

Energy shocks, fiscal policy and CO2 emissions in Chile

Carlos de Miguel
Raúl O’Ryan
Mauricio Pereira
Bruno Carriquiri

Abstract

Oil price increases and the restrictions to natural gas imports from Argentina generate multiple effects which ripple throughout the Chilean economy. The magnitude of the aggregate, sectoral, distributive and environmental impacts associated with these changes in the energy sector is debated. In this paper, using a static general equilibrium framework, we analyze quantitatively the direct and indirect effects of these international shocks. Also, using emission coefficients based on national data we simulate the environmental impacts and compare them with US transferred coefficients.

The increase in international prices of oil and fuels generates a (small) negative impact on GDP, due to the recessionary effect on consumption. Coal gains participation in the energy matrix thus worsening the economy’s carbon intensity. The impacts on the income of the poorest and its distribution are clearly negative: contractionary and regressive. The former results are magnified when natural gas supply restrictions are added. When short run elasticities are considered, there is a slight 1.8% reduction in greenhouse gas emissions. However with higher elasticities, i.e., considering the impacts in the medium term, there is a switch in the sign and CO2 emissions increase due to the higher carbon dependency of the economy. This type of result is also observed with the emission of other gases.

Using the model we evaluate the carbon tax required to obtain the same 1.8% reduction in CO2 emissions in the absence of an energy price shock. Additionally, a scenario that includes the sale of CERs is evaluated. These simulations show that reductions can be obtained with negligible macro economic and sectoral effects and that there are additional environmental co benefits. However these are only significant when the national emission coefficients are used, thus highlighting the importance of using national data.

INDICE

I.	Introducción.....	3
II.	La Economía Chilena	6
	Contexto Socio-Económico.....	6
	Contexto Energético	7
	Contexto Ambiental y de Cambio Climático	10
III.	Modelos de Equilibrio General y Características de la Modelación.	12
	Aplicaciones al tema de energía, medio ambiente y cambio climático.....	13
	Aplicaciones en Chile.....	15
	El modelo ECOGEM-Chile.....	16
	Aspectos Generales.....	17
	Reglas de Cierre y Condiciones de Equilibrio	18
	La SAM 2003.	20
IV.	Factores de emisión	22
	Factores de emisión transferidos	22
	Factores de emisión calculados para Chile.....	23
	Elaboración de la base de datos.....	24
	Resultados de la estimación.....	25
V.	Impactos Socioeconómicos de Shocks Energéticos en Base a Análisis de Equilibrio General.	29
	Escenario Central: Impactos de shocks de precios del crudo, combustibles y gas natural.	30
	Impactos macroeconómicos	30
	Impactos sectoriales.....	34
	Impactos distributivos	38
	Impactos ambientales	40
	Impactos sobre gases de efecto invernadero.....	40
	Otros Impactos Ambientales.	41
	Impactos Ambientales con coeficientes estimados para Chile.....	43
	Escenarios con opciones de políticas públicas alternativas.....	45
	Impactos macroeconómicos.	46
	Impactos sectoriales.....	47
	Impactos distributivos.	48
	Impactos sobre las emisiones de CO2.....	49
	Análisis de sensibilidad.	50
	Sustitución de insumos energéticos.....	50
VI.	Medidas de mitigación de emisiones de CO2: Impuestos y venta de certificados	
	54	
	Impactos macroeconómicos	54
	Impactos sectoriales.....	56
	Impactos ambientales	58
	Impactos sobre gases de efecto invernadero.....	58
	Co-beneficios ambientales.....	59
	Medición con coeficientes de Chile.....	60
VII.	Conclusiones y recomendaciones de política.	61
VIII.	Bibliografía.....	65

I. Introducción

El escenario de alzas en el precio del petróleo y por consiguiente de sus derivados genera diversos efectos que se transmiten a toda la economía chilena. Lo anterior junto con la restricción a la importación de gas natural desde Argentina plantea interrogantes sobre la magnitud de los efectos agregados, sectoriales, distributivos y ambientales de estos significativos cambios en el sector energético. Asimismo, abre luces de esperanza para la reducción de gases de efecto invernadero y la contribución al cambio climático de Chile al generar desincentivos vía precios al consumo de combustibles.

Considerando los numerosos efectos cruzados, directos e indirectos y las posibilidades de sustitución existentes en la economía, el presente estudio trata de cuantificar los impactos de shocks en el sector energético internacional utilizando un enfoque de equilibrio general aplicado a la economía de Chile.

Para ello, se utiliza un modelo de equilibrio general estático, una matriz de contabilidad social desagregada al efecto que permite un análisis detallado del sector energético y sus interrelaciones con el resto de la economía y el medio ambiente, y se utilizan coeficientes de emisión de distintos contaminantes estimados a partir de información del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes de Chile y transferidos a partir del IPPS de Estados Unidos.

Una vez abordados los impactos de los *shocks* energéticos, el documento explora posibilidades para aplicar en Chile instrumentos económicos que permitan descarbonizar la economía y aprovechar el financiamiento disponible a partir de los mecanismos de flexibilidad establecidos en el Protocolo de Kioto.

Para abordar lo anterior, en el capítulo II se analiza el contexto económico nacional y el contexto energético, ambiental y en relación al cambio climático de los últimos años en Chile. En particular se examina la evolución de las importaciones de energéticos, la importancia relativa del sector Gas Natural que aumentó de manera significativa desde el año 1996, año de la última matriz insumo producto, la evolución de la matriz energética, y las tendencias en las emisiones de gases de efecto invernadero.

En el capítulo III se analiza brevemente el estado del arte de la aplicación de modelos de EGC en Chile y se analizan los principales modelos con aplicaciones energéticas y ambientales. Se describen en detalle las modificaciones hechas al modelo ECOGEM-Chile para responder las preguntas del estudio, en particular la separación de los sectores de petróleo y gas y las principales elasticidades consideradas. Respecto de estas últimas se incorporan posibilidades de perfecta o imperfecta movilidad de capitales y diversas elasticidades para la sustitución entre insumos energéticos. Asimismo, se detallan someramente los supuestos y la metodología de construcción de la matriz de contabilidad social del año 2003 que utiliza la apertura a 73 actividades con las que son detalladas las tablas insumo producto. Para examinar los impactos distributivos se hace una desagregación de los ingresos para los distintos quintiles separando la cuenta de consumo y de ingreso de los hogares. Esta desagregación es realizada con la encuesta CASEN (2003) y la encuesta de presupuesto familiar (1996-1997). Finalmente, la matriz se agrega a 32 sectores que representan las características estructurales de la producción que se busca examinar en este estudio.

En el capítulo IV se describe la construcción de los factores de emisión a partir de los datos del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes de Chile, así como los coeficientes obtenidos a partir de mecanismos de transferencia a partir de datos de la base del IPPS del Banco Mundial

En el capítulo V se analizan los impactos de corto (y, en algunos casos, de mediano plazo) sobre Chile de variaciones en el precio internacional del petróleo, de sus derivados y del gas. Los resultados consideran los efectos sobre las principales variables macroeconómicas como el PIB y el empleo; los efectos sectoriales y el impacto sobre los diversos quintiles de ingreso. Asimismo, se analiza en detalle los impactos ambientales y, en particular, las emisiones de dióxido de carbono, comparando los resultados con los coeficientes estimados para Chile y los transferidos de EEUU. Finalmente se discuten todos los impactos con distintos cierres para el sector público y con distintas elasticidades de sustitución entre productos energéticos.

El capítulo VI se dedica a analizar medidas de mitigación de emisiones de dióxido de carbono. En concreto se analiza cuán oneroso sería para la economía chilena reducir las mismas emisiones de CO₂ que las resultantes de los shocks de precios de hidrocarburos

con la aplicación de impuesto al carbono. Además, se explora el resultado de la venta de las reducciones logradas, a un precio de 20 USD la tonelada de CO₂. Finalmente se detallan los co-beneficios ambientales de esa medida y se comparan todos los resultados con los coeficientes locales y los transferidos.

Finalmente en el capítulo VII se detallan las conclusiones del trabajo y se dan recomendaciones de trabajo y a futuro.

II. La Economía Chilena

Contexto Socio-Económico

El desempeño de la economía chilena en los últimos diez años ha sido positivo, creciendo en promedio 4% al año, mostrando claros signos de recuperación del período de desaceleración económica que experimentó entre los años 1998 y 2003¹. Sin embargo, a pesar de que se proyectaron tasas de crecimiento en torno al 5,5% para el resto de la década², el crecimiento del producto para el 2006 alcanzó sólo un 4,0%, y si bien las proyecciones para el 2007 se sitúan en un rango de entre 5% y 6%, se refleja aún un cierto grado de incertidumbre respecto del crecimiento futuro³ básicamente un mayor pesimismo respecto de este crecimiento.

El reciente mejoramiento de los términos de intercambio, por la vía del fuerte incremento del precio internacional del cobre, el cuál acumuló un crecimiento del 82% entre los precios promedio del 2005 y los del 2006, ha permitido un incremento notorio en los ingresos fiscales, alcanzando el 2006 un superávit fiscal de USD 11.200 millones lo que equivale a un del 7,9% del PIB.

Lo anterior, viene a fortalecer una política fiscal “robusta” (OECD, 2005). En particular destaca que a partir del año 2000, la política fiscal en Chile comenzó a ser guiada en base al indicador de Balance Estructural del Gobierno Central, con un objetivo de superávit de 1% del PIB (anunciándose una baja a 0,5% a partir del 2008). Esto ha permitido evitar la prociclicidad de las finanzas públicas, dando estabilidad al gasto público, lo que se espera se mantendrá a futuro.

Desde los inicios de los noventa, el Banco Central ha apostado a cumplir con metas anuales de inflación. Como resultado de esta política, la inflación disminuyó de un 27%

¹ En este período la economía mostró un crecimiento promedio anual de tan solo 2,6%, muy por debajo del 8% de crecimiento promedio que alcanzó entre 1989 y 1998. Incluso la desaceleración económica alcanzó una tasa de crecimiento negativa de -0,8% en 1999 (Banco Central, 2006).

² Eyzaguirre, 2005.

³ Las cifras de crecimiento desde el 2003 en adelante están ajustadas al nuevo año base 2003. (Banco Central, 2007).

en 1990 a 1,1% en el 2003 y actualmente se mantiene cercano al 3%⁴. La inversión bruta interna ha aumentado ostensiblemente en el período, alcanzando un promedio de 26,2% del PIB entre los años 1990-2003, un incremento muy significativo comparado al promedio del 16% de los años ochenta, sin embargo en los últimos años (2003-2006) su participación en el PIB bajó a 19,8% en promedio.

El buen desempeño macroeconómico también se ha traducido en un aumento promedio anual de los salarios reales durante los años 90 de 3,2%, crecimiento inferior al de la productividad. El desempleo cayó de un promedio del 18% en la década de los años ochenta a un 6% en la de los noventa, creándose en esa década aproximadamente 1.400.000 empleos. Sin embargo, desde 1999 y hasta el 2004, el desempleo se ha mantenido cerca del 10% y, a pesar de esfuerzos del gobierno y un crecimiento sostenido, ha sido difícil reducirlo. Recién durante el año 2005 se observa alguna reducción, alcanzándose valores en torno al 8%⁵.

Contexto Energético

El contexto económico analizado anteriormente se ha traducido en una fuerte expansión de la demanda de energía primaria. Entre 1996 y el 2005, el consumo de energía primaria creció a una tasa promedio anual de 4,7%, lo que supera el promedio de crecimiento económico para el mismo período. En términos de fuentes energéticas primarias, el consumo de petróleo crudo creció en un 2,9%, el de gas natural en un 17,6%, el resto de las fuentes energéticas crecieron en un 1,4% (CNE, 2007a).

En términos del consumo final por sectores, el siguiente cuadro presenta los usos de energía secundaria en Chile durante el 2005. Se observa que los derivados del petróleo representan sobre el 50% del consumo final, y el de electricidad bordea el 20% del mismo con un incremento promedio de un 6,7% anual. El gas natural, introducido en

⁴ No obstante, durante el segundo semestre del 2007 las expectativas de la inflación anual promedio para el año 2008 se han corregido en torno al 5,5%, entre las causas se ha argumentado el alza que han experimentado los combustibles y las alzas en los precios de los alimentos perecibles y no perecibles.

⁵ La descomposición de la tasa de desempleo permite apreciar que el desempleo de personas con estudios universitarios es considerablemente mayor a los promedios nacionales, alcanzando el 12,5% el 2003. El desempleo en personas con baja calificación (estudios primarios) era de un 6% y entre los semi-calificados (estudios secundarios) un 10% (MIDEPLAN, 2005).

Chile a partir del año 1997, representa un 6,4% del consumo final, y ha alcanzado como promedio un 22% de crecimiento anual.

Cuadro 1: Consumo Final de Energéticos Secundarios, 2005.

	Derivados del Petróleo (1)	Electricidad	Carbón	Gas Natural	Leña	Otros	Consumo Final (2)
Participación en el Consumo Final	52,0%	18,9%	2,0%	6,4%	18,4%	2,3%	100%
Tasa de Crecimiento Anual (1996-2005)	2,0%	6,7%	-2,0%	22,8%	2,0%	-1,6%	3,2%

(1) Derivados del Petróleo incluye: Petróleo diesel, Petróleos Combustibles, Gasolinas, GLP, Kerosenes, Nafta, Gas de Refinería.

(2) Consumo Final corresponde al consumo en Sector Transporte; Industrias y Minas y Comercial, Público y Residencial.

Fuente: CNE, 2007a

La economía chilena es dependiente de la provisión importada de insumos energéticos. Esta dependencia energética se expresa en que el 2005, el país importaba el 98% de las necesidades de petróleo, un 75% del gas natural y un 92% de consumo de carbón (CNE, 2007a). Esta dependencia en términos de provisión de energéticos primarios hace a la economía vulnerable a los vaivenes de precios y oferta externa. A lo anterior se suma problemas de abastecimiento en el caso de los hidrocarburos, vinculados por un lado a la disponibilidad de recursos y por otro, a problemas coyunturales⁶.

En particular, el 100% de las importaciones de gas natural provienen de Argentina. En los últimos años, estas importaciones han tenido abruptos cortes y restricciones en virtud de los problemas de abastecimiento interno en Argentina. En el 2005, estas restricciones alcanzaron en momentos un 50% respecto a los requerimientos normales, en el 2006 estas restricciones alcanzaron el 60%, y en lo transcurrido del 2007 se ha alcanzado en varias oportunidades un corte del 100% de las importaciones comprometidas (CNE, 2007b). Si bien estas restricciones han afectado tangencialmente el consumo domiciliario, los más afectados han sido el sector industrial y en particular, el de generación de energía.

Como una manera de diversificar las fuentes de abastecimiento de gas natural, fue anunciado a mediados del 2004 el proyecto de Gas Natural Licuado (GNL), el que tiene por finalidad la construcción de la infraestructura básica para la importación de GNL a

⁶ Un completo análisis de los problemas de dependencia energética y sustentabilidad de la misma puede verse en Pedro Maldonado, 2006.

través de transporte marítimo y su distribución en Chile como gas natural gaseoso. En mayo del 2006, fue puesta la “primera piedra” de la planta y se espera que esté operativa para el 2009⁷.

En términos de precios, se esperaba a inicios del proyecto, que éstos bordearán los 4,5 US\$/MBtu. Sin embargo, la evolución del precio internacional de GNL sigue la evolución de precios del gas en USA (Henry-Hub), el que alcanzó como promedio los 6,7 US\$/MBtu en el 2006 y 8,8 US\$/MBtu. Estos precios son muy superiores a los precios del gas importado desde Argentina, los que promediaron el 2006 los 2,8 US\$/MBtu (CNE, 2007b).

Por otro lado, el precio del petróleo ha experimentado un sostenido aumento desde el 2003. El precio promedio anual Brent (dólares nominales por barril de crudo), se incrementó entre el 2003 y 2004 en un 32%, entre el 2004 y 2005 este incremento fue de 42% y entre el 2005 y 2006 el aumento fue de un 20%. Lo anterior significa que entre el 2003 y 2006, el precio promedio anual del crudo se incrementó en un 125%, llegando a los 62 US\$ por barril en Diciembre del 2006⁸. Estos incrementos de precios del petróleo tienen un impacto directo sobre la economía. A modo de ejemplo, el precio de paridad de la gasolina automotriz se ha incrementado en un 94% entre el 2003 y el 2006. Por otro lado, al año 2009 el precio del petróleo se ha mantenido en torno a los 52 US\$ el barril, lo que representa que desde el año 2003 se ha presentado un aumento acumulado del precio del petróleo de un 87%.

Chile importó el año 2005 casi el 98% del petróleo consumido. Por ello, las alzas de precios tienen un fuerte impacto en los precios internos de la economía, incrementando los costos en casi todos los sectores de la actividad económica, afectando en particular, actividades sensibles para la población como son los costos del transporte y la energía, entre otros.

Las proyecciones internacionales de altos precios del petróleo, al menos para el 2008, y la inestabilidad en la provisión energética desde Argentina, hacen necesario estimar los potenciales impactos económicos que escenarios, conjuntos e independientes, de alzas

⁷ Detalles del proyecto en la web de ENAP (www.enap.cl).

⁸ Las últimas cifras disponibles, para junio del 2007, muestran que el precio ha superado los 72 dólares por barril.

de precios del petróleo y restricciones en la importación de gas natural podrían producir a nivel sectorial y macroeconómico en la economía chilena.

