de acuerdo a la política establecida por el gobierno, que se extrae de la Matriz de Contabilidad Social.

Por tanto, el ingreso del gobierno se puede especificar como:  $I_G = \sum_{s=1}^{16} \tau_s pf_s Y_s + \sum_{E=1}^4 \tau_E pf_E Xf_E$  y el gasto del gobierno como:  $G_G = \sum_{l=1}^{10} \varphi_l T + \sum_{s=1}^{20} pf_s Xf_s^G + \sum_{w=1}^{20} w_k L_k^G + K_G$ , donde  $\tau_s$  es la tasa impositiva al bien  $s$ ,  $\tau_E$  es la tasa impositiva a las demandas de energía  $E$ ,  $\varphi_l$  es la proporción que recibe la familia  $l$  del gasto de gobierno dedicado a las transferencias a las familias,  $T$  y  $Xf_s^G$  la demanda de gobierno por el bien de consumo intermedio  $s$ .

El gobierno mantiene un déficit cero.

#### II.4. Sector externo

El sector externo en esta economía se trata de manera simplificada asumiendo que los bienes importados son sustitutos cercanos de los bienes domésticos, que los precios se fijan en el mercado internacional y que el sector externo se vacía, de acuerdo a Armington (1969); es decir:  $Xf_m^s(pf_m, Y_s) = YE_{Nm} \left( \frac{pf_m}{\bar{pE}_{Em}} \right)$ , para  $m = 1, \dots, 16$  y  $s = 1, \dots, 20$  y  $Xf_m^s(pf_m, Y_s) = YE_{Em} \left( \frac{pf_m}{\bar{pE}_{Em}} \right)$  para  $m = 1, \dots, 4$  y  $s = 1, \dots, 20$  donde  $\bar{pE}_{Nm}$  son los precios de los bienes no energéticos importados y  $\bar{pE}_{Em}$  los precios de los bienes energéticos importados, ambos determinados exógenamente, además  $YE_{Nm}$  es la cantidad de bienes no energéticos importados y  $YE_{Em}$  es la cantidad de bienes energéticos importados.

#### II.5. Equilibrio

Se define el equilibrio como un vector de precios de bienes finales,  $ph_i^*$ , un vector de precios de bienes intermedios,  $pf_s^*$ , un vector de precios de factores,  $w_1^*, \dots, w_{20}^*, r^*$ , una asignación de bienes finales,  $Xh_i^{l*}(ph_i^*, m_i)$  una asignación de bienes intermedios,  $Xf_m^{s*}(pf_s^*, \tau_s, \tau_E, Y_{Ns}, Y_{Es})$ ,  $XC_s^{i*}(pf_s^*, m_i, Y_i)$  una asignación de factores,  $K_s^*(w_1^*, \dots, w_{20}^*, r^*)$ ,  $L_s^{k*}(w_1^*, \dots, w_{20}^*, r^*)$ , un vector de impuestos indirectos,  $\tau_s$  y un vector de impuestos ambientales,  $\tau_E$ , tales que:

- 1) Se vacían los mercados de bienes intermedios y finales, es decir:
 
$$\sum_{m=1}^{20} Xf_m^{s*}(pf_s^*, \tau_s, \tau_E, Y_{Ns}, Y_{Es}) + \sum_{i=1}^{10} XC_s^{i*}(pf_s^*, Y_i) + Xf_s^{G*} = Y_{Ns}$$
 para todo  $s = 1, \dots, 20$ ,
 
$$\sum_{l=1}^{10} Xh_i^{l*}(ph_i^*, m_l) = Y_i$$
 para todo  $i = 1, \dots, 10$
- 2) Se vacían los mercados de factores, es decir:  $\sum_{j=1}^{20} K_j(w_1^*, \dots, w_{20}^*, r^*) = \bar{K}$  y
 
$$\sum_{j=1}^{20} L_j^k(w_1^*, \dots, w_{20}^*, r^*) = \bar{L}_k$$
 para toda  $k = 1, \dots, 20$

- 3) Las familias maximizan su utilidad; es decir, eligen la canasta de bienes:  $Xh_1^{l*}(ph_1^*, \dots, ph_{10}^*, m_l(w_k^*)), \dots, Xh_{10}^{l*}(ph_1^*, \dots, ph_{10}^*, m_l(w_k^*))$  tales que  $Xh_1^{l*}(ph_1^*, \dots, ph_{10}^*, m_l(w_k^*)), \dots, Xh_{10}^{l*}(ph_1^*, \dots, ph_{10}^*, m_l(w_k^*)) \in \arg \max \{(U^l(Xh_1^l, \dots, Xh_{10}^l) \mid \sum_{i=1}^{10} ph_i Xh_i^l \leq \sum_{k=1}^{20} w_k L_k^l + \theta_l \pi + \varepsilon_l + \varphi_l T)\}$ .
- 4) Las empresas que producen bienes intermedios minimizan costos eligiendo la canasta de bienes intermedios,  $Xf_m^{s*}(pf_t^*, \tau_t, \tau_E, \bar{Y}_{Ns}, \bar{Y}_{Es})$  y de factores  $K_j^s(w_1^*, \dots, w_{20}^*, r^*), L_j^{ks}(w_1^*, \dots, w_{20}^*, r^*)$  tales que:  $(K_s^*, L_s^{k*}) \in \arg \min \{(\sum_{m=1}^{20} pf_m Xf_m^s(pf_t^*, \bar{Y}_{Ns}, \bar{Y}_{Es}) + rK_s^*(w_1^*, \dots, w_{20}^*, r^*) + \sum_{k=1}^{20} w_k L_s^{k*}(w_1^*, \dots, w_{20}^*, r^*) \mid \sum_{m=1}^{20} Xf_m^s \geq Y_{Ns})\}$
- 5) Las empresas que producen bienes finales minimizan costos eligiendo una canasta de bienes intermedios  $XC_s^{i*}(pf_j^*, \bar{Y}_i)$  tales que:  $XC_s^{i*}(pf_j^*, \tau_s, \tau_E, \bar{Y}_i) \in \arg \min \{(\sum_{m=1}^{20} pf_m XC_m^i(pf_j^*, \tau_s, \tau_E, \bar{Y}_i) \mid \sum_{m=1}^{20} XC_m^i \geq Y_i)\}$
- 6) El gobierno incurre en déficit cero, es decir:  $\sum_{s=1}^{16} \tau_s pf_s Y_s + \sum_{E=1}^4 \tau_E pf_E Xf_E = \sum_{l=1}^{10} \varphi_l T + \sum_{s=1}^{20} pf_s Xf_s^G + \sum_{w=1}^{20} w_k L_k^G + K_G$
- 7) En el sector externo las exportaciones se igualan a las importaciones.  $\sum_{m=1}^{10} \sum_{s=1}^{20} Xf_m^s(pf_t, Y_t) = \sum_{s=1}^{16} YE_{Ns} \left(\frac{pf_s}{pE_{xc}}\right) + \sum_{s=1}^4 YE_{Es} \left(\frac{pf_s}{pE_{xc}}\right)$ .

## II.6. Simulaciones

Habida cuenta de que no existen estudios que reporten resultados de la elasticidad de sustitución entre energías y otros insumos, necesarias para la definición de la función CES, se decidió tomar dos valores extremos para esta elasticidad. En uno se sustituye de manera flexible entre los distintos tipos de insumos en la producción de bienes intermedios,  $\rho = 0.20$ , y otro con mayor rigidez en la sustitución,  $\rho = 20$ . Se reportan ambos resultados.

En las simulaciones se incorpora un impuesto *ad valorem* que va desde 10 hasta 100 por ciento, a la demanda de energía. Es de esperarse que este impuesto modifique los precios relativos de todos los bienes y factores de la economía, con lo cual se modificará el nivel de ingreso de las familias y, por lo tanto, su bienestar. Se calcula el índice de Gini con el fin de medir el impacto en la concentración del ingreso.

Con ambos tipos de elasticidad de sustitución energética, se hicieron dos clases de simulaciones: gravando a cada tipo de energía por separado y gravando a todos los bienes energéticos simultáneamente. Debe recordarse que, debido a la forma en que se construyó el modelo, existe la posibilidad de que los agentes económicos sustituyan entre los distintos com-

bustibles fósiles que pueden utilizar, cuando el precio de alguno de ellos aumenta, como consecuencia de la aplicación de los impuestos.

Se calcula también la caída o el incremento en el bienestar de las familias como el cambio en la variación equivalente de cada familia, con relación al equilibrio de referencia. Con el fin de realizar este análisis, se separaron las familias en diez grupos y se ordenaron de menor a mayor ingreso, siendo la 1 la de menores ingresos y la 10 la de mayores ingresos.

