

# ***Impacto del Costo de la Energía Eléctrica en la Economía Chilena: Una Perspectiva Macroeconómica***

Carlos J. García<sup>1</sup>  
Facultad de Economía y Negocios  
Universidad Alberto Hurtado

Junio 2012

## ***Resumen***

*El presente documento contiene mediciones del impacto del precio de la energía eléctrica sobre la economía chilena para el período 2000-2011. En particular se tomó como proxy para el precio de la energía el costo marginal de la energía eléctrica, variable altamente correlacionada con los precios de petróleo y el carbón. Para medir este impacto se usó primero un modelo macro simple para entender la dinámica de un shock energético en la macroeconomía. Se muestra que una baja elasticidad de sustitución de la energía con otros insumos, una agresiva respuesta del Banco Central a shocks inflacionarios y rigideces de salarios reales aumentan el impacto negativos de estos shocks sobre la actividad. Las estimaciones econométricas hechas con VAR indican que un shock en el precio de la energía eléctrica permanente de 10% reduce el crecimiento trimestral del PIB hasta en un 0,17 %.*

**JEL Classification:**Q43, Q47

**Keynote:** Energía eléctrica, macroeconomía, política monetaria, crecimiento, modelos VAR.

---

<sup>1</sup> Se agradecen los comentarios de Fernando Fuentes. Todas las opiniones de este trabajo son responsabilidad del autor y no comprometen a la UAH. Comentarios a [cgarcia@uahurtado.cl](mailto:cgarcia@uahurtado.cl)

## 1. Introducción

El sector de energía eléctrica juega un rol crucial en el desarrollo económico del país, por tanto es importante medir con precisión el impacto agregado de los cambios de los precios de este sector energético sobre la economía<sup>2</sup>. A modo de ejemplo, como se observa en la **Figura 1**, el PIB de la economía chilena mostró una desaceleración desde el 2004, incluso antes de la crisis financiera que comenzó a finales del 2008. Desaceleración que coincide con aumentos importantes en el costo de la energía, primero por la crisis del gas argentino desde el 2004, y segundo por los fuertes incrementos en el precio del petróleo y carbón desde el 2006 por una demanda internacional creciente por todo tipo de materias primas. Como se observa también en la **Figura 1**, los costos marginales de la energía eléctrica (**CMg\_E** en la **Figura 1**) captura ambos episodios por la forma en que se genera esta energía. Así, el objetivo central de este estudio es cuantificar el impacto sobre la economía Chilena de los cambios en los precios de la energía eléctrica. Específicamente, se estimó los efectos de un aumento persistente (10%) en el precio de la energía eléctrica, medido a través costos marginales, sobre las principales variables macroeconómicas.

Las estimaciones econométricas establecen que un *shock* del precio en la energía eléctrica permanente de 10% podría a lo más reducir el crecimiento promedio trimestral del PIB en un 0,17%, para dimensionar esta cifra, tenemos que la economía creció en términos trimestrales en torno al 1,0% el período 2000-2011. Así este resultado indica que los enormes cambios experimentados en el costo de la energía la década pasada (ver **Figura 1**) podrían explicar el moderado desempeño de la economía chilena en ese período de tiempo.

La estrategia metodológica de estudio consiste de dos partes, primero se especificó un modelo macroeconómico simple para ilustrar a través de simulaciones el mecanismo de transmisión de un *shock* del precio de la energía en la macroeconomía. En éste se ilustran tres aspectos claves para entender la anatomía de este *shock*: las posibilidades de sustitución entre energía y otros insumos productivos, la respuesta del Banco Central a los *shocks* inflacionarios y

---

<sup>2</sup> Un trabajo que se preocupa sobre este tema para Chile es el de Blümel et al (2009) con resultados parecidos en términos cuantitativos.

la rigideces de salarios. En resumen, una baja elasticidad, una agresiva respuesta del Banco Central a la inflación y un alto nivel de salarios rígidos potencia el impacto negativo de un *shock* energético negativo (precios más altos). Segundo, se estimó un modelo econométrico multivariado (VAR) para medir concretamente los efectos agregados del precio de la energía sobre el resto de la economía. Los resultados del VAR se discuten y analizan en base al modelo teórico. Se destaca que los modelos VAR son ampliamente usados en la literatura para medir el impacto macroeconómico de cambios en el precio de la energía.

Los resultados econométricos de nuestro estudio indican que un aumento del precio de la energía es claramente contractivo. Se puede observar una caída del PIB, la actividad en diferentes sectores económicos (en especial el comercio y la construcción), el consumo privado, la inversión privada, el empleo en diferentes sectores y las exportaciones, en especial las mineras. El aumento del precio de la energía eléctrica puede considerarse como *shock* negativo de precios, que produce respuesta del Banco Central a través de tasas de interés más alta. Además ocasiona que el peso se deprecie respecto del dólar.