Contexto Ambiental y de Cambio Climático

Chile en su calidad de país en vías en desarrollo no posee compromisos de reducción de emisiones. Sin embargo, al ser parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y del Protocolo de Kyoto. En 1996, estableció un Comité Nacional de Asesoría para el Cambio Global, encargado de preparar la primera comunicación nacional sobre el Cambio Climático. Esta comunicación contenía un inventario nacional de las emisiones de gases de efecto invernadero y en ella se identificaban las opciones de mitigación así como la vulnerabilidad y las medidas de adaptación (OCDE-CEPAL, 2005).

El Gobierno de Chile mediante la Comisión Nacional de Medio Ambiente en el año 2006 desarrollo su Estrategia Nacional de Cambio Climático que plantea tratar la temática en los siguientes ejes:

- Adaptación a los Impactos del Cambio Climático
- Mitigación de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero
- Creación y Fomento de Capacidades en Cambio Climático

En 2008, la Comisión Nacional de Medio Ambiente presentó su Plan de Acción en Cambio Climático. Este plan, pretende ser una herramienta orientadora para el sector productivo y académico y para los organismos no gubernamentales, puesto indica las materias que el Estado considera relevantes de ser asumidas por el conjunto de la sociedad para enfrentar los impactos del cambio climático (CONAMA, 2008b).

Al ser Chile un país con emisiones de GEI relativamente bajas en el contexto mundial, emitiendo, al 2007, solo por consumo energético y de procesos 70 millones de toneladas de CO₂ y estimándose que al 2030 emitirá cerca de 275 millones de toneladas año mantendría una importancia relativa baja.

No obstante, en los últimos 16 años (1990-2006) las emisiones energéticas y de procesos de GEI de Chile se duplicaron. En ese periodo el PIB de Chile aumentó 240%, mientras que el consumo total de energía lo hizo 2,3 veces. Este aumento de emisiones obedece fundamentalmente al crecimiento en los sectores transporte y energía.

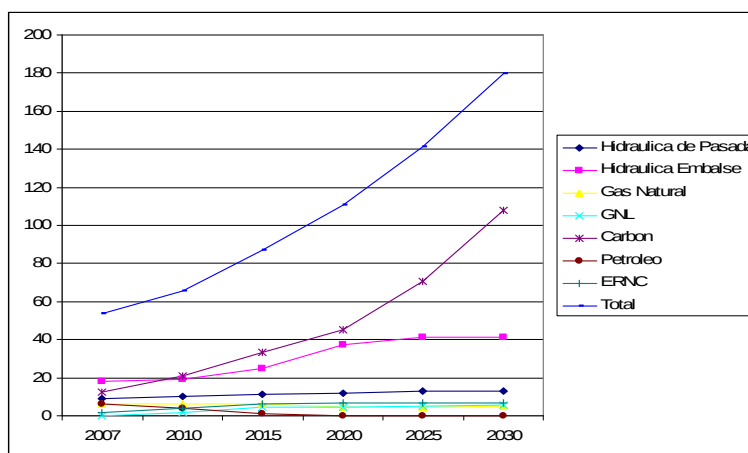
De acuerdo a Universidad de Chile, 2008. En los siguientes 16 años (2007 a 2024) las emisiones energéticas y de procesos de GEI aumentarán 2,9 veces, llegando el 2030 a ser 4,2 veces mayores a las del año 2007. Este escenario, que asume ausencia de medidas de mitigación específicas para estas emisiones, profundiza la tendencia creciente de las emisiones observada en el pasado.

Los sectores que más aumentarán sus emisiones al 2030 son el de generación eléctrica y de transporte. Estas emisiones responden a un crecimiento en la demanda de energía en estos sectores al hacerse el país más rico y aumentar el ingreso per cápita de sus habitantes, sus demandas de confort y tasas de motorización. En particular, las emisiones de centros de transformación eléctrica aumentan 5,5 veces y las del sector transporte 5,8 veces, al 2030.

El sector eléctrico seguirá siendo en el futuro cercano el segundo emisor de GEI de Chile. El 2030 llega a representar el 34% de las emisiones de GEI. Los importantes recursos que maneja, lo concentrado de su actividad y lo difuso de los efectos de un aumento de precios en este sector, lo hacen un candidato atractivo para imponer obligaciones de reducción.

De acuerdo a la proyección de la matriz energética realizada por la Universidad de Chile (2008) los principales componentes relacionados con la generación eléctrica, del año 2007, se asocian a las centrales hidráulicas de embalse y a la generación por carbón. De acuerdo a estas estimaciones se espera que la importancia relativa de generación a través de embalses caiga como consecuencia del aumento en la importancia relativa de la generación a través de carbón. En el siguiente gráfico se presenta esta proyección

Gráfico 1: Generación Proyectada según tecnología (miles de Gwh)



Fuente: U de Chile 2008.

En el contexto internacional de precios altos de los hidrocarburos y de acuerdo a la evolución esperada de composición de una matriz energética cada vez mas intensiva en carbón. Se espera que exista cada vez mayor sustitución de carbón por petróleo por lo que aumentarían las emisiones de CO₂.

III. Modelos de Equilibrio General y Características de la Modelación⁹.

En la actualidad se observa un renovado interés en el uso de modelos de equilibrio general computable para el análisis económico, en particular, aplicaciones a los temas de comercio. La literatura que utiliza este tipo de modelos para la evaluación de los impactos de políticas públicas o diferentes *shocks* externos sobre variables socio-económicas y ambientales es abundante.

⁹ Para profundizar en los detalles metodológicos del modelo ECOGEM-Chile, utilizado en los ejercicios de simulación realizados para este estudio, se complementó con el documento técnico “Modelo ECOGEM-Chile y Matriz de Contabilidad Social (SAM)” realizado por los autores para el Banco Central de Chile, en diciembre de 2007.

Aplicaciones al tema de energía, medio ambiente y cambio climático

El uso de modelos de equilibrio general para examinar temas energéticos no es tan abundante en el mundo como en el campo comercial, fiscal o social. Además en muchos casos, la modelación de los temas energéticos es un instrumento para evaluar políticas ambientales para reducir la contaminación y, en particular, evitar el cambio climático, más que un fin en si mismo (Pigott *et al.* 1992, Goulder 1993, Rose *et al.* 1995, Rutherford *et al.* (1997), Vennemo (1997), Galinis *et al.* (2000), entre otros). Es por ello que los modelos con desarrollos “ambientales” suelen ser los más adecuados para enfrentar la temática energética al tener desagregaciones y formas funcionales más detalladas a estos sectores. Además existen algunas aplicaciones centradas en recursos naturales, que se enfocan principalmente en el impacto que tiene la extracción de éstos sobre las economías que son intensivas en su explotación, principalmente a través de ingresos y precios¹⁰.

La aplicación de modelos de equilibrio general con estructura estándar no es muy recomendable para problemas energéticos al carecer de posibilidades de sustitución entre los distintos tipos de energía o cualquier otro insumo. En estos modelos, los insumos intermedios, incluyendo la energía entran en la esfera de la producción como un bien intermedio agregado cuya sustitución es imperfecta (cuando no imposible). Por ello se han desarrollado modelos para analizar los temas energéticos que resuelven ese problema al modelar en detalle los sectores energéticos en la función de producción, tanto en desagregación como en su ubicación como factores. Entre ellos destacan:

(1) El Modelo GREEN, desarrollado por Burniaux *et al.* (1991), caracterizado por ser un modelo dinámico recursivo, multiregional y multisectorial. Incluye dentro de los factores productivos, además de los tradicionales capital, trabajo y tierra, el carbón, el petróleo y el gas natural. Además se imponen rigideces en el mercado del factor capital al distinguir dos tipos capital (viejo y nuevo) e incluir costos de ajuste. Este modelo pone especial énfasis en la descripción de los sectores energéticos y en la oferta de

¹⁰ Por ejemplo, Clemente, Faris y Puente (2002) analizan el impacto que genera la implementación de un fondo de estabilización del precio del petróleo en la economía de Venezuela.

combustibles, y relaciona los conceptos de agotamiento de los combustibles fósiles, su producción y precio, el consumo de energía y las emisiones de CO₂. A partir de este modelo se han desarrollado numerosas aplicaciones y nuevos desarrollos (destacando el modelo MIT-EPPA -Yang *et al.* (1996), Babiker *et al.* (2001), Paltsev *et al.* (2005), McFarland *et al.* (2004)).

(2) El Modelo GEM-E3, desarrollado por Capros *et al.* (1995), es del tipo dinámico recursivo y describe en forma conjunta la economía, el uso de energía y los efectos medio ambientales para los países de la Unión Europea. Presenta 18 sectores productivos de los cuales 4 son energéticos y uno el consumo de bienes con las emisiones de CO₂, las que son influenciadas por los precios de los productos energéticos (principalmente combustibles fósiles).

(3) El Modelo GTAP-E, que es una adaptación del modelo GTAP (en su versión 6.1 de la base de datos), realizada por Burniaux *et al.* (2002). El modelo GTAP es un modelo de equilibrio general estático, multisectorial y multiregional, donde se analiza con especial detalle los flujos internacionales de comercio. En el modelo GTAP-E se incorporan diversos módulos, donde en uno de ellos se describen las relaciones entre insumos energéticos y el capital. También incorpora un módulo donde se analizan las emisiones de carbono causadas por la combustión de combustibles fósiles, así como los mecanismos de comercio internacional asociadas a estas emisiones.

(4) De igual forma los modelos PACE (Böhringer *et al.* (2004) y AIM (Matuoka *et al.* (1995)) profundizan en el detalle de los sectores energéticos, incluyendo respectivamente los biocombustibles y las energías nucleares y renovables, para enfrentar los temas del calentamiento global.

(5) El Modelo TEQUILA (Trade and Environment Equilibrium Analysis Model), desarrollado por Beghin *et al.* (1996), ya mencionado, analiza en forma especial a los sectores energéticos, además incorpora coeficientes de emisión para una amplia gama de contaminantes y permite incorporar políticas de eficiencia tecnológica. Este modelo fue desarrollado por la OECD, al igual que el GREEN, con el fin de ser adaptado para seis países: México, Costa Rica, Chile, China, Indonesia y Vietnam. El modelo ECOGEM-Chile se fundamenta en él.

Aplicaciones en Chile

En el caso de Chile, la mayor parte de las aplicaciones corresponden a temas comerciales: (i) Harrison, Rutherford y Tarr (1997, 2003), que utilizando un modelo de EGC global, simularon la suscripción de un TLC con los miembros del NAFTA y la profundización de la Unión Aduanera con el MERCOSUR, al mismo tiempo que se aplican reducciones unilaterales de aranceles de entre 6 y 8%; (ii) Beghin *et al.* (1996, 2002) utilizan el modelo TEQUILA en su versión dinámica para analizar los efectos sobre Chile de entrar en el NAFTA y en el Mercosur, evaluando los nexos entre crecimiento, comercio, medio ambiente y salud; (iii) el trabajo de Bussolo, Mizala y Romaguera (1998) utiliza el modelo anterior para analizar los acuerdos comerciales centrándose en el mercado laboral; (iv) utilizando el modelo GTAP, Hilaire y Yang (2003), simularon los efectos del TLC entre Chile y Estados Unidos, mientras que Schuschny, Durán y de Miguel (2007a) lo hicieron para los acuerdos con varios países asiáticos; (v) Holland *et al.* (2005) evaluó los efectos de la eliminación de las bandas de precio en la agricultura, especialmente del trigo, el azúcar y el aceite; (vi) Schuschny, Durán y de Miguel (2007b), en su reconciliación las preferencias arancelarias del año base utilizado por GTAP en función de la agenda de liberalización regional, analizan los impactos de los acuerdos comerciales suscritos por países de América Latina entre el año 2001 y el 2004, entre los que se incluyen numerosos tratados firmados por Chile; (vii) O’Ryan, de Miguel y Miller (2006) evalúan distintos escenarios comerciales para Chile: reducción arancelaria unilateral, acuerdos de libre comercio de Chile con los EEUU y la Unión Europea y el efecto combinado de estos acuerdos con una subida del IVA o de la IED. Se utiliza la versión dinámica del modelo ECOGEM-Chile (que ya fuera utilizado para apoyar las negociaciones en un contexto estático); y finalmente (viii) Cabezas (2003) hace una revisión de los principales resultados de modelos aplicados a la cuantificación del TLC entre Chile y los Estados Unidos. Entre otros revisa los trabajos de Coeymans y Larraín (1992), Brown, Deardoff y Stern (1992), Harrison, Rutherford y Tarr (1997, 2003), Hinojosa-Ojeda *et al.* (1997), y un estudio preparado por el Consorcio Planinstat, que evaluó los impactos de sustentabilidad ambiental de la suscripción del Acuerdo de Asociación entre Chile y la Unión Europea (“Sustainable Impact Assessment” SIA Chile (2002)), que utiliza el modelo GTAP. (ix)

Schuschny et al (2008) analizan la política comercial de Chile con Japón y China, evaluando los impactos económicos, sobre bienestar y estructurales en Chile. El documento incluye los cambios en los patrones exportadores en función de las industrias ambientalmente sensibles.

Fuera del ámbito comercial, las aplicaciones realizadas en Chile son menores. Ruiz y Yarur (1990), analizan mediante un modelo dinámico recursivo los efectos en la economía de un cambio en la política tributaria. Dessus *et al.* (1999) cuantifican los efectos socioeconómicos de implementar distintos impuestos a las emisiones de CO₂. O’Ryan, de Miguel y Miller (2003), con el modelo ECOGEM-Chile que es una adaptación del modelo anterior, analizan los impactos de aplicar distintos instrumentos fiscales para reducir las emisiones de contaminantes y en O’Ryan, de Miguel, Miller y Munasinghe (2005) se evalúan las interrelaciones en entre políticas ambientales y sociales. Finalmente, O’Ryan et al (2008) analizan con el anterior modelo los impactos económicos y sociales de *shocks* energéticos en Chile. Este artículo sirve como base para el presente documento.

Chumacero y Schmidt-Hebbel (2005) hacen una revisión bastante exhaustiva de las diferentes familias de modelos de equilibrio general aplicadas en Chile, presentando algunos artículos con modelos del tipo a los discutidos en este trabajo (Harrison, Rutherford y Tarr; O’Ryan, de Miguel y Miller; y Holland, Figueroa, Álvarez y Gilbert). El segundo de ellos es el único de los trabajos existentes que tiene relación con el sector energético al centrarse en los impactos asociados a una subida del impuesto a los combustibles.

El modelo ECOGEM-Chile¹¹

El modelo ECOGEM-Chile, en su versión estática, está caracterizado por su multisectorialidad, separación de los hogares según quintiles de ingreso, desagregación de la información según socios comerciales relevantes, especificación de distintos factores productivos, etc. Es un modelo fundamentado básicamente en la teoría

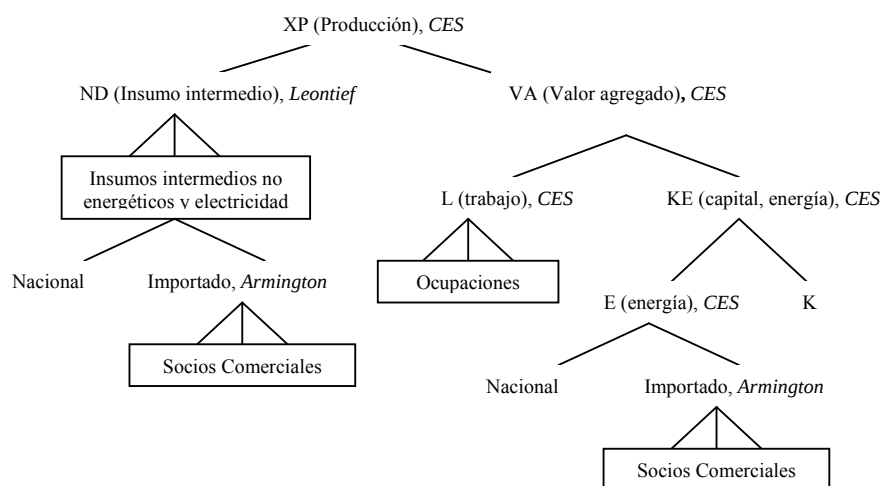
¹¹ El modelo se fundamenta en el desarrollado en la OECD, por Beghin, Dessus, Roland-Holst y van der Mensbrugghe (1996). Además se dispone de un documento técnico que detalla las características del modelo y los cambios específicos a esta aplicación.

neoclásica, donde el ahorro determina la inversión y se supone que existe equilibrio competitivo en todos los mercados después de un proceso en el que los sectores minimizan sus costos y los agentes maximizan su utilidad.

Aspectos Generales

El modelo utilizado en este estudio incluye información que representa a Chile para el año 2003, con datos para 74 sectores económicos. Hay que notar que este modelo analiza en forma especial el uso de los insumos energéticos¹². Los sectores productivos operan bajo retornos constantes a escala. La tecnología está dada por una función de producción CES (elasticidad de sustitución constante). La modelación de la función de producción de un bien se presenta en el gráfico 1:

Gráfico 2: Estructura de producción del modelo ECOGEM



Fuente: O’Ryan *et al.* (2003).

En el diagrama anterior se aprecian los factores energéticos, capital y trabajo, donde cada uno de los factores se agrupa entre sí por medio de una función CES. Mientras que el uso de los insumos intermedios, se relacionan mediante proporciones fijas.

¹² El modelo ECOGEM incorpora el tratamiento de los impuestos específicos *ad valorem* y no *ad quantum* como es el caso del impuesto a los combustibles en Chile. En el documento técnico de este estudio se analiza la forma de estimar las diferencias en términos de recaudación y en el anexo 1 de este documento se muestran las diferencias para este trabajo.

