

**Cámara Chilena de la Construcción
Gerencia de Estudios**

Documento de Trabajo N°50

***Simulación del impacto de un shock energético:
un modelo simple.***

Juan Carlos Caro

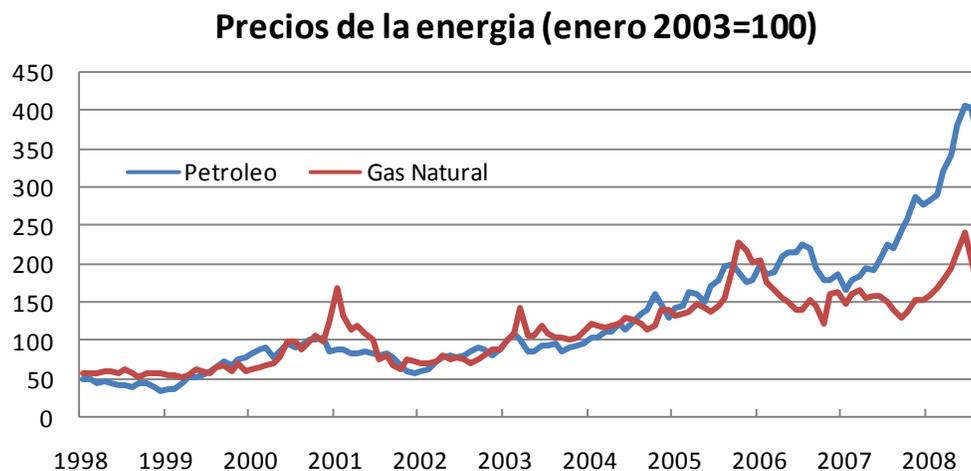
30 de diciembre de 2008

Índice

- 1. Introducción**
- 2. Motivación y modelo**
- 3. Resultados**
- 4. Conclusiones**
- 5. Referencias**
- 6. Anexos**

1. Introducción

Los años 2007 y 2008 fueron marcados por un shock de precios energéticos que conllevó, junto a otros factores, a una crisis en el sistema eléctrico nacional como ocurrió hacia fines de los años noventa. Como lo revelaron algunas estimaciones, debido a la fuerte dependencia de insumos importados que tiene nuestro país¹, las pérdidas del sector EGA² más la caída en el valor agregado los demás sectores llegó a totalizar más de 1% de menor crecimiento del PIB entre la segunda mitad de 2007 y el primer semestre de 2008.³



Fuente: Energy Information Agency.

Ante el volátil escenario internacional para los precios de energéticos y la importante dependencia del mercado nacional que se espera para los próximos años, es de utilidad contar con una aproximación agregada a los efectos que tienen los shocks exógenos de precios de la energía en las principales variables de la economía local en situaciones como la ocurrida durante los últimos meses. Los resultados obtenidos permiten evaluar decisiones de innovación y sustitución de tecnologías para la generación y uso de la energía, así como la planificación de inversiones y la evaluación políticas públicas e incentivos tributarios específicos. A nivel sectorial y debido a que la demanda por construcción depende de manera importante de la actividad económica, es de importancia poder anticipar la magnitud que el cambio en el costo de la energía tendrá sobre los agregados económicos como una herramienta para proyectar la evolución futura de la actividad.

A continuación se presenta un modelo de equilibrio general dinámico estocástico (DSGE) donde el precio de la energía es exógeno y a partir del cual pueden simularse

¹ Según cifras de la CNE, un 70% de los insumos energéticos son importados.

² Electricidad, gas y agua.

³ Ver recuadros del IPoM de 2007 y 2008.

distintas trayectorias ajustadas a las condiciones de la economía chilena, para determinar cómo se comportaría en el agregado.

2. Motivación y modelo

Desde la perspectiva teórica, un shock externo de precios de los insumos energéticos importados (energías primarias) encarece la producción en el sector de generación de energías secundarias,⁴ reduciendo la producción total y el valor agregado de la misma, dado que no es posible transferir todo el mayor costo a los precios finales debido a la regulación de precios. Asimismo, la energía secundaria se encarece para todos los otros sectores, afectando también a la producción y el PIB de cada uno de ellos.

Además, en el mediano plazo las firmas deben ajustar su demanda de trabajo y capital, lo cual afecta las variables macro: consumo privado, gasto público e inversión. Finalmente dependiendo de la estructura productiva y comercial del país, tendrá un efecto de mayor o menor magnitud en la inflación y la balanza comercial.