Para el cálculo de los efectos en bienestar, se mantuvo constante la política distributiva; es decir, se calibraron los parámetros de las transferencias del gobierno hacia las familias de acuerdo con la información contenida en la matriz original, esto es, en el equilibrio de referencia, como se hace habitualmente. Lo anterior permite capturar el efecto positivo de las transferencias del gobierno sobre el ingreso real y el bienestar de las familias. Cabe aclarar que la economía se encuentra distorsionada inicialmente por los impuestos y subsidios contenidos en el equilibrio de referencia y por tanto los parámetros de calibración se calculan con este supuesto.

El mecanismo de transmisión es el siguiente: se gravan los energéticos y por tanto aumenta el precio relativo del sector gravado, el resto de los energéticos reacciona de acuerdo a los supuestos de flexibilidad y anidación ya especificada; la modificación de los precios relativos modifica la cantidad demandada y por tanto los niveles de producción para alcanzar el equilibrio. Por un lado, los nuevos niveles de producción demandarán nuevos niveles de factores de producción, lo que modificará sus precios relativos y, por ende, el valor de la dotación de factores de las familias y su ingreso. Por otro lado, al modificarse la cantidad producida y el precio de los bienes intermedios, se modificarán la cantidad y el precio de los bienes finales que consumen las familias. Estos dos efectos determinan el bienestar de las familias.

A continuación, mostramos los resultados de las simulaciones con los criterios antes mencionados. El programa, construido para funcionar en el módulo MPSGE de GAMS.

### **III. Resultados**

El efecto de un impuesto, cuando la economía se encuentra en un equilibrio walrasiano, genera siempre distorsiones en la economía. Es la modificación en los precios relativos y la distribución de la recaudación lo que puede más que compensar la carga del impuesto. Lo que se analiza a continuación es la modificación del vector de precios de equilibrio, la distribu-

**Cuadro 1.** Impuestos preexistentes

<i>Sector</i>	<i>Impuestos preexistentes (millones de pesos 2004)</i>
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	17 312
Minería	37 662
Alimentos, bebidas y tabaco	118 298
Industria textil	30 191
Industria de la madera	9 333
Industria del papel	16 054
Industria química	61 980
Productos de minerales no metálicos	19 072
Industrias metálicas básicas	28 003
Productos metálicos, maquinarias y equipo	171 703
Otras industrias manufactureras	13 513
Construcción	22 594
Comercio, restaurantes y hoteles	8 104
Comunicaciones y transportes	20 745
Servicios financieros y de alquiler de inmuebles	53 952
Servicios comunales, sociales y personales	46 600
Carbón	4 775
Petróleo y gas	69 122
Refinación de petróleo	1 828
Electricidad	-4 728

*Fuente:* Aguayo Téllez *et al.* (2009).

ción del ingreso y el bienestar de las familias ante un impuesto a la demanda de combustibles fósiles, siempre manteniendo la economía sobre la frontera de posibilidades de producción, esto es, comparando dos equilibrios walrasianos y por tanto óptimos de Pareto.

Gravar un bien energético tiene el efecto inmediato de disminuir su demanda y por ende la emisión de CO<sub>2</sub>, lo que se espera generará beneficios medioambientales. Pero, ¿esta medida tiene efectos en el bienestar, medido como los cambios en la variación equivalente, y en la distribución del ingreso, medida a través del índice de Gini? En otras palabras, ¿quién acaba pagando la mejora medioambiental?

Partimos del hecho de que la composición del gasto de las familias es diferente; por ejemplo, la familia 1 gasta casi el 50 por ciento de su ingreso en alimentos y vivienda mientras que la familia 10 lo hace en hoteles y transporte. La composición de gasto se mantiene, porque se mantienen constantes las preferencias a lo largo del estudio, como es usual.

Como se ha mencionado, la economía se encuentra previamente distorsionada, con los impuestos netos que aparecen en el cuadro 1.

### *III.1. Impuesto al carbón y derivados*

En las primeras cinco gráficas se muestran resultados relativos para el caso en que se grava la demanda de carbón y sus derivados. En las gráficas 1 y 2 puede observarse el efecto en la disminución de la demanda de carbón cuando se grava su precio, la diferencia fundamental consiste en el hecho de que cuando se tiene una economía rígida, la disminución de la demanda de carbón es de un poco más de 40 por ciento cuando se aplica un impuesto de 100 por ciento. Como puede observarse, las demandas del resto de los combustibles permanecen casi inalteradas, mientras que cuando se trata de una economía flexible, la reducción de la demanda de carbón es prácticamente de 90 por ciento para impuestos de 60 por ciento o más y el uso de otras energías se mantiene en niveles cercanos al inicial, lo que implica que más que sustituir con otras energías se sustituye con capital y trabajo. Es decir, con fines de reducir la emisión de CO<sub>2</sub>, gravar la demanda de carbón es una política poco efectiva relativamente.

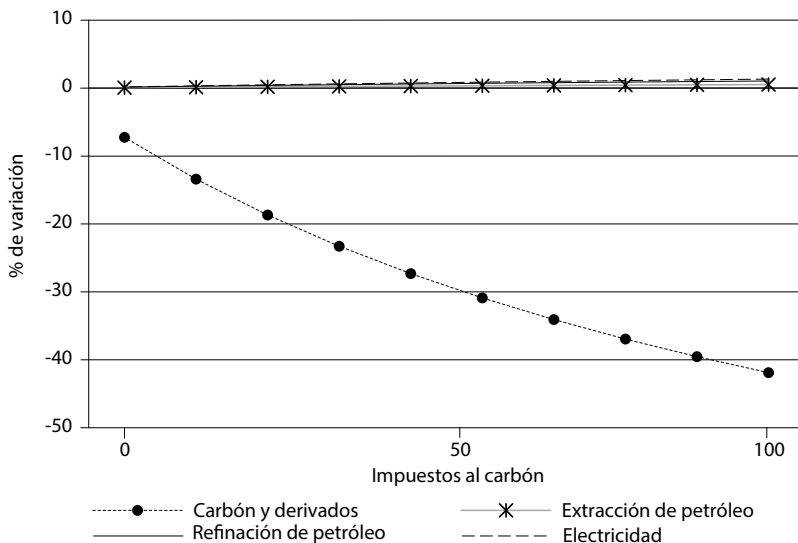
En las gráficas 3 y 4 observamos los efectos que tiene la aplicación del impuesto en el bienestar de las familias. Éstos se miden con relación al equilibrio de referencia. Los valores menores a 1 implican una caída en el bienestar medido como cambio en la variación equivalente.

Se observa una caída general en el bienestar de todas las familias. Sin embargo, se puede observar un comportamiento interesante entre las caídas de las diferentes familias ante distintas rigideces de la economía, es decir, entre el tipo de elasticidad de sustitución que anida los distintos tipos de insumos en la función de producción.

Cuando tenemos una economía rígida; es decir, una elasticidad de sustitución cercana a cero, la efectividad del impuesto es mayor y por tanto, habida cuenta de que no se modifica la política de transferencias del gobierno, las transferencias a la familia 1 aumentan conforme aumenta la tasa impositiva.

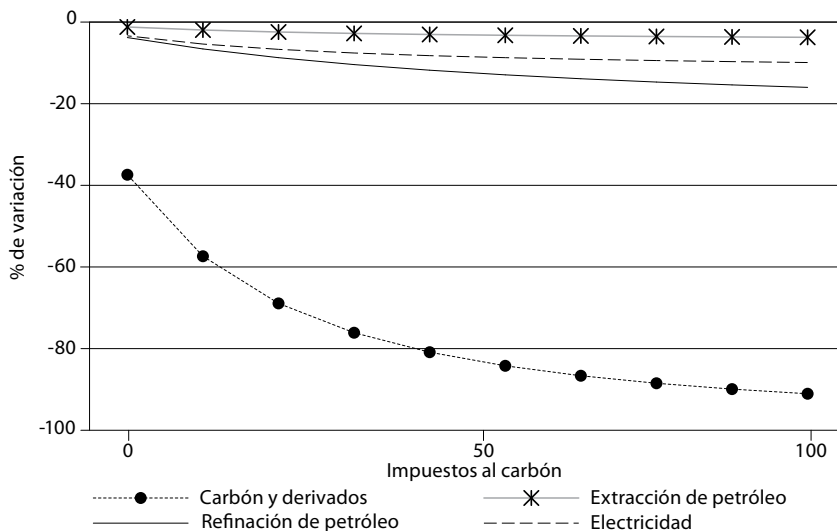
El incremento de los precios provocado con el impuesto al carbón hace que el resto de las familias vea empeorada su situación relativamente más