Para la aplicación desarrollada en este trabajo, se ha considerado al sector eléctrico como un insumo intermedio, por tanto entra en las funciones de producción sectoriales en proporciones fijas (Leontief), limitando la posibilidad de sustitución con otros insumos energéticos. Esto reconoce el hecho de que la electricidad y el resto de energéticos utilizados en procesos productivos no son claramente sustituibles y que dentro de los insumos energéticos usados para producir electricidad, la hidroelectricidad tiene una limitada capacidad de expansión en el corto plazo, por lo que no puede responder inmediatamente ante carencias en otras alternativas de generación.

Los demás insumos energéticos -que para el caso de Chile son petróleo, combustibles, gas natural y carbón- son modelados en forma independiente del resto de los productos destinados para consumo intermedio. De esta forma para éstos si se permite cierto grado de sustitución entre ellos y con el resto de los factores productivos. Para efecto de la distinción entre corto y largo plazo, se ha supuesto que el grado de sustitución entre insumos energéticos en el corto plazo es cero y en el largo plazo uno.

Además, la función de producción distingue entre el uso de productos nacionales e importados, esta diferencia se materializa por medio de una función de Armington, es decir, considera sustitución imperfecta entre productos nacionales e importados. En el caso del petróleo y del gas natural se ha determinado rebajar en un tercio el valor del parámetro que determina el grado de sustitución de Armington reflejando con ello la imposibilidad de lograr una mayor producción doméstica de estos productos ante una caída de sus importaciones.

Reglas de Cierre y Condiciones de Equilibrio

Como condición de cierre para las finanzas públicas, el modelo permite dos alternativas: en el primer caso se define el ahorro de gobierno como fijo, igual al nivel original previo a cualquier simulación, permitiendo el ajuste a través de algún impuesto o transferencia del gobierno. En el segundo caso se permite variar el ahorro de gobierno, con lo que se mantendría el gasto de gobierno, las tasas impositivas y las transferencias

como fijas. Esta última condición de cierre del gobierno es la que se ha utilizado para los escenarios centrales de este estudio. Además se han desarrollado simulaciones complementarias en las que se asume que el ahorro de gobierno es fijo y se permiten rebajas de IVA ó aumentos de las transferencias a los hogares, como mecanismo para mantener el balance fiscal inicial.

En el mercado laboral existen dos escenarios alternativos para decidir el equilibrio. El primero es supone pleno empleo, donde se iguala la oferta y la demanda por trabajo y se dejan los salarios flexibles. El segundo a fija el salario nominal en un cierto nivel posibilitando desempleo. En este trabajo se han simulado ambas posibilidades.

En relación al mercado de capitales, se supone que existe un solo tipo de capital, el que puede ser más o menos móvil entre los sectores productivos dependiendo de la elasticidad impuesta. Se ha supuesto una baja movilidad para el escenario de corto plazo.

La demanda de inversión se determina mediante la identidad ahorro-inversión, incluyéndose al ahorro (el de los hogares, el del gobierno y los flujos de capitales extranjeros netos o ahorro externo). En este modelo el ahorro externo no se considera dependiente de variables endógenas (por ej. riesgo país, tasas de interés, etc.), sino que está dado exógenamente. Esta condición de cierre implica que la inversión es determinada por el ahorro.

Para la ecuación de cierre del modelo se ocupa la ecuación de la balanza de pagos; con esta ecuación se logra cumplir la ley de Walras¹³. Además el numerario es el deflactor del PIB, es decir, es el precio que se toma como referencia para los precios de la economía. Por tanto hay que tener en cuenta que todos los precios y variaciones de precios que entrega el modelo son en relación al numerario¹⁴.

¹³ Como se describe en el documento técnico de respaldo, las variables endógenas son: el tipo de cambio nominal, las exportaciones e importaciones reales (los precios internacionales son determinados exógenamente) y otros precios relacionados con el pago a los factores.

¹⁴ Tradicionalmente se utiliza el tipo de cambio como numerario. Sin embargo se ha elegido como numerario al deflactor del PIB para analizar las implicaciones sobre el sector externo ligadas al tipo de

La SAM 2003.

En la SAM 2003, que utiliza como base la matriz de insumo producto del mismo año, tanto la producción como el consumo de Petróleo y Gas natural se encuentran agregados en el sector de “Extracción de petróleo y gas natural”. Para analizar los efectos diferenciados de ambos sectores fue necesario desagregar esta cuenta. Para ello, se utilizó como información primaria el Balance Nacional de Energía del año 2003, publicada por la Comisión Nacional de Energía (CNE).

Para analizar las principales características de los sectores de petróleo y gas natural se calculan las proporciones con respecto al valor bruto de la producción de cada sector energético del consumo intermedio nacional, del importado y del valor agregado¹⁵ (incluyendo su distribución entre el pago al capital y el pago al trabajo). Lo anterior se aprecia en el cuadro 2.

Cuadro 2: Estructuras de producción de los sectores energéticos

	Extracción de Carbón	Extracción de Petróleo	Extracción de Gas Natural	Elaboración de Combustible
Consumo Intermedio Nacional	46%	14%	14%	8%
Consumo Intermedio Importado	2%	4%	4%	53%
Impuesto al valor agregado	0%	4%	4%	8%
Impuestos específicos	0%	0%	0%	16%
Valor agregado ¹⁶	52%	78%	78%	15%
Capital ¹⁷	0%	48%	48%	15%
Trabajo	52%	30%	30%	1%

Fuente: Elaboración propia en base a SAM 2003

Se aprecia que el proceso de producción energético es intensivo en el uso de capital, salvo el sector de “Extracción de carbón”¹⁸. En efecto, si el sector de Petróleo aumenta

cambio al estarse estudiando *shocks* de precios internacionales. Los efectos reales son independientes del numerario elegido y sólo cambian las variaciones de los precios relativos, ahora referidos al deflactor.

¹⁵ El valor agregado se define como la suma entre el pago a los factores capital (incluyendo depreciación) y trabajo y el pago por impuestos a la producción.

¹⁶ Es medido como el pago a los factores capital y trabajo mas el impuesto a la producción.

¹⁷ El pago al factor capital incluye depreciación. Para el caso del carbón se ha supuesto que este monto es infinitésimo dado que el modelo no acepta la posibilidad de montos negativos en esta cuenta aunque éstos sean extremadamente pequeños.

el valor bruto de su producción en una unidad el 48% de este aumento iría destinado a renta del capital y solo el 30% como pago al factor trabajo¹⁹.

Los sectores de “Extracción de carbón”, “Extracción de petróleo” y “Extracción de gas natural” son fuertes demandantes de insumos domésticos. En particular, en el sector de “Extracción de carbón” el 46% del valor bruto de su producción se origina de insumos productivos nacionales. Por el contrario, el consumo intermedio del sector “Elaboración de combustibles” (53%) es importado en su mayoría, casi exclusivamente petróleo.

En el cuadro 3, se aprecia que la economía chilena importa la mayoría de los productos del carbón, del petróleo y del gas natural. El consumo de combustibles recae más en la producción nacional que cubre el 81% del mercado.

Cuadro 3: Participación de las importaciones en el total (importado más producido domésticamente)

	Carbón	Petróleo	Gas Natural	Combustible
Porcentaje de importaciones	85%	99%	79%	19%

Fuente: Elaboración propia en base a SAM 2003

A su vez, la demanda de los productos energéticos tanto nacionales como importados se orienta principalmente al consumo intermedio de otros sectores productivos. Tal como se aprecia en el cuadro 4, la producción de los productos de Carbón, Petróleo y Gas Natural es utilizada por otras industrias productivas, la misma tendencia ocurre pero en menor proporción con el sector de Combustibles.

¹⁸ Que fue ajustado a un valor cercano a cero como se discute en la sección 4.4 debido que en la matriz de insumo producto 2003 este monto era negativo.

¹⁹ Este ejemplo solo incorpora el efecto directo.

Cuadro 4: Destino del consumo de sectores energéticos

	Consumo intermedio	Demanda Final ²⁰
Extracción de Carbón	106%	-6%
Extracción de Petróleo	100%	0%
Extracción de Gas Natural	92%	8%
Elaboración de Combustible	62%	38%
Suministro de Electricidad	80%	20%
Suministro de gas	75%	25%

Fuente: Elaboración propia en base a SAM 2003

IV. Factores de emisión²¹

En este capítulo se realiza la estimación de factores de emisión para Chile. Para esto, se revisa en detalle la metodología seguida por *Dessus et. al.* en el cálculo de factores de emisión por uso de insumos para Estados Unidos, luego describe la misma estimación para Chile, con datos nacionales. Finalmente se presentan los resultados de los factores de emisión chilenos obtenidos.

Factores de emisión transferidos

El uso de factores de emisión calculados para Estados Unidos por *Dessus et. al.* en Chile, ha requerido una serie de supuestos. En primer lugar se asume que no existen diferencias tecnológicas entre Chile y Estados Unidos. En segundo lugar se asume que la composición sectorial es similar en ambos países. Finalmente, se asume que el uso de insumos es homogénea en ambos países lo que no representaría las emisiones reales de Chile.

Dessus et. al. usan la base de datos del Industrial Pollution Projection System (IPPS) para Estados Unidos, logrando demostrar que la mayor parte de las emisiones del sector industrial puede ser explicada por el consumo de un número reducido de bienes intermedios.

²⁰ La demanda final incluye variación de existencias

²¹ Esta sección se basa en Carriquiri, 2008

Para calcular los factores de emisión se realiza una estimación econométrica con datos de la base IPPS del Banco Mundial. En la siguiente ecuación se aprecia el modelo seguido, en que las emisiones dependen linealmente del consumo de insumos intermedios y de variables *dummies* sectoriales. Las emisiones están medidas en unidades físicas, mientras que el consumo de insumos intermedios está contabilizado en unidades monetarias.

$$E_j^p = \sum_i \pi_i^p C_{ij} + \beta_j^p D_j + \mu_j$$

En el modelo:

E_j^p representa las emisiones del contaminante p del sector industrial j . C_{ij} es el consumo del insumo i por el sector j , π_i^p es el factor de emisión por uso de insumos. D_j es la variable *dummy* que identifica al sector j . β_j^p es el coeficiente asociado a esa variable a partir del cual, al dividirlo por el nivel de producción del sector j , se obtiene el factor de emisión por producción v_j^p . Finalmente, se considera el error μ_j .

Para obtener el total de las emisiones del contaminante p liberadas al medioambiente hay que sumar las emisiones de cada industria²².

En este caso se asume que es posible estimar las emisiones a partir del consumo de bienes intermedios, en vez de hacerlo desde el enfoque más tradicional, que consiste en relacionar emisiones con la producción final. Según *Dessus et. al.* las ventajas de este enfoque son que ofrece un abanico de políticas públicas para controlar las emisiones ya sea vía impuestos o subsidios.

Factores de emisión calculados para Chile

La base conceptual tras el cálculo de las emisiones en el modelo ECOGEM-Chile²³ es que las emisiones se pueden explicar con los insumos utilizados por las industrias relacionando las emisiones contaminantes con el gasto realizado en insumos. A

²² Al momento de realizar las regresiones, no se incluyó como variables explicativas al capital y al trabajo, los que se asumen como no contaminantes. También se consideró que los bienes intermedios que constituyen servicios y la electricidad no generan emisiones.

²³ Sobre la base de *Dessus et. al.*

continuación se detalla el cálculo de la base de datos chilenos y la metodología para calcular los coeficientes chilenos.

Elaboración de la base de datos

Para el cálculo de los factores de emisión es necesario contar con una base de datos que agrupe información sobre las emisiones contaminantes, consumo de insumos intermedios y niveles de producción para empresas de cada actividad económica presente en el país. Para ello se utilizaron datos obtenidos del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) y de la SAM chilena del año 2003.

Dado que la agrupación de datos tanto en el RETC y como en la SAM no siguen la misma clasificación de actividades industriales, es necesario reclasificarlas para que sean compatibles²⁴.

Finalmente, se obtuvo un total de 57 actividades industriales para las que se cuenta con información sobre las emisiones contaminantes, el consumo de insumos intermedios y el nivel de producción. Dentro de las emisiones obtenidas se encuentran de CO, CO₂, NO_x, SO_x, COV, NH₃, MP₁₀, MP_{2,5}, PTS y también se dispone de información de consumo de 74 tipos de insumos.

Como se aprecia en la siguiente tabla, ciertas actividades son las principales emisoras de más de un tipo de contaminante. Los valores están medidos en ton/año y los destacados corresponden a las dos actividades que más emiten para cada contaminante. Los sectores “generación de electricidad”, “industria básica de metales no ferrosos” y “transporte urbano de pasajeros y carga” son responsables de varios de los máximos de emisiones.

²⁴ También se realizó un ajuste temporal, ya que la SAM es del año 2003 y el RETC del año 2005.

Cuadro 5: Principales actividades contaminantes.

	COV	MP10	MP2,5	NOx	PTS
Elab. de prod. Alim. Diversos	370	1.269	1.029	6.171	1.516
Prod. de madera y sus productos	28.674	1.000	739	454	1.386
Fab. de otros prod. minerales no metálicos	2.315	1.958	920	7.126	3.536
Industrias básicas del hierro y acero	132	890	535	1.571	1.199
Industrias básicas de metales no ferrosos	88	8.049	6.459	4.923	13.897
Suministro de electricidad	6.821	15.053	4.718	10.797	15.972
Transporte urbano de pasajeros y carga	28.106	2.085	1.043	87.438	2.093

	SOx	CO2	CO	NH3
Elab. de prod. Alim. Diversos	11.105	4.976.347	21.699	3.478
Prod. de madera y sus productos	141	639.629	2.692	640
Fab. de otros prod. minerales no metálicos	18.168	50.046.151	36.047	285
Industrias básicas del hierro y acero	705	976.727	193.010	183
Industrias básicas de metales no ferrosos	230.707	2.365.550	1.093	104
Suministro de electricidad	45.837	7.927.084	9.458	1.811
Transporte urbano de pasajeros y carga	1.352	9.072.156	184.986	1.250

Fuente: Carriquiri, 2008

Similarmente, el consumo de cada insumo está concentrado en pocos sectores productivos. Esta característica de la base de datos, tendrá consecuencias importantes en los resultados de las estimaciones ya que en prácticamente todas las variables existen valores extremos.

La base de datos construida permite realizar el cálculo de factores de emisión por uso de insumos y fue construida a partir de la mejor información públicamente disponible en Chile.

Resultados de la estimación

El cálculo de los nuevos factores de emisión se realizó siguiendo la metodología propuesta en *Dessus et. al. (1994)* ya descrita. En primer lugar se buscaron aquellos insumos más correlacionados con las emisiones contaminantes.

Una vez seleccionadas las variables, se realizó una estimación por mínimos cuadrados ordinarios y se incorporó una variable *dummy* que identifica a la actividad subestimada. Este proceso fue realizado en forma iterativa descartando las variables cuyos regresores no fueran significativos. El modelo final corresponde al obtenido cuando el R^2 ajustado se estabilizó. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla y se observa

que los insumos responsables de las emisiones son casi siempre los mismos y que algunas de las variables *dummies* también están presentes en varios de los modelos.

Cuadro 6: resultados de las estimaciones.

		CO2		MP10		MP2,5		PTS		NOx		COV		SOx		NH3	
Insumos	Carbón	*	37,3277	**	0,0379	**	0,0231	**	0,0506	**	0,1872		0,0050	**	0,7546	**	0,0092
	Combustibles refinados	**	5,8862	**	0,0013	**	0,0007	**	0,0013	**	0,0092	**	0,0006			**	0,0008
	Petgas	**	0,6028	**	0,0006	**	0,0006	**	0,0005	**	0,0023	**	0,0002	*	0,0040		
Dummies	Fab. otros prod. minerales no metálicos	**	54.363.700	**	2.195	**	993	**	3.945	**	7.610	**	2.538	**	20.067	**	338
	Actividades inmobiliarias	**	3.506.814														
	Ind. Pesquera	**	3.211.178							**	4.409	**	344			**	1.099
	Ind. básicas de metales no ferrosos	**	2.444.654	**	8.890	**	7.156	**	15.100	**	5.370			**	259.702		
	Suministro de electricidad	**	6.312.419	**	13.613	**	3.898	**	14.000			**	6.581			**	1.634
	Producción de madera y sus prod.			**	1.204	**	901	**	1.624			**	32.390			**	923
	Fabric. de papel					**	610	**	920							**	1.696
	Ind. de la leche													*	8.015	**	1.253
	Minería del cobre							**	4.517								
	Elab. de alimentos para animales															**	384
	Elab. de conservas															**	400
	Transporte urbano de pasajeros y carga									**	73.800	**	27.188				
	Fabric. de sustancias químicas básicas									**	6.577						
	Constante			*	64,5	**	47,5	*	61,0								
	Observaciones		55		55		55		55		55		55		55		55
	R2 Ajustado		0,9966		0,9945		0,9904		0,9971		0,9926		0,9999		0,9901		0,9807

* significativas al 5% y ** significativas al 1%

Fuente: Carriquiri 2008.

Los factores de emisión por consumo de insumos corresponden a los coeficientes que acompañan a esas variables en las estimaciones MCO realizadas. Los factores de emisión por producción se obtienen al dividir los coeficientes de las variables *dummies* por el nivel de producción de la actividad correspondiente.

Al comparar los valores de los factores de emisión presentados en la siguiente tabla se aprecia que los factores obtenidos de las estimaciones propias son de 1 a 2 órdenes de magnitud más grandes. Esto es una característica que se esperaba, ya que las emisiones estimadas con los factores de emisión de *Dessus et. al.* subestiman las emisiones reportadas para Chile.