El modelo DSGE presentado a continuación permite obtener el efecto real neto de las consecuencias de un shock energético, simulando el comportamiento de ajuste dinámico de las variables agregadas de la economía de manera simultánea. La estructura presentada a continuación se basa principalmente en los trabajos de Chumacero y Fuentes (2002) y Collard y Julliard (2003), replicando adecuadamente las características de la economía chilena y el contexto macroeconómico hacia fines del año 2006.

Los principales aspectos del modelo son los siguientes:

- Existe un hogar representativo que toma decisiones de consumo, ocio e inversión y una firma tipo que maximiza beneficio en un entorno competitivo, demandando insumos de producción.
- Hay un solo bien que se produce usando tres insumos: trabajo, capital y energía, mezclándolos con una tecnología de producción que tiene retornos constantes a escala. Además, la tecnología de producción tiene innovaciones productivas exógenas que no están asociadas a ningún insumo en particular.
- El precio del insumo energético es exógeno, en tanto la tasa de interés real y el salario se determinan dentro del modelo.

⁴ Las energías secundarias son aquellas que se derivan de algún proceso de conversión como la electricidad o los combustibles, y son utilizadas directamente a nivel industrial o residencial.

- El gasto fiscal en la economía se determina endógenamente en función de un impuesto fijo a las rentas del capital y la inversión depende en el largo plazo de la tasa de depreciación del capital (modelo de Solow-Ramsey).

Con este esquema simple se puede simular la evolución de los agregados macroeconómicos a partir de cambios en la trayectoria del precio de la energía. Los resultados presentados serán particularmente sensibles a la adecuada parametrización del modelo y las magnitudes simuladas del shock de precios.

Modelo

Existe un agente representativo que maximiza el valor presente de su utilidad instantánea, definida como:

$$V(c, n) = E_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left(\ln(c_t) - \theta \frac{h_t^{1+\varphi}}{1+\varphi} \right)$$

s.a

$$y_t - p_t o_t = c_t + i_t + g_t$$

$$\text{con } \beta < 1, \quad \theta > 0, \quad \varphi \geq 0$$

Donde, β representa la tasa de descuento intertemporal, φ es el inverso de la elasticidad de la oferta de trabajo respecto al salario y θ es un parámetro que refleja la desutilidad del trabajo. En la restricción de recursos (y) representa el ingreso, (c) es el consumo agregado, (i) es la inversión y (g) es el gasto público.

Por otra parte, en la economía se producen los bienes con la siguiente tecnología:

$$y_t = \exp^{z_t} (\eta k_t^\rho + (1-\eta) o_t^\rho)^{\frac{\alpha}{\rho}} h_t^{1-\alpha}$$

Donde (h) es el trabajo, (k) representa el capital y (o) el insumo energético, en tanto que α y η son las participaciones compuestas de los insumos en la producción (el costo de los insumos respecto del valor de la producción total). ρ es un parámetro que determina la sustitución entre capital y energía. La variable z_t representa el logaritmo de la Productividad Total de Factores (PTF) y sigue un proceso AR(1)⁵.

⁵ De las conclusiones de Chumacero y Fuentes (2002) apuntan a que las características de la economía chilena son consistentes con un modelo de crecimiento exógeno.

Se eligió esta tecnología de producción en particular (CES anidada) dado que permite una mayor flexibilidad en la elasticidad precio de la demanda por insumos así como en la elasticidad de sustitución entre los factores de producción. Con esta especificación puede ajustarse una elasticidad de demanda por energía menor a la unidad, es decir, que el consumo de energía varía menos que el cambio en precio, en términos porcentuales, lo cual es consistente con la evidencia empírica. Estudios para Estados Unidos y Europa revelan que dicha elasticidad para el mediano y largo plazo oscila entre -0,3 y -0,6, lo cual implica, por ejemplo, que frente a un incremento en precios de 10% el consumo de energía se reduce entre 3% y 6%.

El gasto público y la inversión se definen de la siguiente forma:

$$i_t = k_{t+1} - (1 - \delta)k_t$$

$$g_t = \tau_K r_t k_t + \tau_H w_t$$

Donde τ_K, τ_H son las tasas de impuesto aplicado a las ganancias del capital y el salario respectivamente, en tanto que δ es la tasa de depreciación trimestral del capital.