**Gráfica 1.** Cantidad demandada de energía en economía rígida



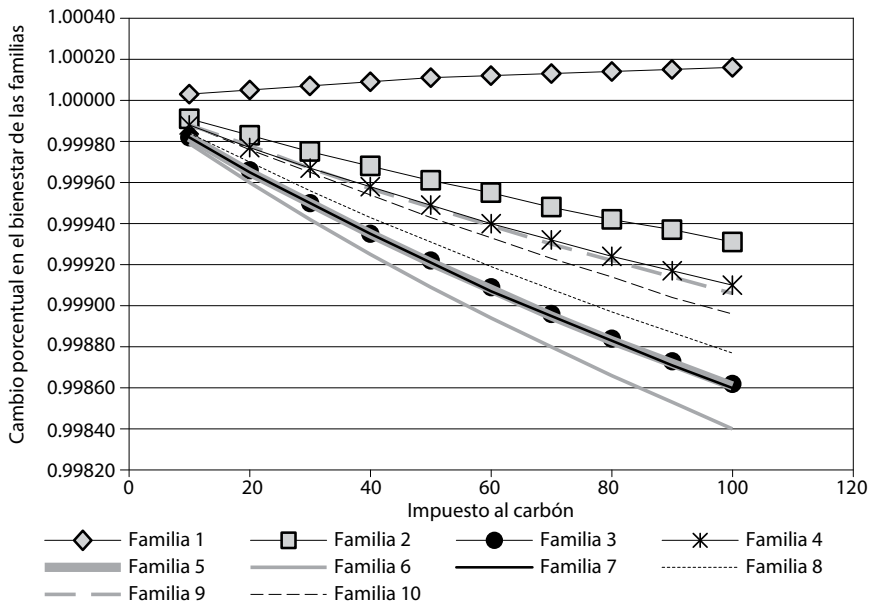
Fuente: Elaboración propia.

**Gráfica 2.** Cantidad demandada de energía en economía flexible



Fuente: Elaboración propia.

**Gráfica 3.** Cambios en el bienestar de las familias en una economía rígida



Fuente: Elaboración propia.

que la familia 1 y que ésta vea incrementada ligeramente su bienestar ya que esta última tiene un ingreso que depende en mucho mayor medida de las transferencias del gobierno, como puede observarse en el cuadro 2.

Es pertinente recordar que esta medida de bienestar mide la cantidad de dinero adicional que tendría que dar el estado al consumidor si quisiera compensarlo exactamente por la variación en los precios. Esta compensación se hace considerando los niveles de utilidad alcanzados por los agentes y, por ende, por los gastos realizados antes y después de la aplicación del impuesto.

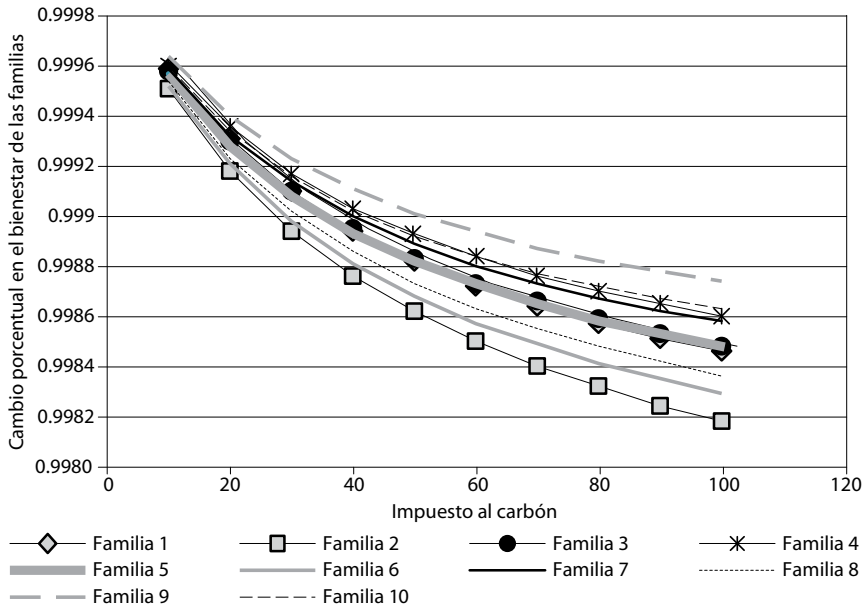
**Cuadro 2.** Transferencias del gobierno al ingreso de las familias en porcentaje

Familias	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
Transferencias del gobierno como Porcentaje del ingreso	11.30	6.46	4.07	3.93	3.40	2.55	3.19	2.81	2.83	2.30

Fuente: Aguayo Téllez et al. (2009).



**Gráfica 4.** Cambios en el bienestar de las familias en una economía flexible

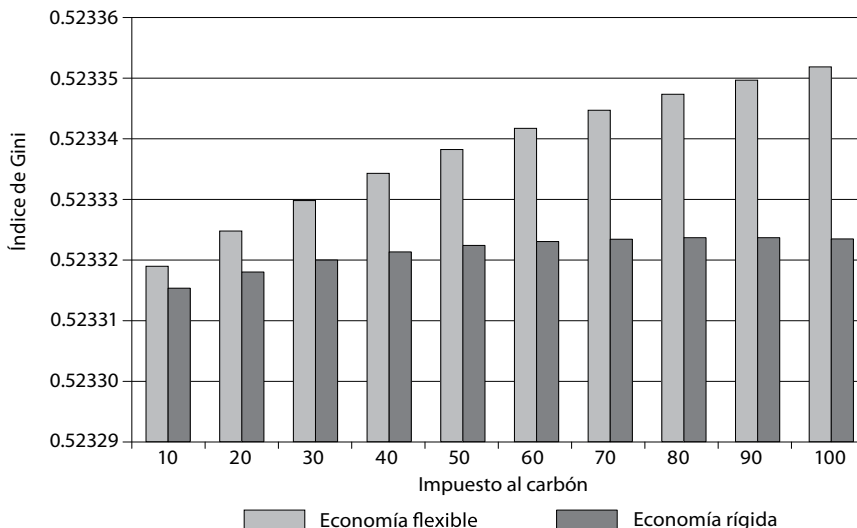


Fuente: Elaboración propia.

Cuando tenemos una economía flexible, los productores sustituyen energía por otros insumos y por tanto la efectividad de la política impositiva disminuye, las transferencias a las familias también, entre ellas a la familia 1 y por lo tanto el bienestar de todas las familias cae, como se ve en la gráfica 4.

Finalmente, dentro del análisis del impacto del impuesto al carbón y derivados, observamos el efecto en la distribución del ingreso que tiene gravar la demanda de carbón, medido a través del índice de Gini, como se aprecia en la gráfica 5. Aunque en la gráfica se observa un incremento en la desigualdad conforme aumenta en monto del impuesto, debe notarse que aún para el caso que el efecto es máximo; es decir, cuando el impuesto es de 100 por ciento, prácticamente no hay diferencia en la desigualdad de la sociedad, ya que la diferencia entre la economía flexible y la rígida es de sólo 0.005 por ciento.

El efecto sobre la concentración del ingreso es mínimo, debido a que el carbón tiene una utilización relativamente pequeña en la economía mexicana.

**Gráfica 5. Efectos distributivos**

Fuente: Elaboración propia.

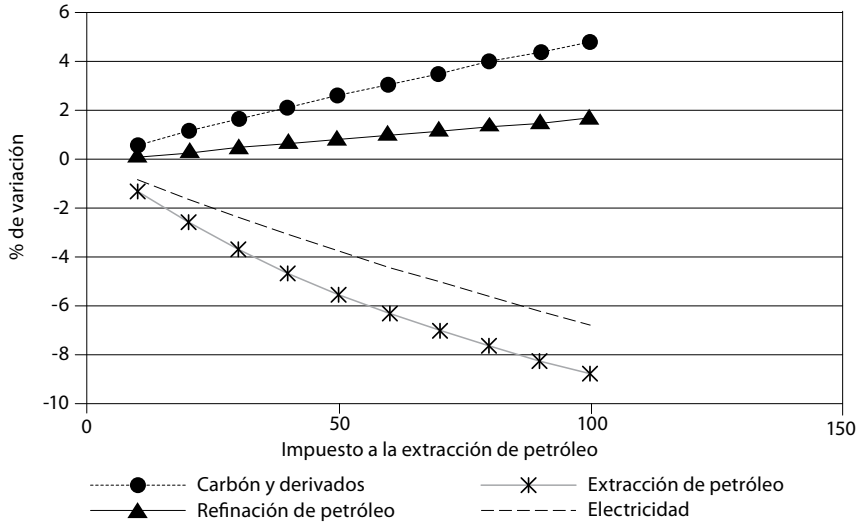
### III.2. Impuesto a la extracción de petróleo y gas

El efecto observado en la reducción de la demanda cuando se grava la actividad económica denominada extracción de petróleo y gas es distinta que el caso anterior. Como se observa en la gráfica 6, el decremento en la demanda del bien gravado viene acompañado de dos efectos en los demás bienes energéticos: por un lado, una caída casi similar aunque un poco menor de la demanda de energía eléctrica y, por otro lado, un ligero incremento en la demanda de carbón y de refinación de petróleo.