Cuadro 7: Comparación factores de emisión por consumo de insumos en unidades monetarias

Factores *Dessus et al* en Ton emisiones/millon \$2005

	CO2	PTS	NO2	COV	SO2
Carbón	21,557840	0,000106			
Petgas			0,000017	0,000033	0,000038
Comb refinado	18,535031	0,000132	0,000482		0,000786
Gas	13,095098				
Quim Básicos				0,000031	
Otros Pr Quim				0,000188	

Factores Propios en Ton emisiones/millon \$2005

	CO2	PTS	NOx	COV	SOx
Carbón	37,327686	0,050595	0,187196	0,005024	0,754561
Petgas	5,886160	0,001323	0,009228	0,000621	
Comb refinado	0,602807	0,000526	0,002328	0,000164	0,003962

Fuente: Carriquiri 2008.

Otra característica esperable de los factores de emisión es que estos sean mayores para los insumos más contaminantes. Por esta razón los factores de emisión por uso de carbón son mayores que los por uso de combustibles refinados y estos a su vez más altos que los por uso de petgas (que en un alto porcentaje corresponde a gas natural).

V. Impactos Socioeconómicos de Shocks Energéticos en Base a Análisis de Equilibrio General.

Para evaluar los impactos sobre la economía chilena de alzas en el precio del petróleo y restricciones de gas natural argentino, se han desarrollado tres escenarios alternativos. El primero de ellos consiste en un aumento de los precios internacionales del petróleo, en un 30%²⁵, y de los combustibles en un 25%. El segundo escenario reproduce el supuesto de restricciones al abastecimiento de gas natural procedente de Argentina, lo que obliga a sustituirlo por otros energéticos, incluyendo el gas natural licuado. Este se asume disponible internacionalmente pero a precios cuatro veces superiores al precio del gas natural utilizado en Chile.

El tercero combina los dos escenarios antes descritos y es el *escenario central* del estudio. Con respecto a este último se desarrollan distintos análisis de sensibilidad, en torno a sus reglas de cierre y elasticidades. En todos los casos se asume que la capacidad de compensar estos *shocks* mediante aumento en la producción de crudo y gas natural chileno es muy limitada.

Se ha supuesto que las posibles variaciones en las distintas fuentes de ingreso público no afectan al gasto del gobierno y que por tanto éstas se saldan mediante variaciones en el ahorro/desahorro público. Posteriormente se relajará este supuesto analizando los efectos de mantener el ahorro de gobierno fijo al permitir variaciones en el IVA y en las transferencias a los hogares.

Para cada escenario alternativo se analizan impactos de “corto plazo” es decir asumiendo baja flexibilidad en ciertos mercados. Específicamente se ha considerado para el corto plazo baja movilidad de capital y baja sustitución entre insumos energéticos. Finalmente se realizan análisis de sensibilidad con respecto a estos parámetros para ver como influyen en los resultados finales. Además se hace la

²⁵ Aumento de los precios internacionales entre el 2004 y 2003 en términos reales del crudo WTI. Para el caso de los combustibles se realizó una aproximación de los incrementos del Kerosene (28%), Diesel (24%) y gasolinas (24%). CNE (2006)

distinción entre una economía con pleno empleo y con desempleo. Cabe señalar que para un análisis del impacto de más largo plazo del cambio de precios de energéticos es recomendable utilizar un modelo de equilibrio general dinámico.

A continuación se comparan los tres escenarios de shocks energéticos antes descritos, en un contexto de corto plazo, sin posibilidad de sustitución de insumos energéticos y con pleno empleo. En el epígrafe 4.2, se examinan en más detalle los impactos en el escenario base ante diversas reglas de cierre del gobierno, mientras que en el 4.3 se desarrolla un análisis de sensibilidad y analiza el impacto de diversos supuestos de empleo. Para cada caso se presentan los principales resultados macroeconómicos, sectoriales y distributivos.

Escenario Central: Impactos de shocks de precios del crudo, combustibles y gas natural.

En esta sección se asume un aumento conjunto de precios del petróleo en un 30%, de los combustibles en un 25% y un aumento de cuatro veces en el precio del gas natural, reflejando restricciones importantes a la importación de este último que deben sustituirse por importaciones de gas natural licuado u otros insumos energéticos. Cuando corresponda, se examina la importancia de cada aumento de precio en forma individual para establecer cual factor es el que más influye en el resultado obtenido²⁶.

Impactos macroeconómicos

Los *shocks* analizados tienen importantes impactos sobre los precios de importación, tipo de cambio, precios internos, ingreso y PIB reales, y otras variables macroeconómicas relevantes. Estas se discuten a continuación en base a los resultados presentados en el cuadro 5.

El aumento del precio de los energéticos genera en forma inmediata una caída de los términos de intercambio (-7.8%). En este resultado influyen de manera similar el

²⁶ En el anexo 3 se detalla, para cada sector, la evolución del *shock* a través de sus precios relativos.

aumento de precios de cada energético. Por ejemplo, si se considera solo el aumento del precio de los hidrocarburos esta caída es de -3.5%. Además el tipo de cambio aumenta en relación al numerario, en el caso del shock de precios un 2.1% y cuando se incorpora la restricción de gas natural un 5%. El resultado final de esto es que el precio de las importaciones de Chile aumenta en un 14%²⁷.

Este aumento en los precios, que se transmiten directamente a sus precios internos, genera costos más altos en diversos insumos productivos. En particular el mayor cambio en los precios internos²⁸ se observa en el precio de los combustibles (42%). Asimismo los precios internos de sectores energéticos (petróleo aumenta su precio en un 6.5% y gas natural en un 19%) y de aquellos muy dependientes de los combustibles como el transporte terrestre (11.4%) y la electricidad (27%), también experimentan alzas importantes²⁹.

Este cambio en los precios relativos reduce los márgenes y rentabilidades de la mayoría de los sectores de la economía como se discute más adelante. Estos se ajustan y para ello, dadas las restricciones del corto plazo, sustituyen capital menos rentable por trabajo, hasta alcanzar el nuevo equilibrio donde los costos laborales son levemente más altos. Asimismo, los consumidores enfrentan precios más altos en su canasta de consumo. En consecuencia, se observa una caída en los ingresos reales de los hogares³⁰ de un 4%.

Lo anterior genera una contracción de la absorción, de -2.8% cuando se analizan los *shocks* conjuntamente y de un -1.3% cuando solo se analiza el aumento del precio del petróleo y del combustible. Este se explica básicamente por la fuerte caída del consumo de los hogares de -4% y -2% respectivamente.

La inversión, que depende del ahorro disponible en la economía, presenta una ligera variación negativa cuando no se incluye la restricción de gas natural (-0.4%). Esto se explica por el hecho que la caída del ahorro tanto de hogares como de empresas, no

²⁷ Corresponde al índice de precios de las importaciones, y esta variación es con respecto a la variación del deflactor del PIB.

²⁸ En este caso se denominan precios internos a los precios que enfrenta el consumidor final.

²⁹ Idem 21

³⁰ El supuesto de pleno empleo obliga a mantener a todas las personas contratadas dentro de la economía. Los grados de libertad entonces incluyen el reasignar trabajadores entre sectores y reducir salarios.

alcanza a ser compensada por el aumento del ahorro público³¹. Este último efecto resulta de los mayores ingresos por aranceles e impuestos específicos, que suben en un 6.5% y un 2.4%, respectivamente, lo que más que compensa la reducción que se produce en la recaudación de los impuestos a los ingresos³².

El resultado anterior se ve magnificado cuando se incorpora además la restricción de gas natural. En efecto, la inversión se contrae cerca de tres veces más (-1.1%) debido a que el ahorro de las empresas y los hogares cae fuertemente. El aumento en el ahorro de gobierno no alcanza a mitigar esta caída.

El efecto final sobre las principales variables macroeconómicas se presenta en los cuadros 5 y 6. El aumento del precio del petróleo en 30% y de combustibles en 25% tiene un impacto recesivo, constatándose una leve reducción del PIB en términos reales de -0,2% y una caída algo mayor del valor bruto de la producción de -0.3%. Cuando se añade la restricción de gas natural este efecto es mayor: -0.5% en el PIB real y -0.4% en el Valor Bruto de la Producción.

³¹ Recordar que en esta simulación el gasto de gobierno se asume constante.

³² Véase el anexo 1 para profundizar en el análisis impositivo y sus limitaciones.

Cuadro 8: Efectos macroeconómicos

(Variaciones porcentuales sobre los niveles del año base, en pesos del 2003)

	Nivel BAU	Petróleo y combustibles	Gas natural	Petróleo, combustibles y gas natural
PIB real a precios de mercado	51160	-0,2%	-0,3%	-0,5%
PIB nominal a precios de mercado	51160	0,3%	0,3%	0,7%
Consumo	32109	-1,8%	-2,1%	-3,9%
Inversión	10310	-0,4%	-1,1%	-1,1%
Gobierno	6146	0,0%	0,0%	0,0%
Exportaciones	18685	0,3%	1,6%	2,4%
Importaciones	16581	-2,6%	-1,9%	-4,1%
Valor bruto de la producción	98676	-0,3%	-0,2%	-0,4%
Absorción	48566	-1,3%	-1,6%	-2,8%
Términos de intercambio	100	-3,5%	-4,5%	-7,8%
Tipo de cambio (a)	1,0	2,1%	2,9%	5,0%
Índice de precios de las exportaciones (a)	100	2.1%	2.9%	5,0%
Índice de precios de las importaciones (a)	100	5.8%	7.8%	13.9%
Índice de precios del consumidor (a)	100	2.0%	2.6%	4,7%
Ingreso real de los hogares	34193	-1.8%	-2.1%	-4.0%

Fuente: elaboración propia sobre la base de simulaciones con el modelo ECOGEM-Chile

(a) Variación en función del deflactor del PIB.

Cuadro 9: Efectos fiscales

(Variaciones porcentuales sobre los niveles del año base, en pesos del 2003)

	Nivel BAU	Petróleo y combustibles	Gas natural	Petróleo, combustibles y gas natural
Ahorro de gobierno	655	17,4%	9,2%	32,2%
Impuestos directos (empresas y hogares)	2296	0.0%	-0.1%	-0.1%
Impuesto a la producción	1867	2,4%	-0,4%	3,7%
IVA	3770	2,0%	2,7%	4,7%
Tarifas	526	6,5%	10,6%	17,3%

Fuente: elaboración propia sobre la base de simulaciones con el modelo ECOGEM-Chile

Cabe destacar que los factores que explican una mayor caída en el caso del shock combinado son algo diferentes a los que explican la caída frente a un shock en el precio de hidrocarburos. En este último caso el menor consumo de los hogares es el factor preponderante. Al incorporar la imposibilidad de importar gas natural hay efectos importantes además sobre la inversión.

Impactos sectoriales

Los impactos sobre los sectores dependen de su grado de relación con los sectores energéticos afectados. Estos efectos son sobre las rentabilidades, valor bruto de la producción (VBP) y valor agregado sectoriales. Estos se presentan en los cuadros 7, 8 y 9 respectivamente, considerando los 12 principales sectores de la economía³³.

En términos de la rentabilidad de la economía en su conjunto, el shock de un aumento en los precios de hidrocarburos hace que ésta se reduzca en 0,2%³⁴. Un shock combinado que incluye la restricción de gas natural lleva a una caída en la rentabilidad relativa de un 0,7%. Al analizar los sectores económicos en términos de su agregación típica de 12 sectores se aprecia una caída en la rentabilidad relativa de los sectores de transporte y servicios (con rentabilidades entre -0.3% y -1.5%); y un aumento en la de los sectores de recursos naturales (con aumentos dentro del rango de 0.1% y 1.8%).

Si bien la mayoría de los sectores presentan reducciones en su rentabilidad, los diferenciales en rentabilidades relativas contribuyen a que algunos de ellos experimenten caídas en VBP, mientras que otros las aumenten. La absorción se reduce para todos los sectores fruto del impacto recesivo a nivel doméstico del shock. Dentro de este cuadro, se constata que los sectores de recursos naturales presentan un mayor dinamismo que se debe al favorable impacto sobre las exportaciones del aumento del tipo de cambio.

En efecto, el aumento en el tipo de cambio y la rentabilidad de los sectores de recursos naturales genera un aumento de un 3% en el valor agregado de estos sectores y una caída en éste de un 0.5% en el resto de los sectores. Estos resultados se potencian cuando se incorpora la restricción del gas natural. En términos absolutos, el sector minero, en particular del cobre, presenta un aumento importante en su valor agregado.

³³ También se dispone de resultados para los 74 sectores.

³⁴ Esta rentabilidad total se estima utilizando un índice del tipo Laspeyres, el que permite calcular ésta agregando ponderadamente las rentabilidades sectoriales.

Por otro lado los sectores perdedores son fundamentalmente aquellos que dependen del consumo de los distintos hogares y de la inversión. En particular se observa la mayor contracción en el sector de propiedad de la vivienda, cuya producción va destinada en su totalidad a demanda final y principal demandante del sector de construcción. Éste presenta una caída del 3.8% en su rentabilidad y del 6% en su valor agregado.

En definitiva los *shocks* de hidrocarburos dirigen a la economía chilena hacia un patrón productivo más dependiente aún de los sectores primarios, donde el país presenta ventajas comparativas.

Cuadro 10: Efectos sobre la rentabilidad relativa sectorial

(Variaciones porcentuales sobre los niveles del año base, en pesos del 2003)

	Nivel BAU	Petróleo y combustibles	Gas natural	Petróleo, combustibles y gas natural
Agropecuario Silvícola	1.0	0.1%	0.4%	0.4%
Pesca Extractiva	1.0	0.4%	1.4%	1.6%
Minería	1.0	1.8%	0.7%	2.4%
Industria Manufacturera	1.0	-0.2%	-1.0%	-0.8%
Electricidad. Gas y Agua	1.0	-0.5%	0.5%	0.1%
Construcción	1.0	-0.5%	-1.2%	-1.5%
Comercio. Hoteles y Restaurantes	1.0	-0.3%	-0.7%	-1.0%
Transporte y Comunicaciones	1.0	-1.1%	-1.0%	-2.0%
Intermediación Financiera y Servicios Empresariales	1.0	-0.1%	-0.5%	-0.6%
Propiedad de Vivienda	1.0	-1.5%	-2.3%	-3.8%
Servicios Sociales y Personales	1.0	-0.8%	-1.4%	-2.1%
Administración Pública	1.0	-0.3%	-0.7%	-0.9%
Economía	1.0	-0.2%	-0.6%	-0.7%

Fuente: elaboración propia sobre la base de simulaciones con el modelo ECOGEM-Chile

Cuadro 11: Efectos sobre el valor bruto de la producción sectorial

(Variaciones porcentuales sobre los niveles del año base, en pesos del 2003)

	Nivel BAU	Petróleo y combustibles	Gas natural	Petróleo. combustibles y gas natural
Agropecuario Silvícola	3905	0.4%	2.0%	2.2%
Pesca Extractiva	1389	1.4%	4.2%	5.0%
Minería	8435	4.2%	2.1%	5.8%
Industria Manufacturera	23672	-0.1%	-1.4%	-0.8%
Electricidad. Gas y Agua	3325	-0.4%	3.3%	3.0%
Construcción	7267	-0.6%	-1.2%	-1.4%
Comercio. Hoteles y Restaurantes	11798	-0.2%	-0.1%	-0.4%
Transporte y Comunicaciones	11022	-3.7%	-0.7%	-4.7%
Intermediación Financiera y Servicios Empresariales	12346	0.3%	0.5%	0.8%
Propiedad de Vivienda	3674	-2.5%	-3.3%	-6.0%
Servicios Sociales y Personales	8378	-0.9%	-1.2%	-2.1%
Administración Pública	3464	0.0%	0.0%	0.0%

Fuente: elaboración propia sobre la base de simulaciones con el modelo ECOGEM-Chile

Cuadro 12: Efectos sobre el valor agregado

(Variaciones porcentuales sobre los niveles del año base, en pesos del 2003)

	Nivel BAU	Petróleo y combustibles	Gas natural	Petróleo. combustibles y gas natural
Agropecuario Silvícola	1715	0.7%	2.5%	3.0%
Pesca Extractiva	596	1.4%	4.3%	5.1%
Minería	4067	4.2%	2.6%	6.4%
Industria Manufacturera	7171	0.3%	-0.3%	0.3%
Electricidad. Gas y Agua	1362	-0.8%	2.5%	1.8%
Construcción	3378	-0.6%	-1.2%	-1.4%
Comercio. Hoteles y Restaurantes	4622	-0.2%	-0.1%	-0.3%
Transporte y Comunicaciones	4460	-1.8%	-0.3%	-2.2%
Intermediación Financiera y Servicios Empresariales	7238	0.3%	0.5%	0.7%
Propiedad de Vivienda	2451	-2.5%	-3.3%	-6.0%
Servicios Sociales y Personales	5754	-0.9%	-1.1%	-2.1%
Administración Pública	2183	0.0%	0.0%	0.0%
Valor agregado RR.NN. ^{a)}	6378	3.0%	2.7%	5.4%
Valor agregado resto	38619	-0.5%	-0.4%	-0.9%

Fuente: elaboración propia sobre la base de simulaciones con el modelo ECOGEM-Chile

a) Incluye a los sectores “Agropecuario-Silvícola”, “Pesca extractiva” y “Minería”

En término de las importaciones, el *shock* de hidrocarburos genera una caída de un 3.5% de las importaciones de gas natural y de un 8% y 9% de las importaciones de petróleo y combustibles respectivamente. Cuando se incorpora el aumento del precio del gas se revierte la caída de las importaciones de combustibles las que pasan a subir un 9%, mostrando el grado de sustitución existente entre estos energéticos.³⁵

Los cuadros 10 y 11 muestran los principales efectos de los cambios en el precio de los energéticos importados sobre los sectores energéticos nacionales y los sectores más eslabonados con éstos. En efecto, los sectores que los tienen como su principal insumo (por ejemplo, los transportes) o los posibles sustitutos (por ejemplo, el carbón) son los más afectados en cuanto a rentabilidad y valor bruto de la producción. Dentro del transporte, el marítimo y el aéreo son los más negativamente afectados³⁶.