La tasa de interés real (r) y el salario (w) se determina en equilibrio competitivo, igualándose al valor de la productividad marginal de los insumos en tanto que precio de la energía (p) se determina en el mercado internacional y es un dato para las firmas.

En equilibrio, el modelo anterior equivale a resolver el siguiente problema de programación dinámica⁶:

$$V(s) = \max_{c,n,k} (u(c, n) + \beta V(s_{t+1}))$$

s.a.

$$k_{t+1} + c_t = y_t - g_t - p_t o_t + (1 - \delta)k_t$$

Donde $s = (p, k, z)$ son los “estados” de la economía y en equilibrio se determinan los precios y las asignaciones de factores. En este modelo existe disponibilidad ilimitada del insumo energético al precio internacional (e.d. definido exógenamente), el cual sigue un proceso ARMA(1,1)⁷.

⁶ Notar que esta formulación es equivalente a la presentada en el comienzo de la sección, sin embargo es más útil para ilustrar el problema desde una perspectiva intertemporal.

⁷ El proceso estocástico de las innovaciones tecnológicas como del precio externo de la energía fueron ajustados según criterios estadísticos del proceso univariado de la serie utilizada, como se describe más adelante.

Precios de la energía

Para poder simular apropiadamente los shocks de precios de la energía se optó por construir un índice de precios locales, basado en la información de la Comisión Nacional de Energía (CNE) y la Encuesta Nacional Industrial Anual (ENIA). El índice utiliza ponderaciones anuales del uso de los insumos a nivel industrial y se calcula a partir del promedio ponderado de las variaciones de los tres principales insumos energéticos, en términos de gasto: electricidad, petróleo y gas.

En primer lugar, basado en los datos de la ENIA se calcularon las participaciones de insumos en la matriz energética de la actividad industrial, basados en el gasto incurrido en cada insumo, respecto del costo total en energéticos⁸:

Intensidad uso energías secundarias en la industria según gasto

	2003	2004	2005	2006	2007p	2008p
Electricidad	62,3%	60,8%	56,9%	54,6%	51,0%	53,0%
Carbón y otros	3,4%	3,2%	3,2%	3,0%	3,0%	3,0%
Petróleo	21,6%	23,1%	27,6%	28,8%	33,0%	31,0%
Gas	12,5%	12,8%	12,1%	13,4%	13,0%	13,0%

Fuente: Elaboración propia en base a ENIA.

Las cifras para los años 2007 y 2008 aun no se encuentran disponibles, sin embargo del actual cambio en las condiciones agregadas puede postularse supuestos conservadores respecto de la evolución de dichos ponderadores. Se asume que en el año 2007 la ponderación de la electricidad continúa su disminución, aunque con menor intensidad, asimismo como el aumento de la participación del petróleo, en tanto que los demás insumos se mantienen relativamente constantes. Para el año 2008 se revierte levemente la tendencia en la medida que los precios de los dos insumos más preponderantes caen significativamente.

Con datos que se obtienen de la CNE se computan las variaciones en los precios de cada uno de los insumos energéticos principales y luego se calcula el índice ponderado en función de las variaciones de cada uno de los energéticos, según su participación relativa.

Se encuentra que el petróleo fue el insumo que registró mayor aumento de precio, llegando a más de un 120% entre inicios de 2007 y mediados de 2008, en tanto que la electricidad alcanza una variación de 50% en igual lapso⁹. En tanto, el índice agregado

⁸ Las ponderaciones se calcularon sobre el gasto a fin de obtener unidades equivalentes dado que los insumos energéticos no son utilizados de manera equivalente ya que son sustitutos imperfectos y algunos de ellos actúan de forma complementaria.

⁹ Notar que estos son un aproximado a los precios mayoristas finales, por lo tanto difieren sustantivamente del valor de los commodities o los precios regulados según cada caso.

logra su máximo en el segundo trimestre de 2008, alcanzando una variación de 73% en los costos totales de los energéticos en 18 meses, desde la perspectiva de la industria. Hacia el último trimestre se espera una caída de 33% en los costos de la energía respecto del trimestre anterior, en particular debido a la fuerte caída en los precios del petróleo, con lo cual, el precio promedio relevante para Chile vuelve a su nivel de fines del año 2006.