El incremento en la demanda de carbón, en una economía rígida, es explicable por el hecho de que el carbón y la refinación de petróleo son bienes sustitutos y por tanto al encarecerse uno se demanda más del otro.

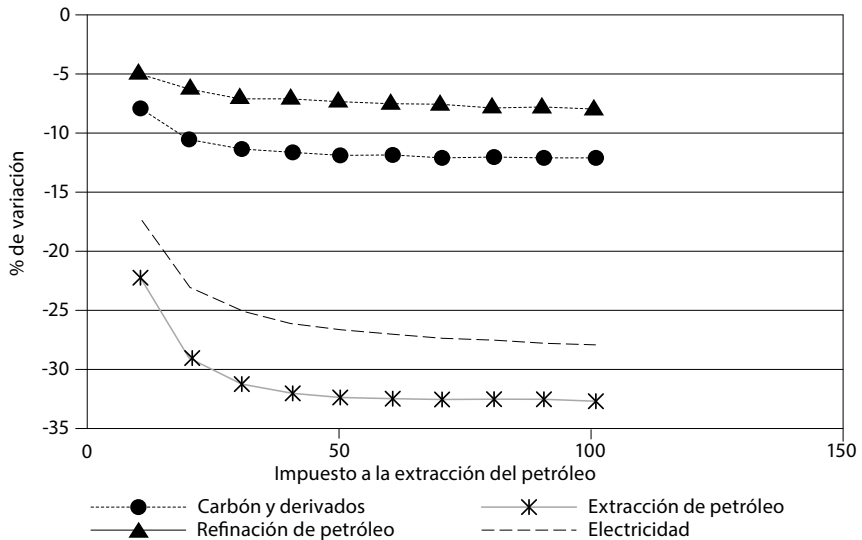
Lo aparentemente paradójico es el hecho de que se encuentre el mismo comportamiento entre la refinación de petróleo y la extracción de petróleo. Esto que *a priori* podría ser anti intuitivo se explica por el hecho de que a pesar de que los bienes refinación de petróleo y extracción de petróleo fueron modelados como bienes complementarios, el bien refinación de petróleo, en su mayor parte, es importado y en esta economía los bienes importados no son gravados, por lo que los precios relativos después de la aplicación del impuesto favorecen el consumo del bien refinación de petróleo.

**Gráfica 6.** Cantidad demandada de energía en economía rígida



Fuente: Elaboración propia.

**Gráfica 7.** Cantidad demandada de energía en economía flexible



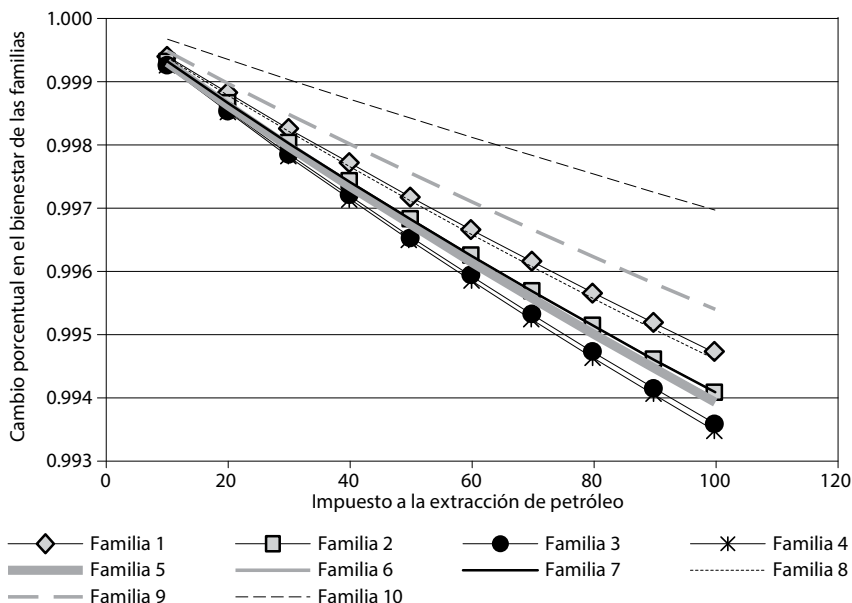
Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, cuando tenemos una economía flexible, el incremento en precios observado en el mercado de extracción de petróleo y gas como consecuencia de la aplicación del impuesto trae, como es natural, una caída en su demanda, pero una caída en la demanda de los demás bienes energéticos, habida cuenta de que los productores de bienes intermedios sustituyen fácilmente por otros factores para producir el bien intermedio en que se especializan, como se observa en la gráfica 7.

En cuanto al efecto en bienestar, se observa el mismo efecto en todos los resultados obtenidos gravando los distintos combustibles fósiles. Todas las familias ven disminuido su bienestar pero con economía rígida la familia 1 disminuye más lentamente, mientras que en una economía flexible es de las más afectadas, como puede observarse en las gráficas 8, 9, 13, 14, 18, 19, 23 y 24.

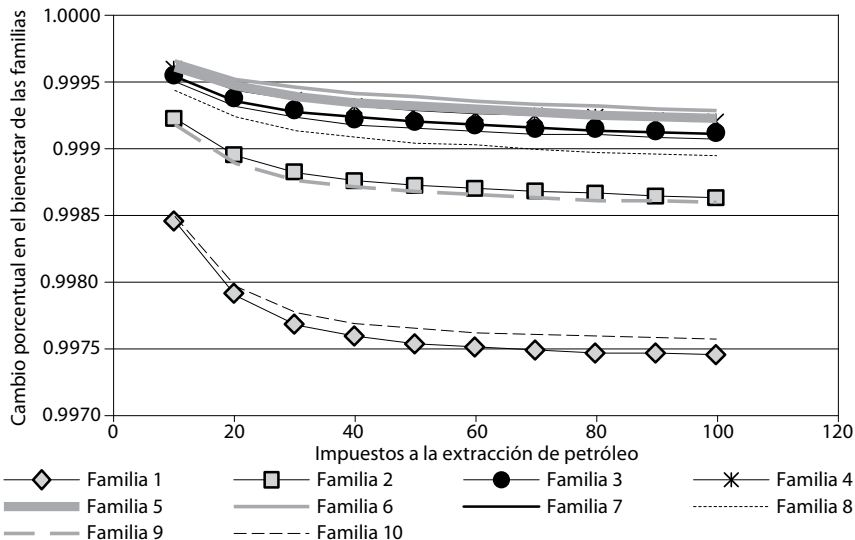
Debe notarse que, como ha sido dicho, los efectos anteriores son muy pequeños; es decir, los cambios porcentuales son del orden de 0.001 por ciento. En el mismo sentido, las mediciones del índice de Gini indican muy pocos efectos redistributivos, al margen de cuál bien energético sea gravado, como se puede observar en las gráficas 10, 15, 20 y 25.

**Gráfica 8.** Cambios en el bienestar de las familias en una economía rígida



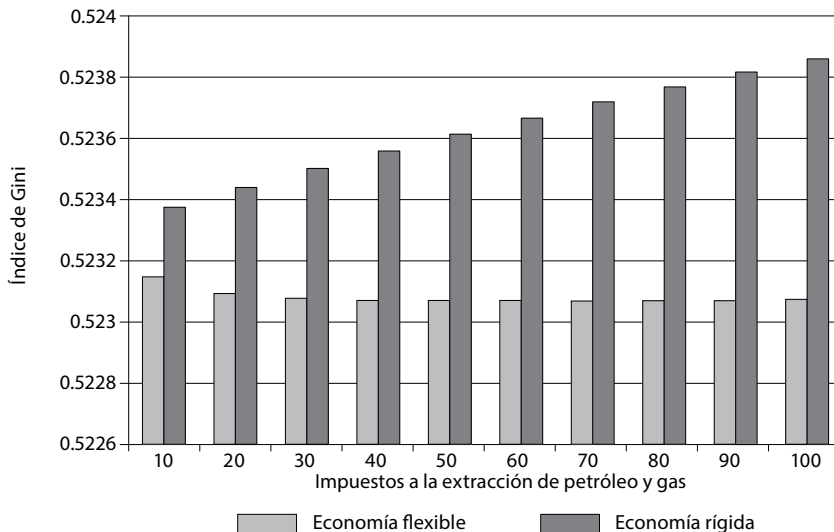
Fuente: Elaboración propia.

**Gráfica 9.** Cambios en el bienestar de las familias en una economía flexible



Fuente: Elaboración propia.