En el escenario de aumento de precios del petróleo y derivados, los sectores energéticos en cierta medida sustitutos, como carbón y gas natural, presentan resultados disímiles. El primero incrementa el valor de su producción en un 1.8% y el segundo lo disminuye en un -0.9%. En términos de contribución al impacto total (variación ponderada por el peso del sector en la producción total), la caída en el valor de la producción del sector de los combustibles y del transporte marítimo son las más relevantes³⁷.

Cuando se incorpora además el *shock* de gas natural, las rentabilidades de los sectores energéticos y relacionados cambian fuertemente. En primer lugar la rentabilidad local de gas natural aumenta a un 35.3% generando un importante incremento en el valor de la producción de este sector. Sin embargo dado el bajo monto asociado a este sector este incremento no afecta en forma significativa el VBP de la economía. El sector del petróleo disminuye el incremento de su rentabilidad a un 9.5% y los sectores de suministro de gas y de transporte disminuyen aún más su rentabilidad y el valor bruto de su producción.

³⁵ Véase el anexo 2.

³⁶ Estos efectos probablemente están sobrestimados al no considerar el hecho que el costo de los combustibles sube además para la competencia externa.

³⁷ Nótese que el sector del petróleo destina prácticamente el total de su producción a la elaboración de combustibles.

Cuadro 13: Efectos sobre la rentabilidad de los sectores energéticos y relacionados

(Variaciones porcentuales sobre los niveles del año base, en pesos del 2003)

Sectores	Rentabilidad			
	Nivel BAU	Petróleo y combustibles	Gas natural	Petróleo, combustibles y gas natural
Carbón	1	-0.4%	0.0%	-0.4%
Petróleo	1	16.8%	-12.7%	9.5%
Gas Natural	1	-0.6%	35.0%	35.3%
Combustibles	1	-4.2%	-9.5%	-10.0%
Electricidad	1	-0.2%	1.5%	1.4%
Suministro de gas	1	-1.4%	-3.2%	-3.7%
Transporte ferroviario	1	-0.2%	-1.1%	-1.2%
Transporte por carretera ³⁸	1	-0.2%	-1.2%	-1.2%
Transporte marítimo	1	-12.6%	-3.0%	-16.6%
Transporte aéreo	1	-4.2%	-1.2%	-5.5%

Fuente: elaboración propia sobre la base de simulaciones con el modelo ECOGEM-Chile

Cuadro 14: Efectos sobre el VBP de los sectores energéticos y relacionados

(Variaciones porcentuales sobre los niveles del año base, en pesos del 2003)

Sectores	Valor bruto de la producción			
	Nivel BAU	Petróleo y combustibles	Gas natural	Petróleo, combustibles y gas natural
Carbón	14	1.8%	3.2%	4.9%
Petróleo	19	37.9%	-23.1%	22.4%
Gas Natural	81	-0.9%	87.0%	88.3%
Combustibles	2907	-7.9%	-16.9%	-17.6%
Electricidad	2768	0.1%	4.8%	5.0%
Suministro de gas	128	-2.5%	-5.1%	-5.8%
Transporte ferroviario	129	0.6%	-0.5%	-0.1%
Transporte por carretera	4345	-0.1%	-0.7%	-0.7%
Transporte marítimo	1150	-23.1%	-4.5%	-29.1%
Transporte aéreo	1210	-7.5%	-0.8%	-8.9%

Fuente: elaboración propia sobre la base de simulaciones con el modelo ECOGEM-Chile

Impactos distributivos

Los impactos distributivos y sobre la pobreza de las alzas de precio de energéticos son claramente negativos. Si bien el ingreso nominal³⁹ de los distintos hogares aumenta, el

³⁸ Este sector incluye “Otro transporte terrestre de pasajeros” y “Transporte camionero de carga”.

³⁹ Nominal en el contexto de equilibrio general implica al nuevo nivel de precios relativos prevalecientes en la economía luego del shock. Un efecto real sobre una variable implica comparar a precios relativos originales antes del shock. No tiene relación con la inflación ya que estos son modelos reales.

poder adquisitivo que se pierde asociado a mayores precios en la cesta de consumo de referencia para cada quintil es claramente negativo y regresivo.

Las caídas de ingreso real son sustancialmente mayores en los quintiles de menor ingreso, efecto que se ve notoriamente incrementado cuando al aumento en el precio del petróleo y combustibles se le añade la restricción de gas natural (-9.8% en el quintil más pobre versus -3.5% en el más rico). Ello resulta en una pérdida de utilidad de los quintiles en todos los escenarios, en particular de los más pobres, como se observa en el cuadro 12.

Cuadro 15: Efectos distributivos

(Variaciones porcentuales sobre los niveles del año base, en pesos del 2003)

	Nivel BAU	Petróleo y combustibles	Gas natural	Petróleo. combustibles y gas natural
Salario*	1	0,2%	0,7%	0,8%
Ingreso real Quintil1	1359	-2,9%	-5,6%	-9,8%
Ingreso real Quintil2	2012	-2,5%	-3,7%	-7,0%
Ingreso real Quintil3	2870	-1,9%	-2,0%	-4,0%
Ingreso real Quintil4	4287	-1,7%	-1,6%	-3,2%
Ingreso real Quintil5	23665	-1,7%	-1,9%	-3,5%
Ingreso nominal Quintil1	1359	0,1%	0,5%	0,5%
Ingreso nominal Quintil2	2012	0,2%	0,7%	0,8%
Ingreso nominal Quintil3	2870	0,2%	0,7%	0,9%
Ingreso nominal Quintil4	4287	0,2%	0,7%	0,9%
Ingreso nominal Quintil5	23665	0,1%	0,2%	0,3%
Índice de precios Quintil 1	100	3,2%	6,4%	11,4%
Índice de precios Quintil 2	100	2,8%	4,5%	8,4%
Índice de precios Quintil 3	100	2,1%	2,8%	5,1%
Índice de precios Quintil 4	100	2,0%	2,3%	4,3%
Índice de precios Quintil 5	100	1,9%	2,2%	4,0%
Utilidad Quintil1	47	-6,9%	-12,2%	-27,8%
Utilidad Quintil2	67	-4,4%	-6,3%	-13,7%
Utilidad Quintil3	87	-2,0%	-2,0%	-4,2%
Utilidad Quintil4	135	-1,7%	-1,7%	-3,4%
Utilidad Quintil5	879	-1,8%	-2,1%	-3,8%

Fuente: elaboración propia sobre la base de simulaciones con el modelo ECOGEM-Chile

* Al ser el numerario el deflactor del PIB el salario nominal coincide con salario real

Impactos ambientales

En el presente punto se presentan los impactos ambientales generados en el escenario central, que incorpora aumentos en el precio de los hidrocarburos y la restricción a la importación de gas natural. Este punto se ha dividido en tres sub-secciones. En la primera y segunda se analizan, utilizando los factores de emisión transferidos, los impactos asociados a las emisiones de gases de efecto invernadero y los impactos asociados a otros contaminantes respectivamente. En la tercera sección se analizan los efectos ambientales estimados con los coeficientes de emisión calculados para Chile.

Impactos sobre gases de efecto invernadero

En este punto se analiza, con los factores de emisión transferidos, el efecto de los *shocks* antes discutidos sobre las emisiones de CO₂ para el escenario central de corto plazo, en este caso se asume que el gobierno ahorra sus excedentes. También se identifican los principales sectores causantes del aumento o disminución de las emisiones de CO₂ y sus principales canales de transmisión.

El aumento en el precio internacional de los hidrocarburos genera una caída del -1.8% en las emisiones de CO₂, lo que es causado por dos efectos de distinta magnitud. El primero se asocia a una caída de un -1.3% en las emisiones por la menor producción industrial⁴⁰, efecto que se explica por las menores emisiones del sector de transporte. El segundo se origina por una caída del -3.1% en las emisiones generadas por el consumidor final, lo que se asocia al menor consumo de combustibles.

Al analizar únicamente la restricción de gas natural se aprecian menores contracciones en las emisiones de CO₂ que en el caso anterior (-1.3% vs. -1.8%). El principal efecto se da por una mayor contracción en las emisiones asociadas al consumo intermedio y final de combustibles, mientras que las emisiones asociadas al sector de transporte disminuyen pero en menor proporción que ante el *shock* de hidrocarburos.

⁴⁰ Hay que recordar que en el corto plazo no se permite sustitución entre insumos energéticos.

Al analizar en forma conjunta los *shocks* anteriores sus efectos se potencian causando una mayor contracción de las emisiones de CO2 (-2.9%). Efecto explicado por las menores emisiones de transportes y de combustibles.

Cuadro 16: Emisiones de CO2

(Variaciones porcentuales sobre los niveles del año base)

	Petróleo y combustibles	Gas natural	Petróleo, combustibles y gas natural
Emisiones de CO2 totales	-1.8%	-1.3%	-2.9%
Emisiones de CO2 por procesos productivos	-1.3%	-0.5%	-1.8%
Emisiones de CO2 por demanda final	-3.1%	-3.1%	-5.5%

Fuente: elaboración propia sobre la base de simulaciones con el modelo ECOGEM-Chile

Otros Impactos Ambientales.

El incremento en los precios de los hidrocarburos y la baja disponibilidad de gas natural generan una redistribución en la intensidad del uso de insumos energéticos, afectando en diversa magnitud a las emisiones de contaminantes al aire.

Este análisis considera 5 contaminantes al aire incluyendo SO2, NO2, CO; material particulado y compuestos orgánicos volátiles; En el cuadro 16 se muestran las variaciones de estos contaminantes, mientras en el cuadro 17 se analizan las variaciones en la contaminación asociada a la producción industrial y a la demanda final.

Por otro lado, las emisiones que más caen son las de SO2 (-1.9%), NO2 (-1.9%) y material particulado (-1.7%) lo que se debe a las menores emisiones asociadas a la producción industrial y al consumo de bienes finales. Este efecto se origina por la menor demanda y producción de combustibles y una menor actividad del sector de transportes. En general, como se aprecia en el cuadro 16, la contaminación al aire disminuye.

Las mayores caídas, dadas únicamente por la restricción de gas natural, se dan en las emisiones de SO2 (-1.6%), NO2 (-1.5%) y compuestos orgánicos volátiles (-1.6%), las

que se originan por menores emisiones relacionadas a la producción industrial y menores emisiones asociadas a los patrones de consumo. Las reducciones de SO₂ y NO₂ se deben a la menor producción industrial y demanda de combustibles, así como a una menor actividad del sector de transportes, mientras que la reducción de compuestos orgánicos volátiles es influenciada principalmente por la menor producción y consumo del sector de combustibles y el menor consumo de productos químicos.

Al integrar ambos *shocks* las mayores reducciones se aprecian en las emisiones de SO₂ (-3.1%), NO₂ (-3.1%), material particulado (-2.7%) y compuestos orgánicos volátiles (-1.8%).

Cuadro 17: Efectos ambientales totales.

(Variaciones porcentuales sobre los niveles del año base)

	Petróleo y combustibles	Gas natural	Petróleo, combustibles y gas natural
SO ₂	-1.9%	-1.6%	-3.1%
NO ₂	-1.9%	-1.5%	-3.1%
CO	-1.0%	-0.3%	-1.2%
Compuestos orgánicos volátiles	-0.7%	-1.6%	-1.8%
Material particulado	-1.7%	-1.2%	-2.7%

Fuente: elaboración propia sobre la base de simulaciones con el modelo ECOGEM-Chile

Cuadro 18: Emisiones por producción industrial y demanda final

(Variaciones porcentuales sobre los niveles del año base)

		Petróleo y combustibles	Gas natural	Petróleo, combustibles y gas natural
Producción	SO ₂	-1.1%	-1.4%	-1.0%
	NO ₂	-1.0%	-1.4%	-0.9%
	CO	-0.1%	-0.5%	0.4%
	Compuestos orgánicos volátiles	-1.6%	-0.2%	-1.3%
	Material particulado	-0.6%	-1.1%	-0.4%
Demanda	SO ₂	-2.0%	-3.1%	-3.1%
	NO ₂	-2.0%	-3.1%	-3.1%
	CO	-2.0%	-3.0%	-3.0%
	Compuestos orgánicos volátiles	-1.0%	-1.8%	-2.3%
	Material particulado	-2.0%	-3.1%	-3.1%

Fuente: elaboración propia sobre la base de simulaciones con el modelo ECOGEM-Chile

En general, los aumentos en la contaminación se dan por una mayor actividad minera, la que se ve incrementada por variaciones en los términos de intercambio. Mientras que las menores emisiones se deben principalmente a una menor actividad de los sectores de

transporte y elaboración de combustibles quienes ven incrementado el costo de sus principales factores productivos.

Impactos Ambientales con coeficientes estimados para Chile

En el presente punto se compara la variación en las emisiones medidas con los coeficientes transferidos y los calculados para Chile. En este caso se analiza únicamente el *shock* de hidrocarburos.

En el siguiente cuadro se aprecia que las emisiones al aire presentan distinta magnitud e incluso signos contrarios según el coeficiente que se aplica. Con los coeficientes transferidos todas las emisiones caen mientras que con los coeficientes calculados para Chile algunos contaminantes aumentan sus emisiones.

Los contaminantes que disminuyen sus emisiones con ambos factores son NO_x, CO y CO₂, mientras que SO_x, COV y el material particulado aumentan sus emisiones a diferencia de los resultados obtenidos con los coeficientes transferidos.

Cuadro 19: Comparación de emisiones ambientales, shock de petróleo y combustibles.

	Coeficientes transferidos	Coeficientes estimados para Chile
Emisiones SO _x *	-1,90%	2,30%
Emisiones NO _x *	-1,90%	-0,70%
Emisiones CO	-1,00%	-1,10%
Emisiones COV	-0,70%	0,60%
Emisiones PART	-1,70%	0,30%
Emisiones CO ₂	-1,80%	-0,70%
Emisiones MP10	-	0,10%
Emisiones MP2,5	-	0,30%
Emisiones NH ₃	-	-0,30%

* El método de estimación de emisiones original considera SO₂ y NO₂

La explicación de estos resultados disímiles se da por la composición de las emisiones totales las que agregan emisiones generadas por la actividad industrial y emisiones generadas por demanda final. Tal como se aprecia en la siguiente tabla, las diferencias en los signos y magnitudes de las emisiones se dan por la actividad industrial donde predomina el efecto en las emisiones industriales al de las emisiones de demanda final.

Cuadro 20: Comparación de emisiones industriales y de demanda final, shock de petróleo y combustibles.

	Coeficientes transferidos	Coeficientes estimados para Chile
Emisiones industriales SOx*	-1,40%	2,40%
Emisiones industriales NOx*	-1,40%	-0,50%
Emisiones industriales CO	-0,50%	-0,50%
Emisiones industriales COV	-0,20%	0,70%
Emisiones industriales PART	-1,10%	0,50%
Emisiones industriales CO2	-1,30%	-0,40%
Emisiones industriales MP10	-	0,30%
Emisiones industriales MP2,5	-	0,40%
Emisiones industriales NH3	-	0,10%
Emisiones demanda final SOx*	-3,10%	-0,80%
Emisiones demanda final NOx*	-3,10%	-3,00%
Emisiones demanda final CO	-3,00%	-3,00%
Emisiones demanda final COV	-1,80%	-2,90%
Emisiones demanda final PART	-3,10%	-2,90%
Emisiones demanda final CO2	-3,10%	-3,10%
Emisiones demanda final MP10	-	-2,90%
Emisiones demanda final MP2,5	-	-2,80%
Emisiones demanda final NH3	-	-3,00%

* el método de estimación de emisiones original considera SO2 y NO2

La contracción en las emisiones de demanda final es similar para ambos coeficientes y se origina por la caída en el ingreso de los hogares, generado por el *shock* de hidrocarburos, lo que contrae el consumo en forma similar en ambos casos.

Por otro lado, las variaciones en las emisiones industriales se originan por cambios en las rentabilidades relativas, lo que beneficia a unos por sobre otros sectores. Dado que los coeficientes calculados para Chile son mayores que los transferidos, en aquellos sectores que presentan incrementos en su rentabilidad, se presentan mayores emisiones de SOx, COV y material particulado.

Por ejemplo, para el caso del SOx los coeficientes calculados para Chile presentan como principal fuente emisora a la “Industria básica de metales no ferrosos” en mayor proporción que con los coeficientes transferidos. Por lo tanto, el aumento en la rentabilidad este sector genera un mayor incremento en las emisiones de SOx con los coeficientes chilenos.

Al analizar las emisiones de material particulado total se observa, con los factores de emisión transferidos, una disminución de un -1,1%. Lo anterior se explica porque 8 de

las 10 actividades que más emiten, según esos factores, reducen su producción y sus emisiones por una menor rentabilidad relativa. Por el contrario, con los factores de emisión calculados para Chile, las emisiones aumentan un 0,5%. Lo que se explica porque 6 de las 10 industrias más contaminantes aumentan su producción y por tanto sus emisiones.