Indices de precios de insumos energéticos (1996=100)

Periodo	Gas	Petróleo	Electricidad	Índice Agregado
III 2006	149,9	259,4	137,5	169,0
IV 2006	141,8	268,6	135,2	178,5
I 2007	152,1	291,0	148,5	193,1
II 2007	162,9	316,0	161,6	208,3
III 2007	181,5	327,7	174,5	224,3
IV 2007	212,8	375,4	191,5	251,9
I 2008	209,7	470,5	211,4	267,4
II 2008	251,3	572,0	205,2	287,8
III 2008	228,4	445,8	199,0	266,1
IV 2008	116,2	178,3	200,8	178,4

Fuente: Elaboración propia en base a información de la CNE.

Esta serie fue calculada a contar del año 1997, contando con 49 observaciones. Utilizando el filtro Hodrick-Prescott se obtiene el ciclo de la serie y luego se estima la mejor representación estadística de los datos, cual es la siguiente¹⁰:

$$\log(p_t) = 0,54 * \log(p_{t-1}) + e_t + 0,47 * e_{t-1}$$

Esta especificación se introduce dentro del modelo, y luego se eligen los shocks e_t de forma que las variaciones dentro del modelo sean idénticas a las calculadas en el índice agregado.

Calibración

Una vez planteado el modelo, es necesario ajustar los parámetros que se utilizarán para la simulación. Se eligieron los valores que son consistentes con las cifras de Cuentas Nacionales y la literatura empírica en el tema. Además, se obtuvieron los parámetros del proceso estocástico del precio de la energía a partir del índice de precios locales de la energía descrito anteriormente. A continuación se entrega la tabla con los parámetros de la calibración utilizados en este modelo:

¹⁰ Para elegir la representación estadística se utilizó el criterio de información bayesiano.

Hogares

$$\theta = 2 \quad \beta = 0,999 \quad \varphi = 0$$

Tecnología

$$\alpha = 0,4 \quad \eta = 0,9 \quad \rho = -0,3 \quad \delta = 0,016 \quad \tau_K = 0,3 \quad \tau_H = 0,2$$

Shocks

$$\rho_Z = 0,7 \quad \rho_H = 0,54 \quad \rho_{He} = 0,47 \quad \sigma_Z = 0,06 \quad \sigma_H = 0,07$$

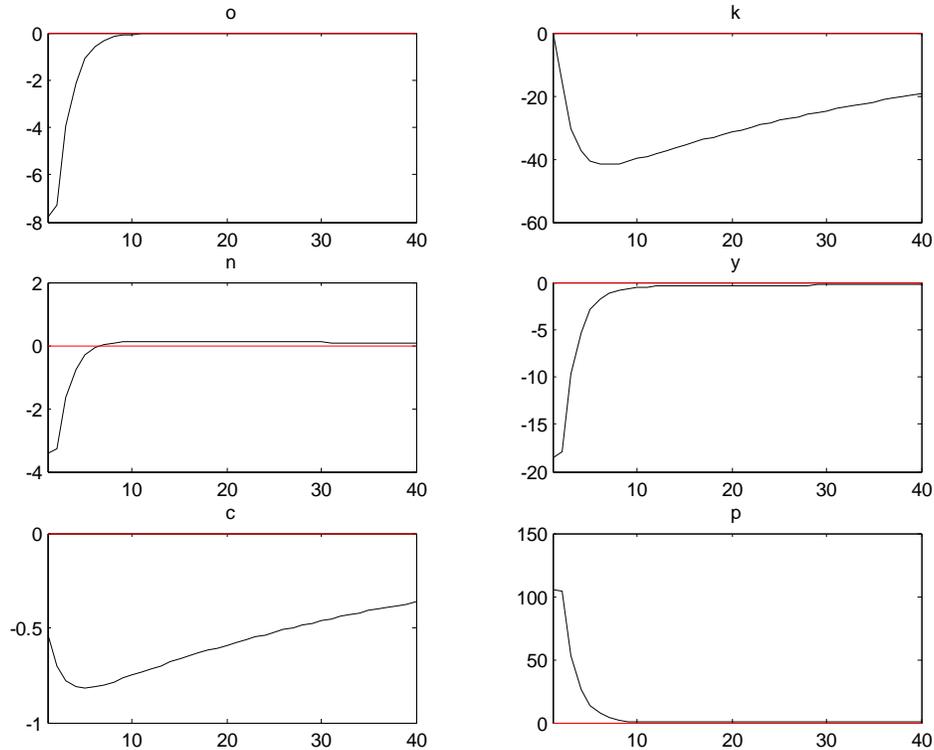
Los parámetros de preferencias se determinaron de tal forma que la relación capital-producto, así como la participación laboral se ajuste a los valores reportados en otros estudios para Chile. La depreciación se trimestralizó a partir de un valor anual 6,6%. Los parámetros de tecnología fueron elegidos de tal forma que sean iguales al uso agregado en la economía: capital (35%), trabajo (60%) y energía (5%). Finalmente la trayectoria teórica de la PTF se determinó a partir de lo encontrado en Chumacero y Fuentes (2002).