**Gráfica 10.** Efectos distributivos



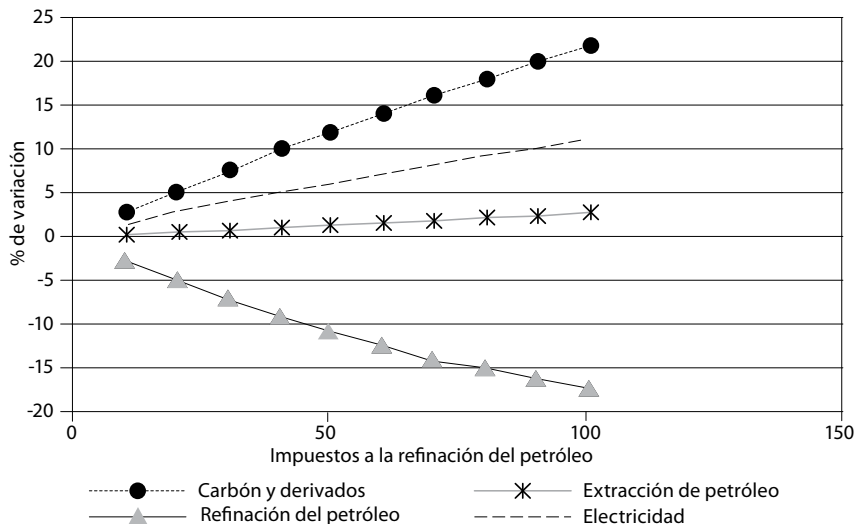
Fuente: Elaboración propia.

### III.3. Impuesto a la refinación de petróleo

De la misma manera que, en los casos anteriores, al gravar al sector refinación de petróleo la demanda por este bien se ve reducida tanto en un contexto de economía rígida como de economía flexible, nuevamente observamos que si los agentes enfrentan una tecnología en la cual la sustitución entre los diferentes insumos es cercana a la Leontief, su respuesta es disminuir la demanda del bien gravado pero aumentar, en este caso, casi en la misma proporción, la cantidad demandada de los otros insumos energéticos. Sin embargo, cuando la tecnología presenta facilidades para sustituir entre los diferentes insumos de la función de producción, en general, disminuye la cantidad demandada de todos los bienes energéticos pero principalmente del bien gravado, como se observa en las gráficas 11 y 12.

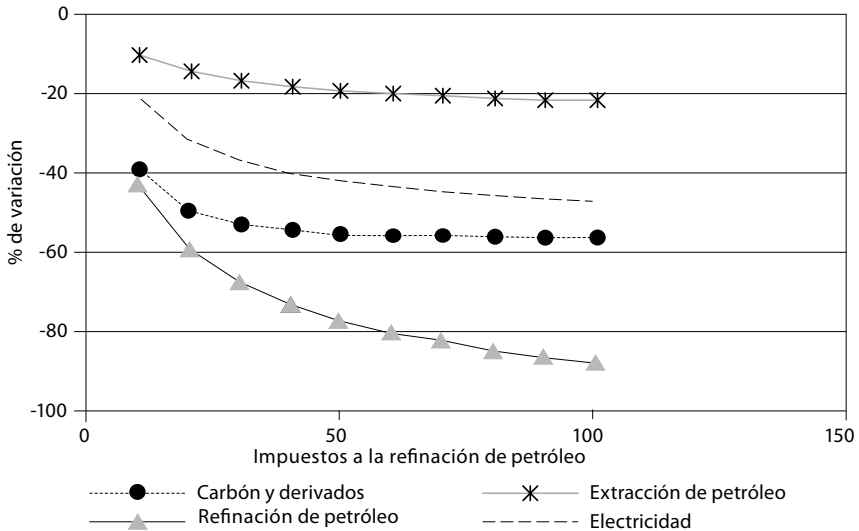
En cuanto al efecto en el bienestar de las familias, se presentan de nuevo los dos casos estudiados, en donde observamos el mismo comportamiento que en los casos anteriores: la política impositiva no tiene efectos distributivos ni efectos en bienestar que resulten significativos y las posiciones relativas entre cada una de las familias se debe a las causas ya mencionadas.

**Gráfica 11.** Cantidad demandada de energía en economía rígida



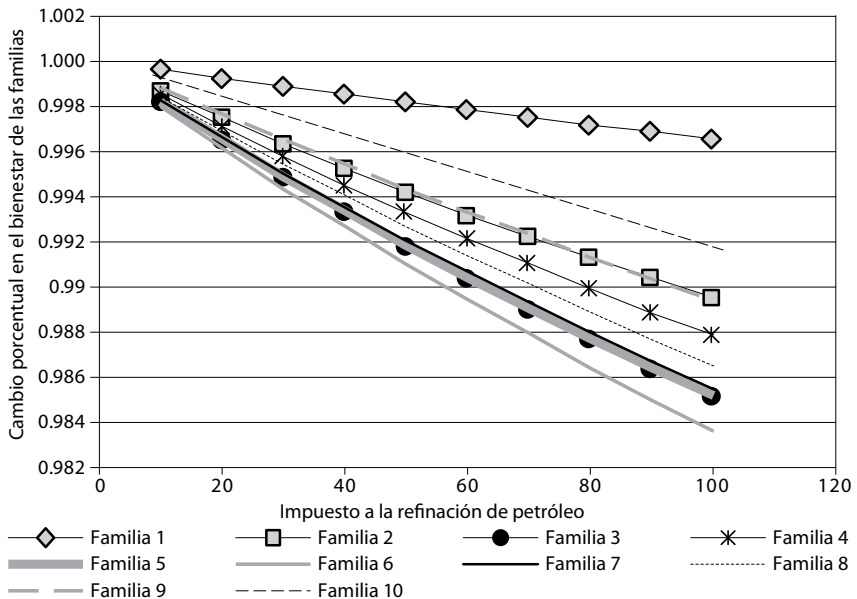
Fuente: Elaboración propia.

**Gráfica 12.** Cantidad demandada de energía en economía flexible



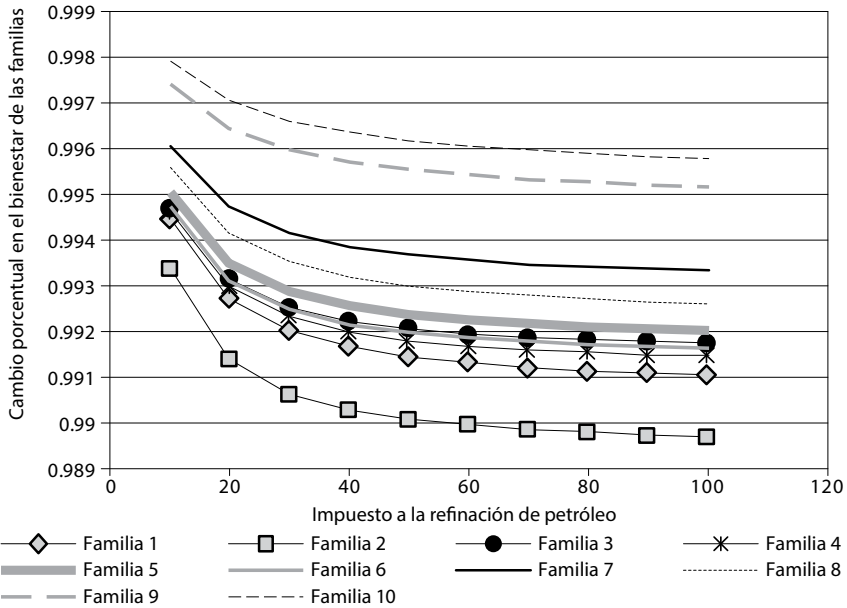
Fuente: Elaboración propia.

**Gráfica 13.** Cambios en el bienestar de las familias en una economía rígida



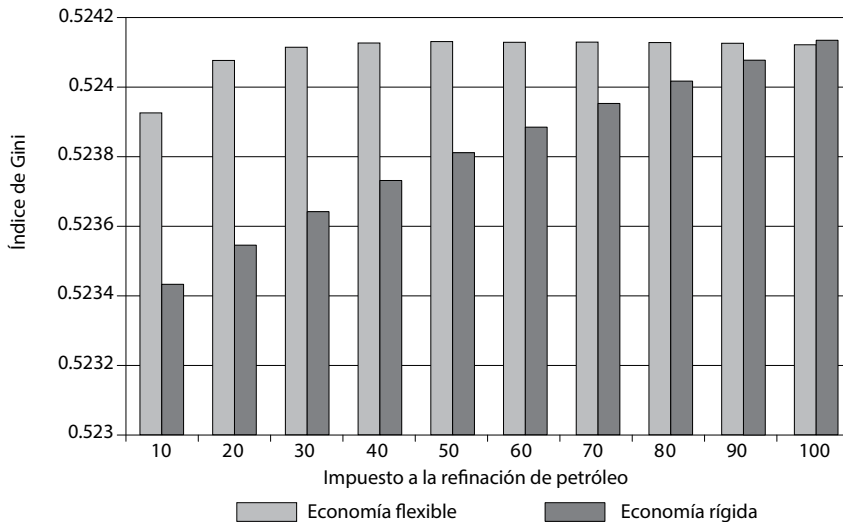
Fuente: Elaboración propia.