Respecto del CO₂ se concluye que la reducción en las emisiones de CO₂, ante el *shock* de hidrocarburos, son menores en el caso de los coeficientes estimados para Chile. Lo anterior se asocia principalmente a las diferencias en las emisiones de CO₂ dadas en los sectores productivos ya que según los coeficientes transferidos la reducción de emisiones industriales caerían un -1,3% mientras que las emisiones con coeficientes chilenos caen un -0,4%. Por otro lado la reducción de emisiones asociadas a demanda final caen en similar magnitud.

Estas diferencias ponen de manifiesto la importancia de utilizar factores de emisión propios del país ya que se incluye en el análisis factores tecnológicos y estructurales de la economía nacional.

En general, el cambio en la importancia del nivel inicial de las emisiones de cada sector ocasiona los distintos valores obtenidos, al cambiar el conjunto de factores de emisión, usados para la estimación.

Escenarios con opciones de políticas públicas alternativas.

En este apartado se exploran algunas opciones de políticas públicas factibles que permiten variar los impactos socioeconómicos de los *shocks* energéticos simulados. En el cierre del escenario central se asume que el gasto de gobierno se mantiene constante y por lo tanto todos los ajustes se dan a través del ahorro de gobierno, el que se traduce finalmente en una mayor o menor demanda por inversión. Corresponde entonces a un cierre donde el ahorro del gobierno es flexible. Los cierres alternativos asumen que el ahorro real de gobierno se mantiene constante y que: (1) los ajustes fiscales se dan a través de cambios en las transferencias a los hogares; o (2) que se realizan mediante variaciones en el valor agregado.

Para examinar el impacto de las distintas reglas de cierre del sector público, se considera el escenario de corto plazo, en que se aplican todos los *shocks* de forma simultánea.

Impactos macroeconómicos.

Se aprecia que en términos del producto no existen variaciones significativas ante las diversas opciones de políticas públicas. La única diferencia está relacionada con la inversión y el consumo, ya que en los escenarios alternativos la inversión cae más que en el escenario central pero esta caída es compensada por un aumento en el consumo. Esto constituye un claro ejemplo de sustitución de consumo presente por futuro. Lo anterior se debe a que ahora el leve aumento del ahorro público se traspasa a los hogares mediante mayores transferencias o menores impuestos indirectos.

En estos dos escenarios alternativos el *shock* energético impulsa una menor caída en la recaudación por impuestos directos en general. Cuando aumentan las transferencias se produce una mayor recaudación por impuestos directos a las personas, siendo similares al escenario base el resto de los efectos fiscales. Cuando se reduce el IVA la recaudación por este concepto cae en un 1.3%, frente al aumento que se produce en los otros escenarios, mientras que la recaudación por los otros impuestos se mantiene en rangos similares al del cierre base con ahorro flexible.

Cuadro 21: Efectos macroeconómicos con cierres alternativos

(Variaciones porcentuales sobre los niveles del año base, en pesos del 2003)

	Nivel BAU	Shock de petróleo, combustibles y gas natural		
		Ahorro flexible	Transferencias flexibles	IVA flexible
PIB real a precios de mercado	51160	-0,5%	-0,5%	-0,5%
PIB nominal a precios de mercado	51160	0,7%	0,7%	0,2%
Consumo	32109	-3,9%	-3,5%	-3,6%
Inversión	10310	-1,1%	-2,8%	-2,5%
Gobierno	6146	0,0%	0,0%	0,0%
Exportaciones	18685	2,4%	2,3%	2,3%
Importaciones	16581	-4,1%	-4,2%	-4,2%
Valor bruto de la producción	98676	-0,4%	-0,5%	-0,4%
Absorción	48566	-2,8%	-2,9%	-2,9%
Términos de intercambio	100	-7,8%	-7,8%	-7,8%
Índice de precios de las exportaciones (a)	100	5,0%	5,1%	4,8%
Índice de precios de las importaciones (a)	100	13,9%	14,0%	13,7%
Índice de precios del consumidor (a)	100	4,7%	4,8%	4,2%
Balanza por cuenta corriente	2104	-10,9%	-10,4%	-10,2%
Tipo de cambio	1,0	5,0%	5,1%	4,8%

Fuente: elaboración propia sobre la base de simulaciones con el modelo ECOGEM-Chile

(a) Variación en función del deflactor del PIB.

Cuadro 22: Efectos fiscales con cierres alternativos

(Variaciones porcentuales sobre los niveles del año base, en pesos del 2003)

	Nivel BAU	Shock de petróleo, combustibles y gas natural		
		Ahorro flexible	Transferencias flexibles	IVA flexible
Ahorro de gobierno	655	32,2%	0,0%	0,0%
Impuestos directos (empresas y hogares)	2296	-0,1%	0,2%	0,0%
Impuesto a la producción	1867	3,7%	4,0%	3,6%
IVA	3770	4,7%	4,8%	-1,3%
Tarifas	526	17,3%	17,3%	16,9%

Fuente: elaboración propia sobre la base de simulaciones con el modelo ECOGEM-Chile

Impactos sectoriales.

En general no se aprecian cambios significativos en los cambios sectoriales cuando se incorporan las alternativas de política pública. Sin embargo algunos sectores específicos

si tienen efectos diferentes al escenario central. Por ejemplo, el sector de construcción contrae su VBP en -2,8% al considerar transferencias flexibles, bastante mayor al 1,4% del escenario central, debido a que en él se materializan las mayores o menores demandas por inversión. Se observan pequeños cambios en los sectores cuyos productos van destinados principalmente a consumo final, que se ven ahora en una mejor situación.

Cuadro 23: Efectos sobre el VBP sectorial con cierres alternativos

(Variaciones porcentuales sobre los niveles del año base, en pesos del 2003)

	Nivel BAU	Shock de petróleo, combustibles y gas natural		
		Ahorro flexible	Transferencias flexibles	IVA flexible
Agropecuaria Silvícola	3905	2,2%	2,3%	2,2%
Pesca Extractiva	1389	5,0%	5,0%	5,4%
Minería	8435	5,8%	5,5%	5,4%
Industria Manufacturera	23672	-0,8%	-0,8%	-0,8%
Electricidad, Gas y Agua	3325	3,0%	3,2%	3,0%
Construcción	7267	-1,4%	-2,8%	-2,6%
Comercio, Hoteles y Restaurantes	11798	-0,4%	-0,3%	-0,2%
Transporte y Comunicaciones	11022	-4,7%	-4,5%	-4,4%
Intermediación Financiera y Servicios Empresariales	12346	0,8%	0,8%	0,8%
Propiedad de Vivienda	3674	-6,0%	-5,4%	-5,4%
Servicios Sociales y Personales	8378	-2,1%	-1,9%	-1,9%
Administración Pública	3464	0,0%	0,0%	0,0%

Fuente: elaboración propia sobre la base de simulaciones con el modelo ECOGEM-Chile

Impactos distributivos.

En los cierres alternativos se aprecia una clara mejora en términos del ingreso real para la mayoría de los quintiles respecto del escenario central, si bien en todos los casos los ingresos reales son menores a la situación previa al *shock* energético. Al permitir un aumento de las transferencias de los quintiles más pobres pierden menos ingreso, lo que genera un impacto progresivo respecto del escenario central. Cuando el ajuste es a través de una rebaja en el IVA todos los quintiles mejoran su ingreso respecto al escenario central, pero es más regresivo.

Cuadro 24: Efectos distributivos con cierres alternativos

(Variaciones porcentuales sobre los niveles del año base, en pesos del 2003)

	Nivel BAU	Shock de petróleo, combustibles y gas natural		
		Ahorro flexible	Transferencias flexibles	IVA flexible
Salario*	1	0,8%	0,5%	0,6%
Ingreso real Quintil1	1359	-9,8%	-3,9%	-9,4%
Ingreso real Quintil2	2012	-7,0%	-4,7%	-6,6%
Ingreso real Quintil3	2870	-4,0%	-3,0%	-3,7%
Ingreso real Quintil4	4287	-3,2%	-2,9%	-2,9%
Ingreso real Quintil5	23665	-3,5%	-3,6%	-3,1%
Ingreso nominal Quintil1	1359	0,5%	6,8%	0,4%
Ingreso nominal Quintil2	2012	0,8%	3,2%	0,6%
Ingreso nominal Quintil3	2870	0,9%	2,1%	0,7%
Ingreso nominal Quintil4	4287	0,9%	1,3%	0,7%
Ingreso nominal Quintil5	23665	0,3%	0,3%	0,3%
Índice de precios Quintil 1	100	11,4%	11,1%	10,8%
Índice de precios Quintil 2	100	8,4%	8,3%	7,8%
Índice de precios Quintil 3	100	5,1%	5,2%	4,6%
Índice de precios Quintil 4	100	4,3%	4,3%	3,7%
Índice de precios Quintil 5	100	4,0%	4,0%	3,5%
Utilidad Quintil1	47	-27,8%	-19,7%	-25,1%
Utilidad Quintil2	67	-13,7%	-11,0%	-12,6%
Utilidad Quintil3	87	-4,2%	-3,1%	-3,9%
Utilidad Quintil4	135	-3,4%	-3,0%	-3,1%
Utilidad Quintil5	879	-3,8%	-3,9%	-3,4%

Fuente: elaboración propia sobre la base de simulaciones con el modelo ECOGEM-Chile

* Al ser el numerario el deflactor del PIB el salario nominal coincide con el salario real

En general las políticas alternativas de gobierno ayudan a disminuir los efectos negativos sobre el ingreso de los hogares, aunque el efecto del aumento de los precios del petróleo, combustibles y gas natural sigue siendo contractivo y regresivo.

Impactos sobre las emisiones de CO2.

Las opciones de política pública simuladas, analizadas anteriormente, para suavizar los *shocks* internacionales no generan variaciones significativas sobre las emisiones de CO2. Por lo tanto, la elección de cualquiera de las tres políticas no presentaría efectos disímiles en las emisiones por lo que el criterio de selección de política se debe asociar a los efectos económicos y sociales que minimicen el impacto del shock.

Cuadro 25: Efectos sobre las emisiones de CO2 de políticas alternativas, coeficientes transferidos

		Petróleo y combustibles	Gas natural	Petróleo, combustibles y gas natural
Inversión	Emisiones totales de CO2	-1.8%	-1.3%	-2.9%
	Emisiones industriales de CO2	-1.3%	-0.5%	-1.8%
	Emisiones de demanda final de CO2	-3.1%	-3.1%	-5.5%
Transferencias a los hogares	Emisiones totales de CO2	-1.7%	-1.2%	-2.8%
	Emisiones industriales de CO2	-1.2%	-0.5%	-1.7%
	Emisiones de demanda final de CO2	-3.0%	-3.1%	-5.3%
Disminución del IVA	Emisiones totales de CO2	-1.7%	-1.2%	-2.7%
	Emisiones industriales de CO2	-1.2%	-0.5%	-1.7%
	Emisiones de demanda final de CO2	-2.9%	-3.0%	-5.2%

Fuente: elaboración propia sobre la base de simulaciones con el modelo ECOGEM-Chile

Análisis de sensibilidad.

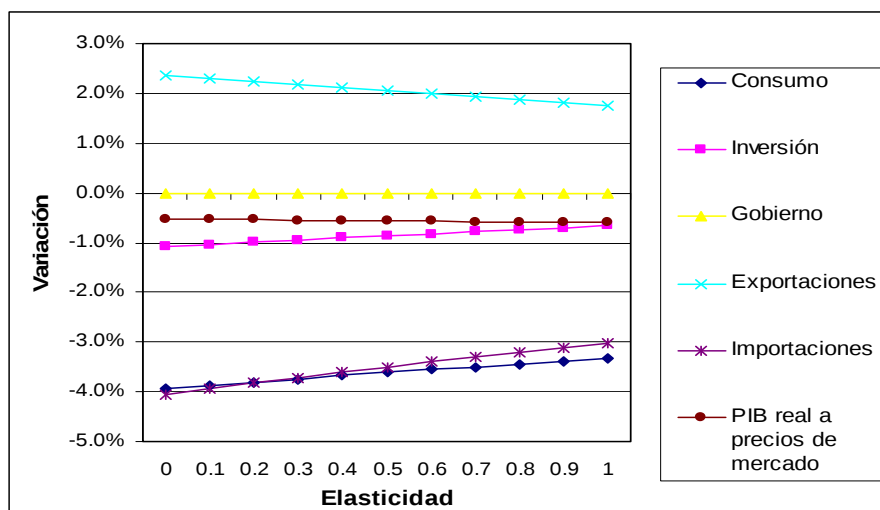
Para examinar la robustez de los resultados obtenidos se desarrollan a continuación diversos análisis de sensibilidad respecto del escenario central. Primero, se analiza cual es el efecto de asumir un mayor grado de sustitución entre productos energéticos. Para este efecto se consideran diversas elasticidades de sustitución de energéticos.

Sustitución de insumos energéticos.

Al subir las elasticidades de sustitución entre insumos energéticos se observa la sensibilidad de algunas variables ante tales cambios. Del gráfico 2 se aprecia que en términos agregados las variables más sensibles a cambios en la elasticidad son el consumo, las exportaciones y las importaciones. En un menor grado se ve afectada la inversión y no se afecta el gasto de gobierno (por supuesto de cierre) ni el PIB real.

En general los efectos son menores. Al variar el grado de sustitución entre cero (escenario central) y uno se observa que las importaciones presentan hasta un 1% más de cambio con la máxima elasticidad. Las exportaciones presentan hasta un 0.6% más y el consumo hasta un 0.6% menos.

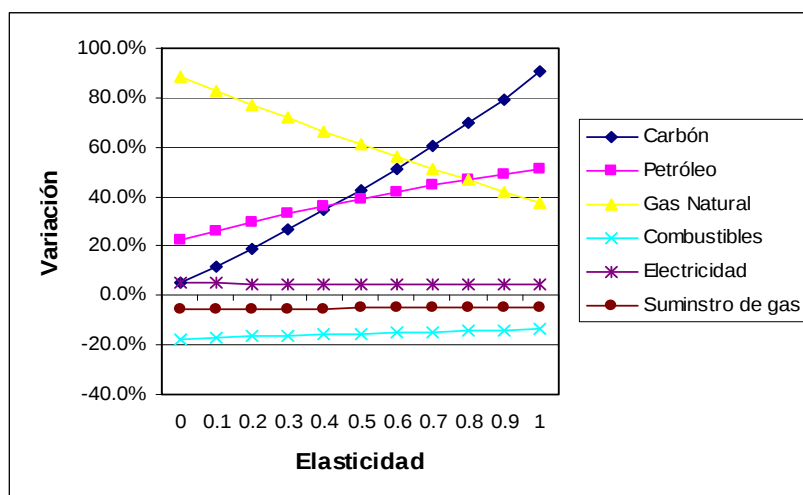
Gráfico 3: Efectos macroeconómicos ante distintos grados de sustitución de energéticos



Fuente: elaboración propia sobre la base de simulaciones con el modelo ECOGEM-Chile

En términos de la producción sectorial la mayoría de los sectores no energéticos no ven afectado su valor bruto de producción. En el caso de los sectores energéticos, sí se observan impactos claros (gráfico 3). Al considerar una baja elasticidad, los sectores que se ven más afectados ante el *shock* de precios son Gas natural, seguido por Petróleo y Combustible. Sin embargo con un alto nivel de sustitución es la producción de carbón la que más varía, incrementándose de manera significativa, seguida por Petróleo. Lo anterior se explica en que un mayor grado de sustitución entre insumos energéticos genera menos rigideces en la economía, dado que es posible utilizar en mayor medida los recursos alternativos. Ello como hemos visto mejora los impactos macroeconómicos y, como veremos, los sociales.

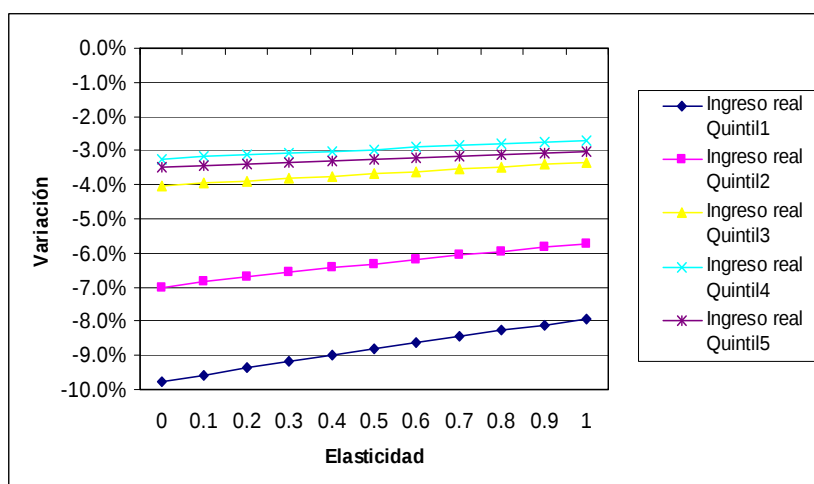
Gráfico 4: Efectos sobre el VBP sectorial ante distintos grados de sustitución de energéticos



Fuente: elaboración propia sobre la base de simulaciones con el modelo ECOGEM-Chile

El ingreso real de los distintos quintiles presenta distintos grados de sensibilidad ante variaciones en la elasticidad de sustitución entre energéticos. En general, ante un mayor grado de sustitución, todos los quintiles presentan una mejoría en su nivel real de ingresos respecto del escenario sin sustitución⁴¹. Además, esta mejoría es progresiva, favoreciendo a los quintiles de menos ingresos. Con ello el primer quintil puede mejorar, respecto de un escenario sin flexibilidad, hasta en un 1.9% su nivel de ingresos mientras que el quinto quintil puede mejorar hasta un 0.5% su nivel de ingresos.