3. Resultados

El modelo fue resuelto utilizando el método de perturbaciones con la herramienta Dynare, con lo que se obtuvo las funciones de política aproximadas para cada una de las variables del modelo. Como se indicó anteriormente, la estructura del modelo se encuentra ajustada para replicar un valor de la elasticidad precio de la demanda por energía bajo la unidad, de acuerdo a la evidencia internacional.

A continuación se presentan los resultados de las funciones impulso-respuesta para un shock positivo en el precio de la energía de una desviación estándar:

Efecto de un aumento de una desviación estándar en el precio de la energía
(% respecto del tamaño del shock)



Dado el estado estacionario, los resultados muestran que el aumento del precio de la energía en un 1%, reduce el consumo de oscila en torno a 0,8%, en tanto que el producto cae en torno a un 0,1%. Debido a la estructura autorregresiva del precio de la energía¹¹, el shock inicial toma cerca de 10 trimestres en disiparse. El efecto de ajuste en el consumo de energía como el producto actúa de manera rápida, mientras que los movimientos en el consumo y capital son más lentos, debido a la sustitución consumo-inversión, en términos intertemporales.

Los resultados obtenidos son consistentes con la evidencia de Dhawan y Jeske (2007), sin embargo la elasticidad precio de la demanda obtenida está en torno a -0,5; cifra mayor al -0,3 reportado por la evidencia internacional, como consecuencia, los movimientos simulados en las variables macro serán mayores a los potencialmente observables en la práctica. Lo anterior ocurre porque al asegurar la estabilidad del modelo y la coherencia de estado estacionario (e.d. niveles de inversión y consumo relativo al producto, tasa de ocupación, etcétera) se restringen las posibilidades para

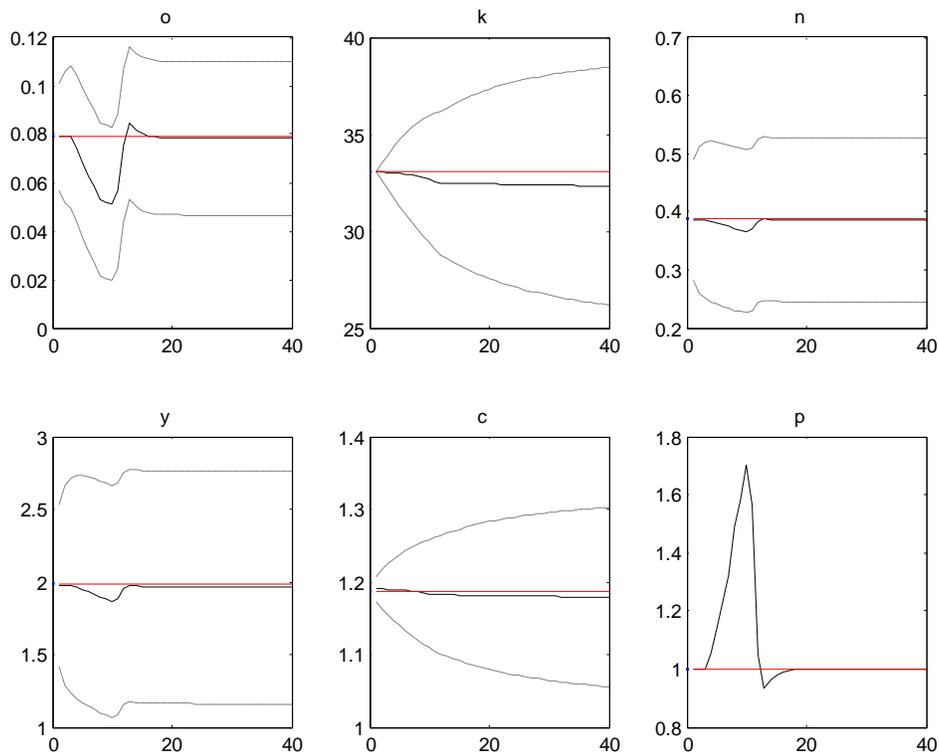
¹¹ Dada la especificación ARMA(1,1) para el precio de la energía, el precio observado hoy depende del precio del periodo anterior y del shock aleatorio del periodo presente y anterior, por tanto el efecto de un shock actúa con varios rezagos hacia adelante.