**Gráfica 14.** Cambios en el bienestar de las familias en una economía flexible



Fuente: Elaboración propia.

**Gráfica 15.** Efectos distributivos



Fuente: Elaboración propia.



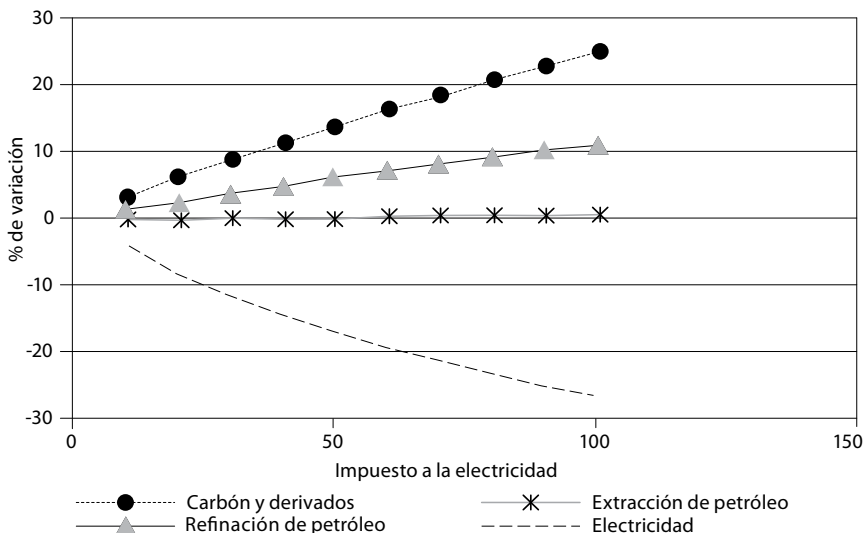
En la gráfica 15 podemos observar cuáles son los efectos distributivos de aplicar un gravamen a la demanda de refinación de petróleo. De nueva cuenta observamos un efecto mínimamente progresivo en la distribución del ingreso cuando se tiene una economía flexible y un comportamiento ligeramente concentrador cuando se tiene una economía rígida.

### III.4. Impuesto a la energía eléctrica

El último sector que se grava de manera separada es la energía eléctrica. Los resultados se muestran en las siguientes cinco gráficas. En las dos primeras puede apreciarse el efecto que tiene en la reducción de demanda de energía eléctrica la aplicación del impuesto y su parcial sustitución por bienes derivados de la refinación del petróleo y del carbón, cuando tenemos una economía rígida; mientras que cuando tenemos una economía flexible, todos los bienes energéticos ven disminuida su demanda, indicando sustitución con otros insumos, como puede apreciarse en las gráficas 16 y 17.

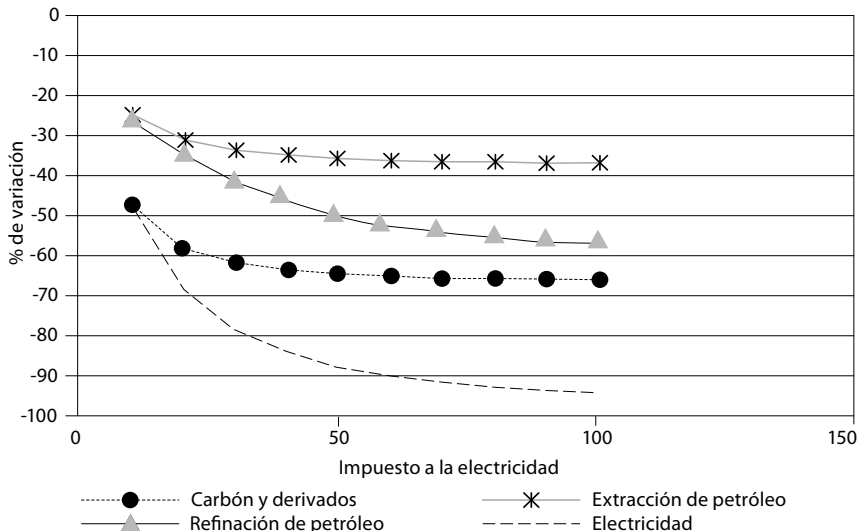
En cuanto a la pérdida en bienestar, se repite el mismo patrón observado en todo el trabajo: movimientos relativos mínimos que reflejan la estructura de distribución de transferencias del gobierno pre existente, como puede observarse en las gráficas 18 y 19.

**Gráfica 16.** Cantidad demandada de energía en economía rígida



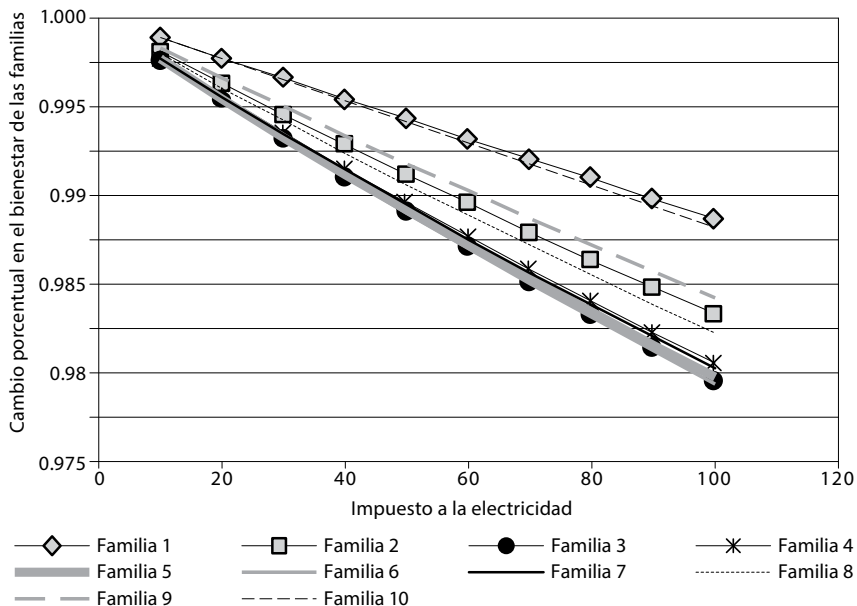
Fuente: Elaboración propia.

**Gráfica 17.** Cantidad demandada de energía en economía flexible



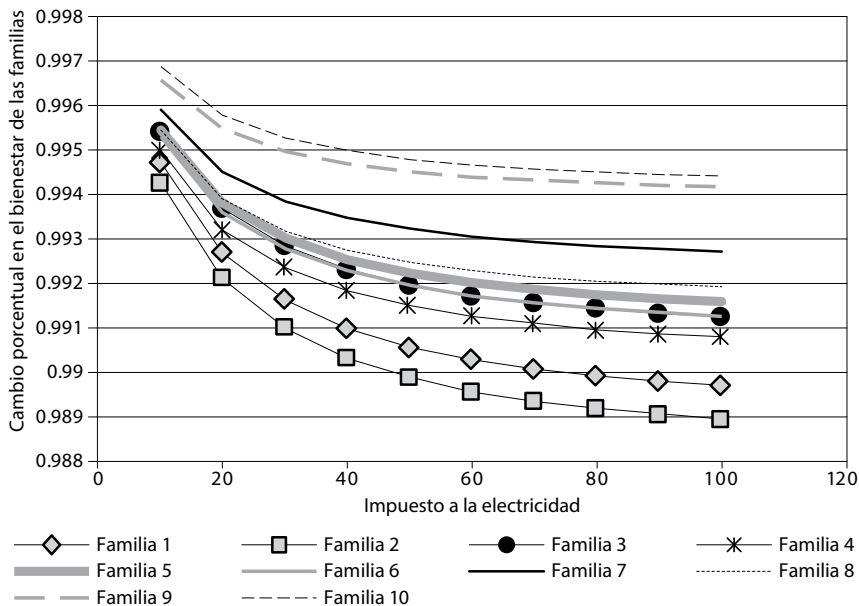
Fuente: Elaboración propia.