Gráfico 5: Efectos distributivos ante distintos grados de sustitución de energéticos



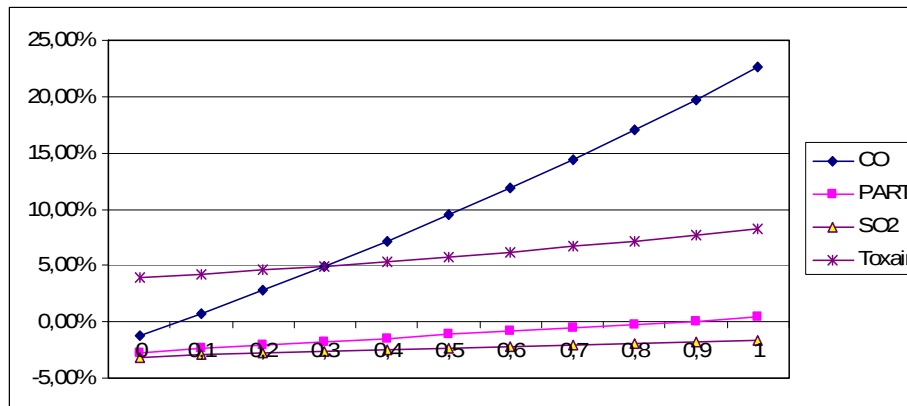
Fuente: elaboración propia sobre la base de simulaciones con el modelo ECOGEM-Chile

⁴¹ En términos absolutos todos los quintiles siguen perdiendo ingresos respecto de la situación original sin shock de precios.

De esta forma se observa que una mayor elasticidad de sustitución de insumos energéticos permite eliminar diversas restricciones en la economía y por lo tanto permite reasignar a un menor costo los insumos productivos generando un mayor nivel de bienestar social.

El aumento del grado de sustitución entre insumos energéticos genera un aumento en las emisiones de contaminantes. En general todas las emisiones aumentan, sin embargo la mayor sustitución de insumos energéticos impacta en mayor magnitud a las emisiones de CO, lo que se debe al mayor consumo relativo de carbón y petróleo.

Gráfico 6: Efectos ambientales ante distintos grados de sustitución de energéticos



Fuente: elaboración propia sobre la base de simulaciones con el modelo ECOGEM-Chile

Es menester notar que si bien una mayor sustitución genera mayores emisiones de CO por el consumo de carbón y petróleo, no se ha incluido en este modelo la posibilidad de aumentar las centrales hidroeléctricas ni la incorporación de criterios de eficiencia energética. Lo anterior, en términos de mediano y largo plazo ayudaría a disminuir las emisiones de CO.

VI. Medidas de mitigación de emisiones de CO2: Impuestos y venta de certificados

En este capítulo se analizan los efectos económicos y ambientales del cobro de un impuesto a las emisiones de CO2. Se asume un impuesto que genere una contracción a las emisiones de CO2 similar a la obtenida con el *shock* de hidrocarburos con el fin de comparar los efectos sobre las principales variables económicas.

Además, se asume un escenario donde es posible vender la reducción de emisiones a través de certificados de emisión a un valor 20 dólares por tonelada reducida. En particular los ingresos generados por la venta de certificados se simularán por un aumento en el ahorro externo. Los resultados ambientales serán desarrollados con los coeficientes transferidos y los coeficientes calculados para Chile.

Impactos macroeconómicos

La implementación de un impuesto, que iguale la reducción de CO2 generada en el *shock* de hidrocarburos, presenta un efecto neutro sobre la variación del PIB real, una pequeña contracción en el ingreso real de los hogares y una leve disminución en el consumo, que se compensa por el aumento en la inversión. El impuesto también genera cambios en los precios relativos domésticos generando una leve contracción en las exportaciones e importaciones. Si se incorpora la posibilidad de vender las emisiones por medio de certificados se aprecia que los resultados no varían sustancialmente salvo por un ligero aumento de inversión. Estos efectos se aprecian en la siguiente tabla:

Cuadro 26: Efectos macroeconómicos*(Variaciones porcentuales sobre los niveles del año base, en pesos del 2003)*

	Nivel BAU	Petróleo y combustibles	Reducción de CO2	Reducción de CO2 y venta de certificados a 20 US/ton
PIB real a precios de mercado	51160	-0,2%	-0,0%	0,0%
PIB nominal a precios de mercado	51160	0,3%	0,5%	0,5%
Consumo	32109	-1,8%	-0,4%	-0,4%
Inversión	10310	-0,4%	1,4%	1,5%
Gobierno	6146	0,0%	0,0%	0,0%
Exportaciones	18685	0,3%	-0,4%	-0,5%
Importaciones	16581	-2,6%	-0,3%	-0,3%
Valor bruto de la producción	98676	-0,3%	-0,1%	-0,1%
Absorción	48566	-1,3%	0,0%	0,1%
Términos de intercambio	100	-3,5%	0,0%	0,0%
Tipo de cambio (a)	1,0	2,1%	0,4%	0,4%
Índice de precios de las exportaciones (a)	100	2,1%	0,4%	0,4%
Índice de precios de las importaciones (a)	100	5,8%	0,4%	0,4%
Índice de precios del consumidor (a)	100	2,0%	0,5%	0,5%
Ingreso real de los hogares	34193	-1,8%	-0,4%	-0,4%

Fuente: elaboración propia sobre la base de simulaciones con el modelo ECOGEM-Chile

(a) Variación en función del deflactor del PIB.

Al comparar estos efectos con el *shock* de precios se aprecia que el efecto de reducir un 1.8% las emisiones de CO2 es neutro sobre la economía a diferencia de la contracción observada en la simulación base donde se reducía en un 1.8% las emisiones de CO2 pero se sacrificaba un 0.2% del PIB.

Otro análisis consiste en comparar los efectos macroeconómicos de una reducción de CO2 pero con distintos coeficientes de emisión. Tal como se aprecia en la siguiente tabla, los efectos obtenidos con los coeficientes de emisión calculados para Chile dan como resultado que al igual que con los coeficientes transferidos el PIB real no varía, los signos de las variaciones del consumo, la inversión y el ingreso real de los hogares son similares al caso de coeficientes transferidos pero las magnitudes son menores. Finalmente, la mayor diferencia se aprecia que con los coeficientes de Chile tanto las exportaciones como las importaciones se mantendrían sin variación en lugar de disminuir.

Cuadro 27: Comparación de efectos macroeconómicos dependiendo de los coeficientes utilizados*(Variaciones porcentuales sobre los niveles del año base, en pesos del 2003)*

	Nivel BAU	Reducción de CO2 mediante impuesto a las emisiones	
		Coeficientes transferidos	Coeficientes para Chile
PIB real a precios de mercado	51160	-0,0%	0,0%
PIB nominal a precios de mercado	51160	0,5%	0,3%
Consumo	32109	-0,4%	-0,1%
Inversión	10310	1,4%	0,6%
Gobierno	6146	0,0%	0,0%
Exportaciones	18685	-0,4%	0,0%
Importaciones	16581	-0,3%	0,1%
Valor bruto de la producción	98676	-0,1%	-0,0%
Absorción	48566	0,0%	0,0%
Términos de intercambio	100	0,0%	0,0%
Tipo de cambio (a)	1	0,4%	0,2%
Índice de precios de las exportaciones (a)	100	0,4%	0,2%
Índice de precios de las importaciones (a)	100	0,4%	0,2%
Índice de precios del consumidor (a)	100	0,5%	0,2%
Ingreso real de los hogares	34193	-0,4%	-0,2%

Fuente: elaboración propia sobre la base de simulaciones con el modelo ECOGEM-Chile

(a) Variación en función del deflactor del PIB.

Impactos sectoriales

Los impactos sectoriales en el escenario de un impuesto a las emisiones generan diversas rentabilidades relativas que afectan directamente a los sectores emisores de CO2 y a los energéticos utilizados. Por rentabilidades relativas también se afectan a otros sectores de la economía.

El principal impacto contractivo se da en el sector de transporte y comunicaciones (-1,7%) debido fundamentalmente a la importante contracción del sector de transportes. Otros efectos contractivos se dan en los sectores de pesca extractiva y en el sector agropecuario silvícola (-0.5% y -0.2% respectivamente). En general, estos efectos contractivos generan una leve disminución en el valor bruto de la producción nacional, los que son menores en el caso del impuesto a las emisiones de CO2 que con la contracción presentada en el *shock* de precios.

Cuadro 28: Efectos sectoriales*(Variaciones porcentuales sobre los niveles del año base, en pesos del 2003)*

	Nivel BAU	Petróleo y combustibles	Reducción de CO2	Reducción de CO2 y venta de certificados a 20 US/ton
Agropecuario Silvícola	3905	0.4%	-0,2%	-0,2%
Pesca Extractiva	1389	1.4%	-0,5%	-0,5%
Minería	8435	4.2%	0,6%	0,6%
Industria Manufacturera	23672	-0.1%	-0,1%	-0,1%
Electricidad. Gas y Agua	3325	-0.4%	0,1%	0,1%
Construcción	7267	-0.6%	1,2%	1,3%
Comercio. Hoteles y Restaurantes	11798	-0.2%	-0,1%	-0,1%
Transporte y Comunicaciones	11022	-3.7%	-1,7%	-1,7%
Intermediación Financiera y Servicios Empresariales	12346	0.3%	0,0%	0,0%
Propiedad de Vivienda	3674	-2.5%	0,1%	0,1%
Servicios Sociales y Personales	8378	-0.9%	-0,1%	-0,1%
Administración Pública	3464	0.0%	0,0%	0,0%
Valor bruto de la producción	98676	-0,3%	-0,1%	-0,1%

Fuente: elaboración propia sobre la base de simulaciones con el modelo ECOGEM-Chile

Debido a los cambios en la estructura de emisiones presentada con los coeficientes calculados para Chile se aprecian cambios en los sectores que contraen su producción.

Como primera conclusión se aprecia que un impuesto a las emisiones de CO₂, con los coeficientes calculados, genera un efecto neutro sobre la producción sectorial a diferencia del *shock* con coeficientes transferidos.

En segundo lugar, tal como se aprecia en la siguiente tabla, solo 4 sectores contraen su producción a diferencia del caso con coeficientes transferidos donde 6 sectores se contraían. En particular se mantiene como sectores con contracción “Industria manufacturera”, “transportes y comunicaciones” y “servicios sociales y personales”; apareciendo con una contracción leve el sector de “propiedad de la vivienda”. Los sectores que ya no se contraen son los sectores Agropecuario silvícola, pesca extractiva y comercio hoteles y restaurantes.

Cuadro 29: Comparación de efectos sectoriales

(Variaciones porcentuales sobre los niveles del año base, en pesos del 2003)

	Nivel BAU	Reducción de CO2 mediante impuesto a las emisiones	
		Coeficientes transferidos	Coeficientes para Chile
Agropecuario Silvícola	3905	-0,2%	0,1%
Pesca Extractiva	1389	-0,5%	0,2%
Minería	8435	0,6%	0,2%
Industria Manufacturera	23672	-0,1%	-0,1%
Electricidad. Gas y Agua	3325	0,1%	0,0%
Construcción	7267	1,2%	0,5%
Comercio. Hoteles y Restaurantes	11798	-0,1%	0,0%
Transporte y Comunicaciones	11022	-1,7%	-0,2%
Intermediación Financiera y Servicios Empresariales	12346	0,0%	0,0%
Propiedad de Vivienda	3674	0,1%	-0,2%
Servicios Sociales y Personales	8378	-0,1%	-0,1%
Administración Pública	3464	0,0%	0,0%
Valor bruto de la producción	98676	-0,1%	-0,0%

Fuente: elaboración propia sobre la base de simulaciones con el modelo ECOGEM-Chile

Impactos ambientales

En este punto se analizan los impactos ambientales de un cobro de impuesto a las emisiones de CO2 donde se analiza como se distribuyen las emisiones reducidas. Además se analizan los co beneficios ambientales asociados a reducciones (o no) de otros contaminantes. Este análisis se realiza tanto con los coeficientes transferidos como con los coeficientes calculados para Chile.

Impactos sobre gases de efecto invernadero

En este punto se analizan los mecanismos de transmisión del impuesto a las emisiones de CO2. En el caso se shock de precios la reducción de emisiones de CO2 se asociaba a una disminución de un -1.3% las emisiones industriales y en un -3.4% a las por demanda final, graficando que la reducción de emisiones de debía por una menor

producción sectorial. A diferencia del caso anterior la reducción de emisiones por un impuesto a las emisiones genera una menor contracción por efectos productivos (-0.9%) y una mayor contracción por efectos de demanda final (las emisiones se reducen en un -4.1%). Esta proporción se mantienen en el caso en que se venden permisos de emisión al exterior.

Cuadro 30: Emisiones de CO2

(Variaciones porcentuales sobre los niveles del año base)

	Petróleo y combustibles	Reducción de CO2	Reducción de CO2 y venta de certificados a 20 US/ton
Emisiones de CO2 totales	-1.8%	-1.8%	-1,8%
Emisiones de CO2 por procesos productivos	-1.3%	-0,9%	-0,9%
Emisiones de CO2 por demanda final	-3.1%	-4,1%	-4,1%

Fuente: elaboración propia sobre la base de simulaciones con el modelo ECOGEM-Chile

Co-beneficios ambientales

El cobro de un impuesto a las emisiones de CO2 pueden tener co-beneficios ambientales dados por la reducción de otros tipos de contaminantes. En general se aprecian co-beneficios en las emisiones al aire donde disminuyen las emisiones de SO2, NO2, material particulado y CO en torno al 1% y 2%. En menor magnitud disminuyen los compuestos orgánicos volátiles.

En conclusión se apreciarían co-beneficios en las emisiones al aire.

Cuadro 31: Efectos ambientales totales.

(Variaciones porcentuales sobre los niveles del año base)

	Petróleo y combustibles	Reducción de CO2	Reducción de CO2 y venta de certificados a 20 US/ton
SO2	-1.9%	-1,8%	-1,8%
NO2	-1.9%	-1,8%	-1,8%
CO	-1.0%	-1,2%	-1,2%
Compuestos orgánicos volátiles	-0.7%	-0,1%	-0,1%
Material particulado	-1.7%	-1,8%	-1,8%

Fuente: elaboración propia sobre la base de simulaciones con el modelo ECOGEM-Chile

Medición con coeficientes de Chile

Cuando se aplica el mismo impuesto sobre las emisiones de CO₂ pero con los coeficientes calculados para Chile se aprecian resultados distintos en la estructura de reducción de emisiones de CO₂. Con los coeficientes calculados aumenta la reducción de emisiones por procesos productivos y no se reducen tan fuertemente las emisiones a través de demanda final.

Cuadro 32: Emisiones de CO₂

(Variaciones porcentuales sobre los niveles del año base)

	Reducción de CO ₂ mediante impuesto a las emisiones	
	Coeficientes transferidos	Coeficientes calculados para Chile
Emisiones de CO ₂ totales	-1.8%	-1.8%
Emisiones de CO ₂ por procesos productivos	-0,9%	-2.0%
Emisiones de CO ₂ por demanda final	-4,1%	-0.2%

Fuente: elaboración propia sobre la base de simulaciones con el modelo ECOGEM-Chile

Como se aprecia en el siguiente cuadro con los coeficientes calculados para Chile los co-beneficios ambientales mejoran notablemente. Todas las emisiones al aire disminuyen, destacando una importante caída del SO_x de un -2.3%.

Cuadro 33: Efectos ambientales totales.

(Variaciones porcentuales sobre los niveles del año base)

	Reducción de CO ₂ mediante impuesto a las emisiones	
	Coeficientes transferidos	Coeficientes calculados para Chile
SO _x	-1,8%	-2.3%
NO _x	-1,8%	-0.1%
CO	-1,2%	-0.3%
Compuestos orgánicos volátiles	-0,1%	0.0%
Material particulado	-1,8%	-0.7%
MP 10	-	-0.6%
MP 2.5	-	-0.8%
NH ₃	-	-0.1%

Fuente: elaboración propia sobre la base de simulaciones con el modelo ECOGEM-Chile

En general se aprecia que las emisiones medidas con los coeficientes para Chile son más auspiciosos en términos de reducción de emisiones totales en comparación con los coeficientes transferidos. Dado lo anterior se resalta la importancia de contar con coeficientes calculados para las realidades de cada país con sus usos específicos de insumos y tecnologías por industria.

VII. Conclusiones y recomendaciones de política.

El fuerte incremento en la tasa de crecimiento de la demanda energética de Chile, cercana al 6% anual, y la dependencia de nuestra economía de fuentes energéticas externas han provocado la preocupación de todos los sectores económicos y productivos del país. Más aún, en un contexto internacional de precios más altos del petróleo y los combustibles e inestabilidad en la provisión gasífera desde Argentina. Por otro lado, la evolución proyectada de la matriz energética, sin gas natural y con mayor dependencia del carbón, hace entrever serias dificultades para reducir las emisiones de dióxido de carbono, o al menos mantenerlas por unidad de producto, tal como sería deseable por los compromisos asumidos por Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y en su plan de acción en cambio climático. En este trabajo se han estimado los potenciales impactos socioeconómicos de esta coyuntura sobre la economía chilena, en particular, los macroeconómicos, sectoriales, distributivos y ambientales y de cambio climático. Debido a lo amplio de los efectos, tanto directos como indirectos, en el presente estudio se utiliza para su cuantificación un modelo de equilibrio general computable estático. El escenario central para el análisis, y sobre el que se realizan las comparaciones de los impactos derivados de la simulación de distintas opciones de política y/o supuestos sobre los parámetros del modelo, asume un incremento de los precios internacionales del petróleo y de los combustibles, de un 30% y un 25% y un aumento de un 400% del precio del gas (que equivale al costo alternativo de una ausencia de suministro de gas natural de Argentina). Este escenario asume pleno empleo elasticidades de sustitución de corto plazo en los productos energéticos, muy limitada movilidad del capital y ahorro del gobierno flexible en función de las variaciones de la recaudación.