aprovechar la flexibilidad de la función de producción. En la práctica, la complementariedad entre factores de producción hace que el consumo de energía se reduzca menos que lo que determina el modelo.

Posibles soluciones para lo anterior implica desarrollar un modelo más complejo que introduzca un sector de producción de energía o restricción explícitas o “costos” a los ajustes en la demanda de energía que permitan replicar resultados más similares a los que se observan en la realidad. En cualquier caso, este modelo *simple* permite una aproximación de primer orden a los efectos del shock de precios y puede ser utilizado como un *benchmark* (cota superior) de los efectos sobre la economía.

A continuación se presentan los resultados del shock “efectivo” del precio local de la energía, utilizando el índice que se calculó previamente. El punto de partida para la simulación es el tercer trimestre del año 2006, momento a contar del cual los precios de la energía aumentaron de manera sucesiva hasta llegar a un incremento total de 70% en el segundo trimestre de 2008 (7 períodos), para luego volver rápidamente a su nivel inicial hacia fines de 2008 (2 trimestres).

Efecto del shock de precios “efectivo” a partir del índice de precios de la energía
(Variación en torno al estado estacionario)



La simulación del modelo muestra un fuerte ajuste contractivo en la demanda de energía, llegando a un 35% en su punto máximo, durante el segundo trimestre de 2008, es decir, tras dos años de alzas consecutivas en el costo de los insumos de energía. En tanto que el producto muestra una caída acumulada de 5,5% en el mismo lapso. El consumo tiene una caída máxima de 0,5%, en tanto que el empleo tiene una contracción de 5,1% respecto del punto inicial (tercer trimestre de 2006).

Los cálculos anteriores están basados en términos del punto inicial, sin embargo para compararlos apropiadamente con la evidencia empírica es necesario utilizar las variaciones trimestrales y anuales, como se presentan a continuación:

Efectos del aumento de precios de la energía

(variación respecto al trimestre anterior)

	I 2007	II 2007	III 2007	IV 2007	I 2008	II 2008	III 2008	IV 2008
Precio energía	8,1%	7,7%	7,6%	12,5%	6,2%	7,5%	-7,8%	-32,9%
Consumo energía	-8,2%	-7,6%	-7,0%	-9,9%	-1,3%	-1,9%	10,4%	33,7%
Producto	-0,8%	-0,8%	-0,8%	-1,3%	-0,6%	-0,8%	0,9%	3,7%
Consumo	-0,1%	-0,1%	-0,1%	-0,1%	-0,1%	-0,1%	-0,1%	0,0%
Empleo	-0,8%	-0,7%	-0,7%	-1,2%	-0,5%	-0,7%	1,0%	3,8%

Efectos del aumento de precios de la energía

(variación respecto al mismo trimestre año anterior)

	I 2007	II 2007	III 2007	IV 2007	I 2008	II 2008	III 2008	IV 2008
Precio energía	14,2%	23,0%	32,4%	41,0%	38,5%	38,2%	18,4%	-29,4%
Consumo energía	-13,6%	-20,2%	-25,7%	-28,9%	-23,6%	-18,9%	-3,8%	42,8%
Producto	-1,4%	-2,1%	-2,9%	-3,6%	-3,4%	-3,4%	-1,8%	3,2%
Consumo	-0,1%	-0,2%	-0,2%	-0,3%	-0,3%	-0,4%	-0,4%	-0,3%
Empleo	-1,2%	-2,0%	-2,7%	-3,4%	-3,2%	-3,1%	-1,4%	3,5%

Se observa que los mayores efectos se producen durante la primera mitad del año 2008, cuando finaliza el incremento acelerado de precios. El consumo de energía cae hasta un máximo de 29% en términos interanuales durante el último semestre de 2007 y un 22% comparando el mismo año respecto al 2006, sin embargo dado que el incremento en precios es mayor (28%) el costo total de los insumos adquiridos se eleva en dicho año.