**Gráfica 18.** Cambios en el bienestar de las familias en una economía rígida



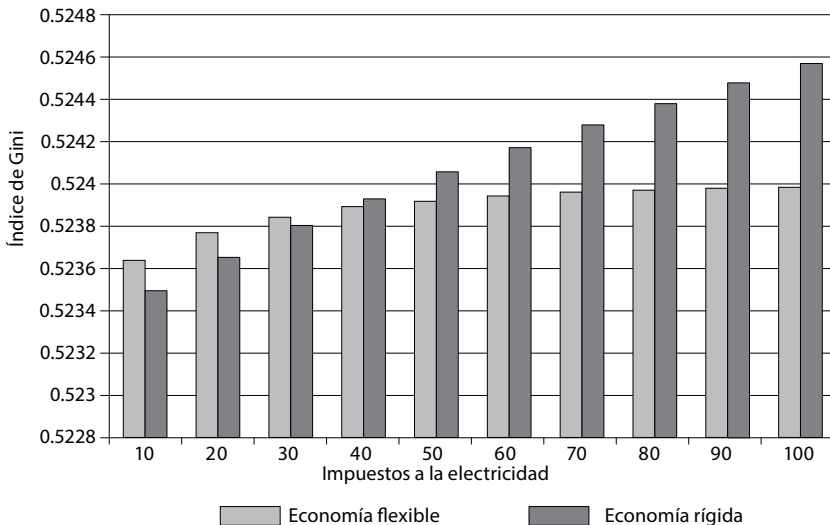
Fuente: Elaboración propia.

**Gráfica 19.** Cambios en el bienestar de las familias en una economía flexible



Fuente: Elaboración propia.

**Gráfica 20.** Efectos distributivos



Fuente: Elaboración propia.

De la misma manera los efectos distributivos son apenas perceptibles, como se observa en la gráfica 20.

### III.5. Impuesto a todos los sectores energéticos simultáneamente

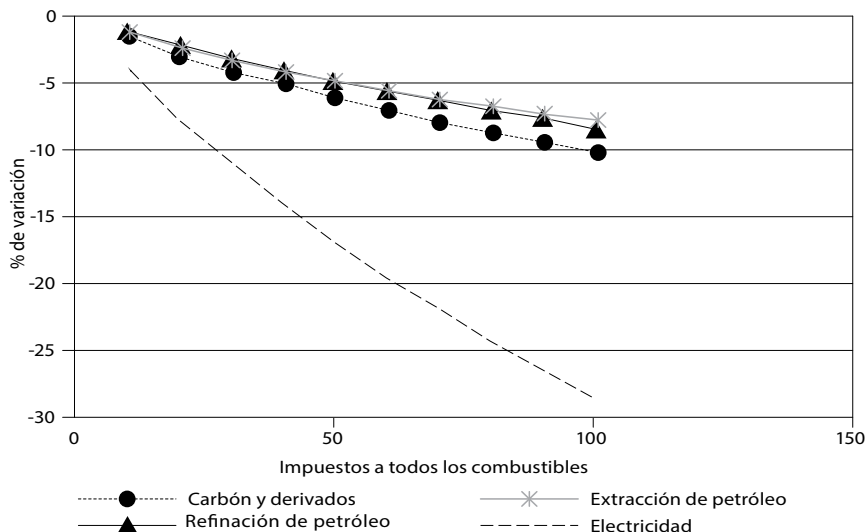
Finalmente se analizan los resultados obtenidos al gravar todos los sectores energéticos simultáneamente. De nueva cuenta se tendrán los dos extremos, en términos de la flexibilidad de sustitución en los insumos para producir bienes intermedios.

El primer resultado dentro de este experimento muestra que cuando se gravan todos los bienes, como era de esperarse, todos los bienes ven reducidas sus demandas, tanto en una economía rígida tanto como en una economía flexible. Véanse las gráficas 21 y 22.

De la misma manera que en los casos anteriores, los efectos en bienestar, que se muestran en las gráficas 23 y 24, son muy pequeños y conservan el mismo patrón, en cuanto a las posiciones relativas de las familias, observado en todas las simulaciones anteriores.

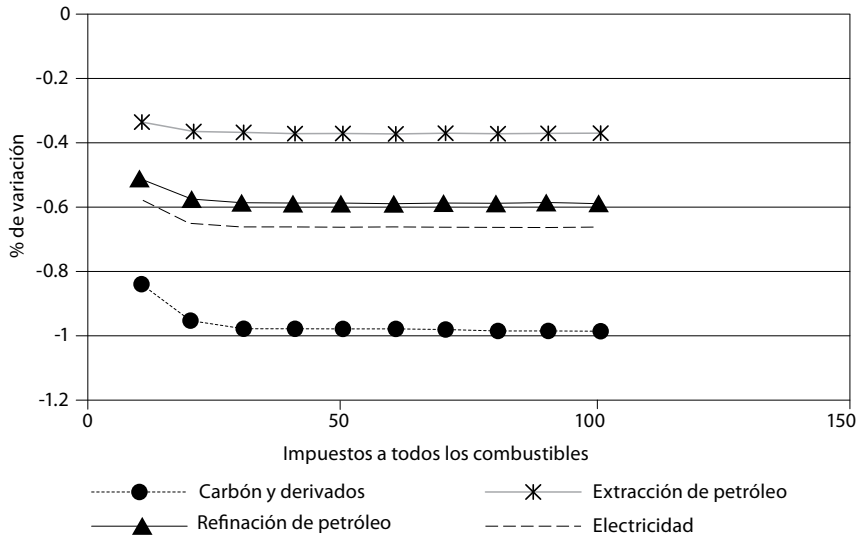
Finalmente, en la gráfica 25 podemos observar que esta política produce efectos mínimamente concentradores de la riqueza para ambos tipos de tecnología.

**Gráfica 21.** Cantidad demandada de energía en economía rígida



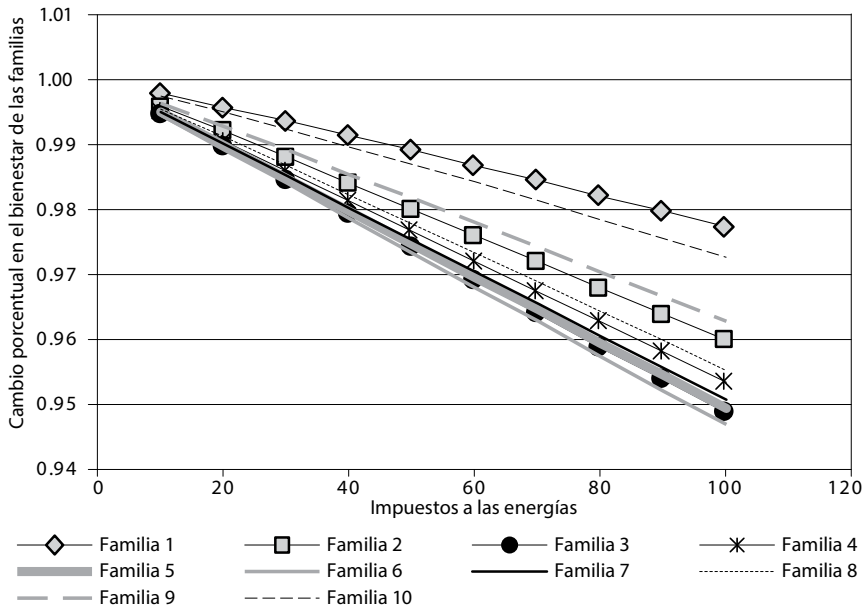
Fuente: Elaboración propia.

**Gráfica 22.** Cantidad demandada de energía en economía flexible



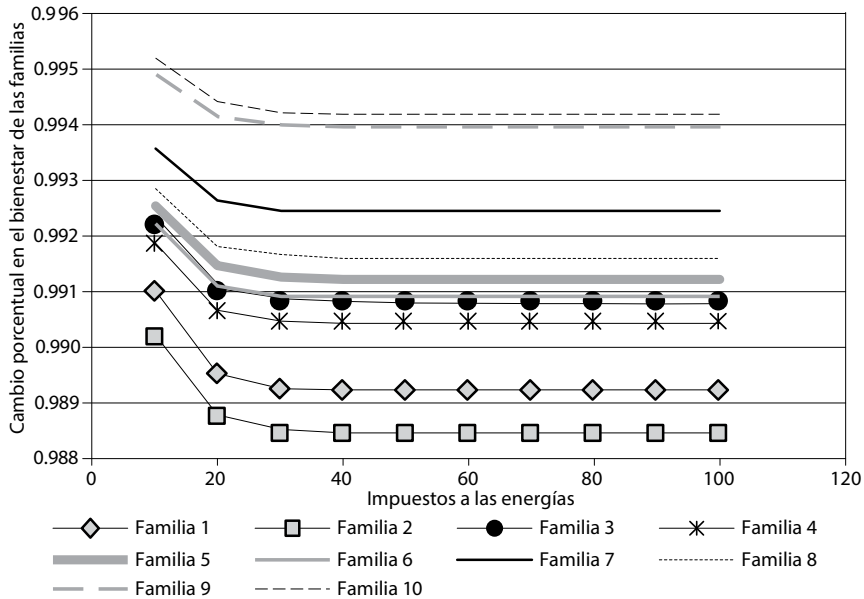
Fuente: Elaboración propia.