Frente al incremento de los precios internacionales del petróleo y de los combustibles el impacto sobre el PIB es leve y negativo (-0,2%) lo que se explica por el efecto recesivo del *shock* sobre la absorción en particular sobre el consumo. El ahorro público aumenta fruto de la mayor recaudación por aranceles e IVA pese a la reducción de la recaudación de impuestos directos. Los sectores más negativamente afectados son los de energía, sectores eslabonados como el transporte y la electricidad y aquellos orientados a la

provisión de bienes y servicios para el consumo final. En términos de patrón productivo este escenario externo reforzaría las ventajas comparativas tradicionales de Chile guiando su producción hacia los sectores primarios y de recursos naturales. Dentro de los sectores energéticos, el del carbón aparece como beneficiado. Los impactos sobre el ingreso de los más pobres y su distribución son claramente negativos (contractivos y regresivos). El ingreso nominal de los distintos hogares cae en forma pareja en poco más de un 2%, aunque el poder adquisitivo que se pierde asociado a mayores precios en la cesta de consumo de referencia para cada quintil es claramente regresivo. Por tanto, la caída del ingreso real es sustancialmente mayor en los quintiles de menores ingresos. Desde un punto de vista ambiental, en la medida que los insumos energéticos no sean fácilmente sustituibles, los impactos serían positivos en lo que respecta a las emisiones totales de dióxido de carbono, que se reducirían en un 1,8% con los coeficientes transferidos y en un 0,7% con los coeficientes estimados para Chile, así como en buena parte del resto de contaminantes atmosféricos. Entre ambas fuentes de coeficientes, la diferencia en los resultados de las simulaciones obedece a diferencias en las emisiones industriales ya que las asociadas a la demanda final coinciden en una caída del 3,1%.

Cuando se incorpora además la restricción a la provisión de gas natural desde Argentina al escenario de aumento del precio de los hidrocarburos, se magnifican los resultados anteriores. La caída del producto en el corto plazo llega a un 0,5% ya que ahora la demanda de inversión se ve más negativamente afectada. El ingreso real cae más de tres veces en los quintiles más pobres y más de dos en los más ricos, siendo el efecto aún más regresivo. Las emisiones de contaminantes al aire se reducen aún más, efecto que es gatillado por la reducción en la actividad, sin que sean compensadas en el corto plazo por la tendencia de aumento esperando en la dependencia en el carbón. A medio plazo, sin embargo, se aprecia una tendencia a intensificar la dependencia de este energético y se constatan aumentos en la mayor parte de los contaminantes atmosféricos.

Las políticas públicas inciden en los efectos anteriores (expresadas por distintas reglas de cierre para el sector público). Por ejemplo, si en vez de derivar hacia ahorro las variaciones de su recaudación resultantes de los efectos del *shock* sobre la economía, se aplican políticas destinadas a variar las transferencias a los hogares (en este caso aumentarlas) o el IVA (en este caso reducir la recaudación asociada a este impuesto), los impactos sobre el PIB son los mismos aunque se produce una sustitución de

inversión por consumo. Como consecuencia, se más que duplica la caída en la inversión con respecto al escenario central y con ello el sector de la construcción se ve negativamente afectado. Los impactos distributivos dependen de la política aplicada. Aumentar las transferencias mitiga fuertemente el impacto negativo sobre los más pobres del shock energético, mientras que reducir el IVA solo reduce levemente la caída del ingreso real de todos los quintiles y es más regresivo que la política original.

Políticas públicas destinadas a mejorar las posibilidades de sustitución entre insumos energéticos en general reducirá la magnitud de los efectos macroeconómicos y sociales. Por otro lado las fuentes energéticas alternativas, como el carbón ganarán participación en la matriz energética y los impactos ambientales se tornarán negativos.

En términos ambientales el shock internacional de precios de hidrocarburos genera, con los coeficientes transferidos y con los coeficientes calculados para Chile, una disminución de las emisiones de CO₂, en el corto plazo, debido a la menor actividad en general, y del sector del transporte en particular, y por el aumento en el costo de los insumos. Esta disminución en las emisiones tendería a aumentar en el mediano plazo a causa de la mayor sustitución con carbón, principal insumo generador de CO₂.

Por otro lado, si se quisiera aplicar un impuesto a las emisiones de CO₂, que genere una reducción similar de emisiones que el *shock* de precios, se tendrían menores efectos contractivos sobre la economía, que los producidos por el shock de precios de hidrocarburos, y co-beneficios ambientales sobre las emisiones al aire de otros contaminantes. Además, generaría señales de precios adecuadas para descarbonizar la economía y alterar los precios relativos entre el carbón y otras fuentes energéticas como las renovables. Finalmente, la venta de certificados de reducción de emisiones permite obtener mayores beneficios sobre la economía, principalmente a través de un incremento en la inversión.

Por otro lado, el trabajo muestra la importancia de contar con coeficientes de emisión estimados a partir de fuentes nacionales, en este caso a partir del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC). Factores de emisión así calculados reflejan mejor la estructura productiva nacional y las tecnologías usadas que aquellos transferidos. Los resultados muestran algunas diferencias tanto en los niveles obtenidos

fruto de las simulaciones tanto para los distintos contaminantes atmosféricos como para el signo de alguno de ellos, lo que está asociado principalmente a la asignación sectorial de las emisiones. Para implementar políticas ambientales focalizadas de reducción de emisiones o para compensar a sectores perdedores, esta información se torna fundamental. Asimismo es fundamental para medir la adaptabilidad de la economía a impuestos al carbono mediante sustitución de energéticos en demanda intermedia y final y cuanto causará impactos sobre la producción.

Es necesario resaltar que el análisis aquí presentado se fundamente en un modelo de equilibrio general, lo que permite observar efectos directos e indirectos, y algunos *trade-off* entre áreas, sectores y/o agentes económicos. Sin embargo, en el funcionamiento de toda economía hay comportamientos, canales de transmisión y efectos no tan claramente cuantificables. En particular, al ser un modelo estático, no es posible representar los efectos de acumulación dinámicos que estos shocks energéticos puede tener sobre la economía. Además, al basarse en una matriz de contabilidad social construida para el 2003, si bien reciente no es idéntica a la situación actual. La cautela con que hay que tomarse, por los motivos mencionados, los valores presentados, no invalida su utilidad para reflejar el orden y distribución que sobre la economía tienen los shocks simulados y las alternativas de políticas públicas que pueden adoptarse. Queda para trabajos futuros encarar algunas de estas limitaciones.

VIII. Bibliografía.

Babiker, M., J. Reilly, M. Mayer, R. Eckaus, I. Sue Wing, and R. Hyman, (2001), The MIT Emissions Prediction and Policy Analysis (EPPA) Model: Revisions, Sensitivities, and Comparison of Results, MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, Report No. 71, Feb.

Banco Central de Chile, 2006: Cuentas Nacionales de Chile: Compilación de Referencia 2003.

Banco Central de Chile, 2006. Anuario de Cuentas Nacionales 2005. Santiago. Chile.

Banco Central de Chile, 2007. Anuario de Cuentas Nacionales 2006.

Beghin, J., Dessus, S., Roland-Holst, D. & van der Mensbrugghe, D. (1996), General Equilibrium Modelling of Trade and The Environment, OECD Working Papers No. 116.

Beghin, J., Roland-Horst, D. & Van der Mensbrugghe, D. (eds.), (2002), Trade and the Environment in General Equilibrium: Evidence from Developing Economies. Kluwer Academics Publishers.

Böhringer, C., Löschel, A. & Rutherford, T.F., (2004), Efficiency Gains from 'What' - Flexibility in Climate Policy - An Integrated CGE Assessment, ZEW Discussion Paper No. 04-48.

Brown, D., A. Deardorff y R. Stern, (1992), "A North American Free Trade Agreement: Analytical Issues and a Computational Assessment," *World Economy*, pp. 52-85.

Burniaux, J.-M., Martin, J.P., Nicholetti, G., Martins, J.O., (1991), GREEN: A Multi-Sector, Multi-Region General Equilibrium Model for Quantifying the Costs of Curbing CO2 Emissions: A Technical Manual. OECD, Economics Department Working Paper 116, París.

Burniaux, J.-M. & Truong, T. (2002), GTAP-E: An Energy-Enivronmental Version of the GTAP Model, GTAP Technical Paper No.16

Bussolo, M., A. Mizala y P. Romaguera (1998), "Beyond Heckscher-Ohlin: Trade and Labour Market, Interactions in a Case Study for Chile" *Serie Documentos de Trabajo*. FEDESARROLLO, Agosto.

Cabezas, Mabel (2003), Tratado de Libre Comercio entre Chile y Estados Unidos: Revisión de estudios que cuantifican su impacto. Documentos de Trabajo del Banco Central de Chile. Serie No. 239. Noviembre.

Capros, P., T. Georgakopoulos, D. Van Regemorter, S. Proost, K. Conrad, T. Schimdt, Y. Smeers, N. Ladoux, M. Vielle y P. McGregor (1995), GEM-E3. Computable General

equilibrium Model for Studying Economy-Energy-Environment, Interactions, European Commission. EUR 16714 EN.

Carriquiri, Bruno (2008), “Calidad de la estimación de las emisiones contaminantes en el modelo de equilibrio general computable ECOGEM. ¿Cuales con sus consecuencias de los efectos económicos y medioambientales predichos por el modelo?”, Tesis para optar al Grado de Magíster en Economía Aplicada y Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil Industrial.

CEP (2006). *Presentaciones Seminario*. “Proyecto Gas Natural Licuado”. Centro de Estudios Públicos. Santiago. Ver en www.cepchile.cl

CEPAL (2005). Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe 2004. Santiago. Chile.

Clemente, L. Faris, R. & Puente, A. (2002), Natural resource dependence, volatility and economic performance in Venezuela: the role of a stabilization fund, Andean Competitiveness Project Working Paper.

CNE (2006). Balance Nacional de Energía 2005. Comisión Nacional de Energía, Ministerio de Economía. Santiago, 2006.

CNE (2007a). Estadísticas Sector Energía en Chile 1990-2005. Comisión Nacional de Energía. Santiago.

CNE (2007b). Información página web Comisión Nacional de Energía. www.cne.cl

Chumacero, Rómulo y Klaus Schmidt-Hebbel (2004), General Equilibrium models: An Overview. Documentos de Trabajo del Banco Central de Chile. Serie No. 307. Diciembre.

Coeymans, J.E. y Larraín, F. (1994), “Efectos de un Acuerdo de Libre Comercio entre Chile y Estados Unidos: Un Enfoque de Equilibrio General”, Cuadernos de Economía, vol.31, N° 94, pp.357-399.

Dessus, S. y O’Connor, D. (1999), Climate Policy without Tears: CGE-Based Ancillary Benefits Estimates for Chile, Technical Paper No. 156, OECD Development Centre, Paris, November

Equilibrium Models for the Chilean Economy, Santiago, April 4/5, 2002.

Eyzaguirre, N. (2005). Exposición sobre el Estado de la Hacienda Pública. Presentación del Ministro de Hacienda. Octubre 2005.

Galiniš, A. & Van Leeuwen, M. (2000), A CGE Model for Lithuania: The Future of Nuclear Energy, Journal of Policy Modeling, Vol. 22, No. 6, 691-718.

Goulder, L., (1993). “Energy Taxes, Traditional Efficiency Effects, and Environmental Implications,” NBER working paper 4582.

Harrison, Glenn W., Rutherford, Thomas F y Tarr, David (1997), Trade Policy Options for Chile. A Quantitative Evaluation. Policy Research Working Paper 1783. The World Bank. International Economics Department. International Trade Division. June.

Harrison, Glenn W., Rutherford, Thomas F y Tarr, David (2003), Chile's Regional Arrangements: The Importance of Market Access and lowering the tariff to six percent. Central Bank of Chile. Working Papers No. 238. November.

Hilaire, Alvin D., y Yongzheng Yang, 2003, "The United States and the New Regionalism/Bilateralism", IMF Working Paper 03/206 (Washington: Fondo Monetario Internacional).

Hinojosa-Ojeda R., Lewis J. y Robinson S. (1997): "Convergence and Divergence between NAFTA, Chile, and MERCOSUR: Overcoming Dilemmas of North and South American Economic Integration". Integration and Regional Programs Department, Inter-American Development Bank, Working Paper Series 219 (May).

Holland, D. E. Figueroa, R. Alvarez and J. Gilbert (2002) "Imperfect Labor Mobility, Urban Unemployment and Agricultural Trade Reforms in Chile" prepared for the Central Bank of Chile conference on General Equilibrium Models.

Maldonado, Pedro (2006). *Desarrollo Energético Sustentable: Un Desafío Pendiente*. Exposición realizada en el Seminario "Seguridad energética, América Latina: Reflejo de las contradicciones de la globalización", junio 2006. Ver en www.prien.cl.

Matuoka, Y., M. Kainuma and T. Morita (1995). Scenario analysis of global warming using the Asian Pacific Integrated Model (AIM), Energy Policy, Vol. 23, 357-371.

McFarland, J. R., Reilly, J.M. & Herzog, H.J., (2004), Representing energy technologies in top-down economic models using bottom-up information, Energy Economics, Vol. 26, 685-707.

MIDEPLAN (2005a). Los Objetivos de Desarrollo del Milenio: Primer Informe del Gobierno de Chile. Santiago. Chile.

MIDEPLAN (2005b). Resultados de la Encuesta de Caracterización Socio-Económica 2003 (CASEN). Ministerio de Desarrollo y Planificación. Santiago.

OECD (2005). Estudios Económicos de la OCDE: Chile. Volumen 19/2005. Noviembre 2005. Suplemento N°1. Paris.

O'Ryan, R., S. Miller and C. J. de Miguel (2003), "A CGE Framework to Evaluate Policy Options for Reducing Air Pollution Emissions in Chile", Environment and Development Economics, 8(2): 285-309.

O'Ryan R., De Miguel C., Miller S. & Munasinghe M. (2005), Computable general equilibrium model analysis of economywide cross effects of social and environmental policies in Chile, Ecological Economics, Vol. 54, 447-472

O’Ryan, Raul, Carlos J. de Miguel and Sebastian Miller (2006) “The Environmental Effects of Free Trade Agreements: A Dynamic CGE Analysis for Chile” presented at the Environmental and Resource Economists 3rd World Congress, 3-7 July 2006, Kyoto, Japan

Paltsev, S., J. Reilly, H. Jacoby, R.Eckaus, J. McFarland, M Sarofim, M. Asadoorian & M. Babiker, (2005), The MIT Emissions Prediction and Policy Analysis (EPPA) Model: Version 4, MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, Report No. 125.

Pigott, J., J. Whalley and J. Wigle (1992), “International Linkages and Carbon Reduction Initiatives,” in *The Greening of World Trade Issues*, edited by K. Anderson and R. Blackhurst, University of Michigan Press.

Planistat (2002) “Sustainable Impact Assessment (SIA) of the trade aspects of negotiations for an Association Agreement between the European Communities and Chile (Specific agreement No 1)” Final Report October 2002.

Rose, A., G. Schluter y A. Wiese (1995), “Motor-Fuel Taxes and Household Welfare: An Applied General Equilibrium Analysis,” *Land Economics*, 71(2):229-243.

Ruiz, J. y I. Yarur (1990), “ Un modelo de Equilibrio General para Evaluación de Política Tributaria”. Tesis para optar al título de Ingeniero Industrial y al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería mención Ingeniería Industrial, Universidad de Chile.

Rutherford, T. F., W. D. Montgomery, & P. M. Bernstein, (1997), CETM: A Dynamic General Equilibrium Model of Global Energy Markets, Carbon Dioxide Emissions and International Trade, Working Paper 97-3, University of Colorado, Boulder.

Sánchez, M. (2006), Matriz de contabilidad social (MCS) 2002 de Costa Rica, y los fundamentos metodológicos de su construcción, Serie Estudios y Perspectivas N°47, Sede Subregional de la CEPAL en México.

Schuschny, A., José E. Durán y Carlos J. de Miguel (2007a), Política Comercial de Chile y los TLC con Asia: Evaluación de los efectos de los TLC con Japón y China, presentado en el Encuentro Regional Modelos de Equilibrio General Computable: aportes a la formulación de la política económica en América Latina y El Caribe, CEPAL, 2007

Schuschny, A., José E. Durán, and Carlos J. de Miguel (2007b), El modelo GTAP y las preferencias arancelarias en América Latina y el Caribe: reconciliando su año base con la evolución reciente de la agenda de liberalización regional. ECLAC, Serie Manuales No. 53. Febrero. www.eclac.org/publicaciones/xml/7/27947/LCL-L2679-P.pdf

Universidad de Chile (2008), “Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Chile: Antecedentes para el desarrollo de un marco regulatorio y evaluación de instrumentos de reducción”, Programa de Gestión y Economía Ambiental.

Vennemo, H. "A Dynamic Applied General Equilibrium Model with Environmental Feedbacks", *Economic Modelling*; 14 (1), January, pg 77-101.

Yang, Z., R.S. Eckaus, A.D. Ellerman and H.D. Jacoby (1996). The MIT Emissions Prediction and Policy Analysis (EPPA) Model, MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, Report No. 6, Cambridge, MA, May.