En ausencia de cualquier otro evento, el PIB potencial caería hasta un 3,6% en términos interanuales, y si medimos el PIB total del año 2007, comparado al año anterior, la caída es del orden de 2,5%. Lo anterior implica que dado el crecimiento efectivo de 5,1% durante el 2007, condiciones favorables para el consumo de energía podrían haber incrementado dicha cifra por sobre el 7%¹².

¹² Cabe recordar que no se están considerando otros factores relevantes en el crecimiento del año como el precio del cobre o mejoras en productividad.

Los efectos en el consumo y empleo para el año 2007 llegan a 0,2% y 2,3% en términos anuales, respectivamente. De acuerdo al modelo, el efecto en el consumo es levemente significativo (en particular porque no considera el consumo residencial de energía), sin embargo, de haberse mantenido una situación normal, el empleo podría haberse incrementado sobre 100.000 personas adicionales durante el año, casi el equivalente al crecimiento de un año normal¹³.

Cabe recordar que estos son los efectos brutos de un cambio en el precio de la energía, por tanto, la reducción efectivamente observada en el consumo de energía, en la producción o en otras variables dependerá principalmente del potencial de crecimiento de la economía en el período y de los demás factores que incidan en la productividad en dicho período. Por ejemplo, si durante el momento de mayor incremento en el precio de la energía, el crecimiento esperado de la demanda trimestral estaba en torno al 8%, la demanda neta de energía podría haber caído entre 12% y 14%, respecto al mismo trimestre del año anterior, por lo cual es necesario contrastar las cifras del modelo con el crecimiento potencial de las variables.

En suma, los efectos del incremento de precios de la energía de 2007 y 2008 pueden haber generado una merma en el crecimiento de hasta 2,5% del PIB en el año 2007, equivalente a unos US\$ 4.000 millones, cifra con la cual se pueden financiar proyectos de generación hidroeléctrica que amplían el potencial de generación del país en más de un 20%, lo que se considera suficiente para solucionar la actual estrechez del sistema.

Durante el año 2008 se proyecta un menor crecimiento potencial de 1,4%, adicional a los efectos contractivos de la crisis. Para el año próximo, es posible esperar que los precios se encuentren bajo los niveles del año 2006, favoreciendo la productividad del país, lo cual afectaría positivamente al PIB potencial en una magnitud de hasta 3 puntos porcentuales respecto al año 2008¹⁴. En otras palabras, de haberse mantenido las condiciones desfavorables en términos energéticos, era esperable una contracción de la economía durante el próximo año. Cabe recordar que estos impactos potenciales representan una cota superior al comportamiento esperado de la economía chilena, debido a la simplicidad del modelo y las restricciones que ello implica, lo cual debe considerarse al comentar las cifras.

¹³ Como ejemplo, el año 2004 el PIB creció en 6,0% en tanto que el empleo aumentó en cerca de 200.000 personas, el doble al incremento de un año promedio (comparando el stock a diciembre).

¹⁴ Se debe considerar en dicho cálculo la baja base de comparación dado el crecimiento esperado para 2008.

4. Conclusiones

Durante los años 2007 y hasta mediados de 2008 se produjo un fuerte incremento en los precios internacionales de la energía, lo que junto a otros factores, elevó de manera significativa los precios locales de insumos energéticos industriales, hasta más de un 70% promedio. Dado que más de dos tercios de la energía primaria consumida en Chile es de origen importado, los cambios en precios tienen un efecto dramático en la economía local.

Varios estudios han presentado evidencia parcial respecto a los efectos que este importante incremento en el valor de la energía ha tenido sobre la economía, sin embargo aun no existe un documento que entregue un aproximado del impacto total en un contexto de equilibrio general.

Este trabajo utiliza un modelo DSGE ajustado a la economía chilena para simular los efectos del shock energético, además se calculó un índice compuesto de precios locales de la energía utilizando la información parcial de las energías secundarias relevantes y la proporción de uso a nivel industrial. Con ello, fue posible simular la trayectoria de la economía frente al shock de precio, y observar los resultados en las principales variables reales.