**Gráfica 23.** Cambios en el bienestar de las familias en una economía rígida



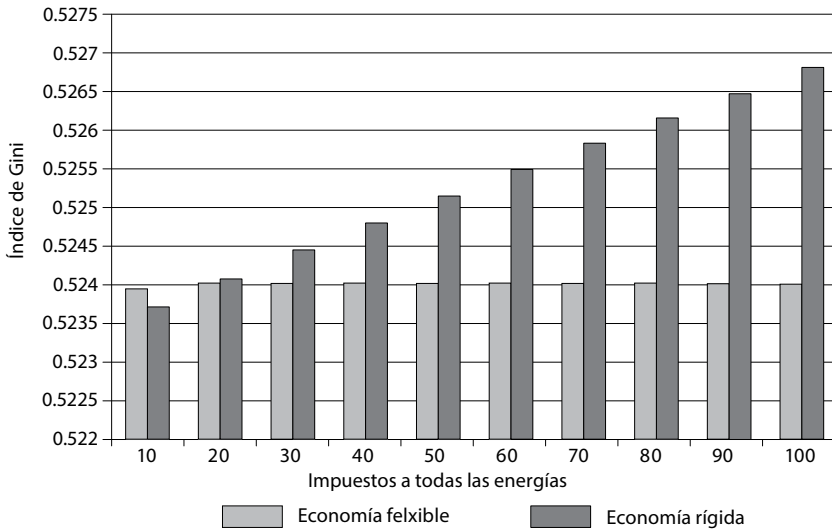
Fuente: Elaboración propia.

**Gráfica 24.** Cambios en el bienestar de las familias en una economía flexible



Fuente: Elaboración propia.

**Gráfica 25.** Efectos distributivos



Fuente: Elaboración propia.

#### IV. Conclusiones

Se construyó un modelo de equilibrio general computable para evaluar los efectos sobre el bienestar de los agentes de gravar la demanda intermedia de los bienes energéticos en una economía. La metodología utilizada para el desarrollo del modelo se debe a Shoven y Whalley, y se programó utilizando el módulo MPSGE-GAMS.

El modelo utiliza información contenida en una matriz de contabilidad social, con la cual se calibra, lo que permite analizar los efectos en bienestar que tiene la aplicación de un impuesto a la energía fósil, planteado como objetivo principal del trabajo. Entre las características más relevantes, esta matriz contiene diez consumidores finales y el sector energético lo suficientemente desglosado como para poder capturar los efectos de equilibrio general necesarios.

En esta ocasión toda la atención en los cálculos de los modelos se centra en medir los efectos en bienestar y distributivos, a través de dos medidas: la variación equivalente y el índice de Gini.

La política adoptada para controlar la emisión es un impuesto a la demanda de bienes energéticos como insumos intermedios y no a los combustibles como bienes finales. Queda por probar, cosa que no se hace en este trabajo, cuál de las dos formas es más eficiente y cuál es más equitativa.

El impuesto se aplica por tipo de bien energético y a todos los bienes energéticos en su conjunto. Al hacer esto, podemos observar los distintos comportamientos entre los bienes cuando se modifican los precios relativos. A manera de simulación, se optó por probar los efectos del impuesto con dos valores de la elasticidad de sustitución 0.2 y 20; a la primera se le denominó rígida y a la segunda flexible.

Se observa que la aplicación del impuesto tiene el efecto deseado en la reducción de la demanda, y puede concluirse que con base en la información utilizada, la política impositiva utilizada no tiene efectos significativos ni sobre el bienestar ni sobre la distribución del ingreso.

La forma de modelar la estructura productiva de la economía afecta los resultados, por tanto debe ponerse especial atención en su correcta especificación.

En una economía rígida, es decir, donde existan altos costos para sustituir un insumo por otro, una política impositiva que modifique los precios relativos es más efectiva que en una economía flexible, al ser más fácil sustituir por otros insumos. En términos de la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> como consecuencia de una menor utilización de combustibles fósiles.

les, tener una economía flexible permite disminuir con mayor facilidad la demanda de combustibles fósiles y por ende es más efectiva en la disminución de la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

Una política de reducción de la demanda de combustibles fósiles, de acuerdo con los resultados del modelo, no tiene efectos distributivos importantes.

## Referencias bibliográficas

- Aguayo Téllez, E., J. C. Chapa Cantú, N. C. Ramírez Grimaldo, E. Rangel González (2009), "Análisis de la generación y redistribución del ingreso en México a través de una matriz de contabilidad social", *Estudios Económicos*, número extraordinario, pp. 225-311.
- Armington, P. A. (1969), "A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production", *IMF Staff Papers*, 16 (1), pp. 159-178.
- Barker, T. y J. Köhler (1998), "Equity and Ecotax Reform in the EU: Achieving a 10 per cent Reduction in CO<sub>2</sub> Emissions Using Excise Duties", *Fiscal Studies*, 19, pp. 375-402.
- Boyd, R. y M. Ibarrarán (2002), "Costs of Compliance with the Kyoto Protocol: A Developing Country Perspective", *Energy Economics*, 24, pp. 21-39.
- Bye, B. (2000), "Environmental Tax Reform and Producer Foresight: An Intertemporal Computable General Equilibrium Analysis", *Journal of Policy Modeling*, 22 (6), pp. 719-752.
- Devarajan, S. (1988), "Natural Resources and Taxation in Computable General Equilibrium Models of Developing Countries", *Journal of Policy Modeling*, 10 (4), pp. 505-528.
- Devarajan, S. y S. I. Hossain (1998), "The Combined Incidence of Taxes and Public Expenditures in the Philippines", *World Development*, 26 (6), pp. 963-977.
- Gooroochurn, N. y C. Milner (2005), "Assessing Indirect Tax Reform in a Tourism-Dependent Developing Country", *World Development*, 33 (7), pp. 1183-1200.
- Goulder, L. H. (1995), "Effects of Carbon Taxes in an Economy with Prior Tax Distortions: An Intertemporal General Equilibrium Analysis", *Journal of Environmental Economics and Management*, 29 (3), pp. 271-297.
- Hamilton, K. y G. Cameron (1994), "Simulating the Distributional Effects of a Canadian Carbon Tax", *Canadian Public Policy*, 20, pp. 385-399.
- Kemfert, C. y H. Welsch (2000), "Energy-Capital-Labor Substitution and



- the Economic Effects of CO<sub>2</sub> Abatement: Evidence for Germany”, *Journal of Policy Modeling*, 22 (6), pp. 641-660.
- Kokoski, M. y K. Smith (1987), “A General Equilibrium Analysis of Partial-Equilibrium Welfare Measures: The Case of Climate Change”, *The American Economic Review*, 77 (3), pp. 331-341
- Labandeira, X. y J. Labeaga (1999), “Combining Input-Output Analysis and Micro Simulation to Assess the Effects of Carbon Taxation on Spanish Households”, *Fiscal Studies*, 20, pp. 305-320.
- O’Ryan, R., C. Miguel, S. Miller y M. Munasunghe (2005), “Computable General Equilibrium Model Analysis of Economywide Cross Effects of Social and Environmental Policies in Chile”, *Ecological Economics*, 54, pp. 447-472.
- Pearson, M. y S. Smith (1991), “The European Carbon Tax: An Assessment of the European Commission’s Proposals”, Londres, *The Institute for Fiscal Studies*.
- Poterba, J. M. (1991), “Is the Gasoline Tax Regressive?”, *NBER Working Papers* 3578.
- Rausch, S., G. Metcalf y J. Reilly (2011), “Distributional Impacts of Carbon Pricing: A General Equilibrium Approach with Micro-data for Households”, *Energy Economics*, 33, S20-S33.
- Safirova, E., E. Afirova, K. Gillingham, I. Parry, I. Nelson, W. Harrington y D. Mason (2004), “Welfare and Distributional Effects of Road Pricing Schemes for Metropolitan Washington, D. C.”, *Research in Transport Economics*, 9, pp. 179-206.
- Scrimgeour, F., L. Oxley y K. Fatai (2005), “Reducing Carbon Emissions? The Relative Effectiveness of Different Types of Environmental Tax: The Case of New Zealand”, *Environmental Modelling & Software*, 20 (11), pp. 1439-1448.
- Shah, A. y B. Larsen (1992), “Carbon Taxes, the Greenhouse Effect, and Developing Countries”, *Policy Research Working Paper Series* 957, Washington, The World Bank.
- Uri, N. y R. Boyd (1997), “An Evaluation of the Economic Effects of Higher Energy Prices in Mexico”, *Energy Policy*, 25 (2), febrero, pp. 205-215.
- Yilmaz, K. (1999), “Optimal Export Taxes in a Multi-Country Framework”, *Journal of Development Economics*, 60 (2), pp. 439-465.
- Zhang, Z. X. y A. Baranzini (2004), “What do We Know About Carbon Taxes? An Inquiry into Their Impacts on Competitiveness and Distribution of Income”, *Energy Policy*, 32 (4), pp. 507-518.