De la simulación se obtuvo una caída anual de más de 2% en el PIB potencial del año 2007 y un impacto cercano a 1,5% durante el año 2008. Estos efectos están asociados a una caída de más de 20% en el consumo agregado de energía, respecto de su crecimiento potencial, es decir entre un 12% y 14% de menor demanda neta. Aunque estas magnitudes resultan elevadas para lo observado empíricamente, son un benchmark al efecto que los shocks energéticos tienen sobre la economía.

La simpleza de este modelo no permite mayor precisión sobre los resultados pero es un punto de partida para analizar cambios en la estructura productiva de la economía ante shocks externos en insumos importados, como es el caso de Chile. Además este trabajo puede ser refinado, introduciendo especificaciones alternativas tales como costos convexos a los ajustes en el consumo de energía, con lo cual puede replicarse de forma más plausible la elasticidad precio de la demanda.

5. Referencias

- Adeyemi, O y Hunt, L. (2006): "Modelling OECD industrial energy demand: Asymmetric price responses and energy saving technical change." Surrey Energy Economics Centre.
- Alvarez, R., Garcia, A. y Garcia, P. (2008): "Shocks de energía y productividad en la industria manufacturera chilena." Documento de Trabajo N° 482. Banco Central de Chile.
- Benavente, Galetovic, Sanhueza y Serra. (2005): "Estimando la demanda residencial por electricidad en Chile: El consumo es sensible al precio." Cuadernos de Economía, Vol. 42.
- Blanchard, Olivier (2005): "Fluctuations. Introducing a Leisure/Labor Choice in the Ramsey Model. RBC models". Lecture Notes.
- Boyd, Gale (1994): "The impact of energy prices on industrial energy efficiency and productivity." Argonne National Laboratory, Energy Policy Section.
- Chumacero, R. y Fuentes, R. (2002): "On the determinants of Chilean economic growth." Documento de Trabajo N° 134. Banco Central de Chile.
- Collard, M. y Julliard, F. (2003): "Stochastic simulations with DYNARE. A practical guide." CEPREMAP mimeo.
- Congressional Budget Office of U.S. (2006): "The Economic Effects of Recent Increases in Energy Prices." CBO Paper.
- Dhawan, R. y Jeske, K. (2006): "Energy price shocks and the macroeconomy: the role of consumer durables." Working Paper 2006-9. Federal Reserve Bank of Atlanta.
- Dhawan, R. y Jeske, K. (2007): "What Determines the Output Drop after an Energy Price Increase: Household or Firm Energy Share?" Working Paper 2007-20. Federal Reserve Bank of Atlanta.
- O’Ryan et al. (2008) "Impactos Económicos y Sociales de Shocks Energéticos en Chile: Un Análisis de Equilibrio General". Documento de Trabajo N° 466. Banco Central de Chile.
- Mancini, Tommaso (2007): "Dynare User Guide." tommaso.mancini@stanfordalumni.org.
- Medina, J. y Soto, C. (2007): "The Chilean business cycles through the lens of a stochastic general equilibrium model". Documento de Trabajo N° 457. Banco Central de Chile.
- Shadid, Alam (2006): "Economic growth with energy". Northeastern University.

6. Anexo

Condiciones de primer orden para la resolución del modelo:

$$1) \quad 1 = \beta * \left(\frac{c_t}{c_{t+1}} \right) * ((1 - \tau_k)r_{t+1} + 1 - \delta)$$

$$2) \quad \theta c_t h_t^\varphi = w(1 - \tau_H)$$

$$3) \quad i_t = y_t - c_t - g_t - o_t p_t$$

$$4) \quad k_{t+1} = i_t + (1 - \delta)k_t$$

$$5) \quad g_t = \tau_K r_t k_t + \tau_H w_t$$

$$6) \quad w_t = \frac{(1 - \alpha)y}{n}$$

$$7) \quad r_t = \frac{\alpha \eta y_t k_t^{\rho-1}}{\eta k_t^\rho + (1 - \eta)o_t^\rho}$$

$$8) \quad p_t = \frac{\alpha(1 - \eta) y_t o_t^{\rho-1}}{\eta k_t^\rho + (1 - \eta)o_t^\rho}$$

$$9) \quad y_t = \exp^{z_t} (\eta k_t^\rho + (1 - \eta)o_t^\rho)^{\frac{\alpha}{\rho}} h_t^{1-\alpha}$$

$$10) \quad p_t = \rho_h p_{t-1} + e_t + \rho_e e_{t-1}$$

$$11) \quad z_t = \rho_z z_{t-1} + e_t$$