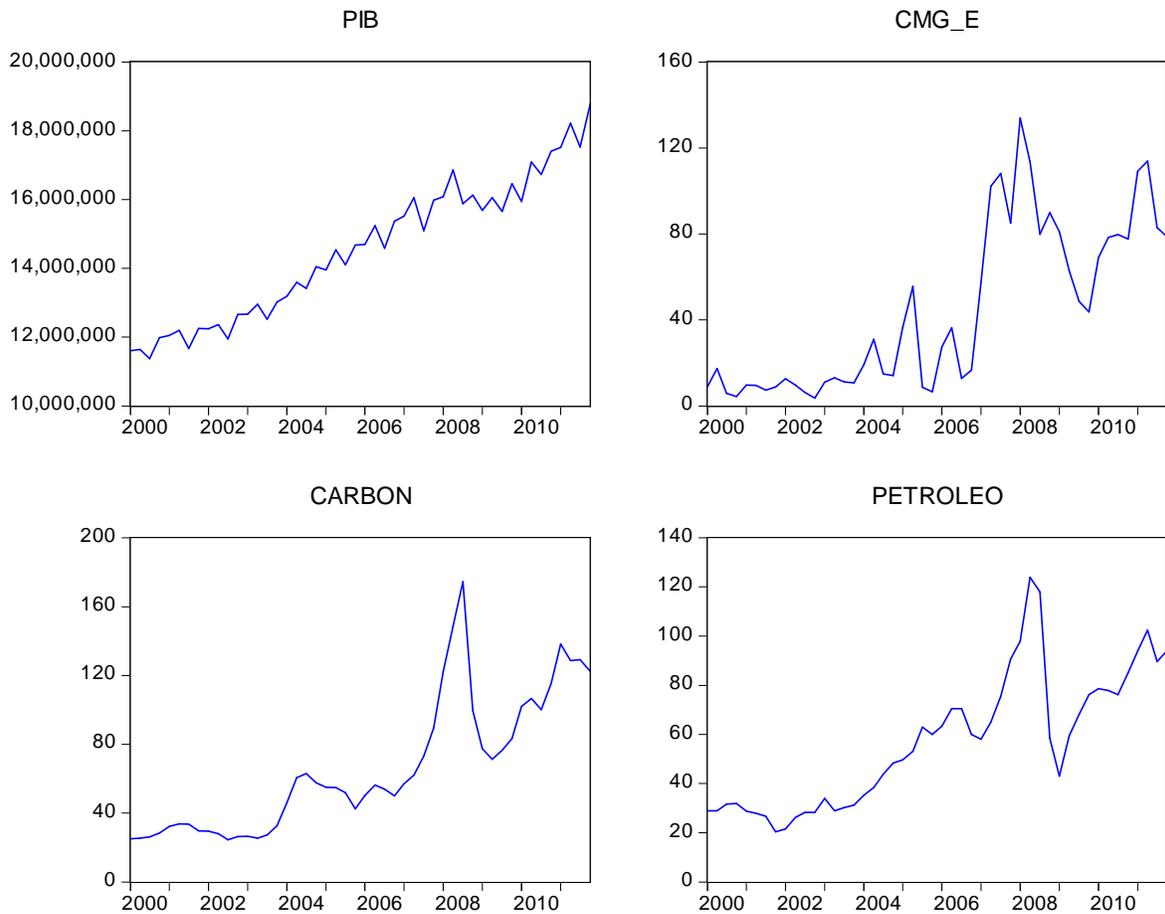
Las estimaciones econométricas confirman también un mecanismo específico de transmisión en la economía chilena de un *shock* en el precio de la energía eléctrica. En pocas palabras, éste consiste en que el Banco Central para reducir las presiones inflacionarias aumenta de la tasa de interés lo que produce una desaceleración en la demanda, esto reduce el crecimiento y con ello cae la demanda por trabajo y los salarios, aunque por las probables rigideces de salarios, el peso principal del ajuste en el mercado laboral lo lleva el empleo.

Se debe aclarar que los cálculos de este estudio son cotas superiores debido a la alta correlación entre los costos marginales de producir energía eléctrica, el precio del petróleo y el carbón. En efecto, esta alta correlación limitó a hacer las estimaciones del VAR considerando solo los costos marginales para evitar el problema de “multicolinealidad”. Por tanto, los efectos estimados sobre el resto de la economía, por cambio en el precio de la energía eléctrica, pueden que consideren eventos que son independientes del mercado eléctrico por la fuerte correlación con el petróleo y el carbón. No obstante esta aclaración, los números calculados en este estudio

sin duda que indican el impacto de los precios de la energía como un todo sobre el crecimiento de la economía chilena.

Este trabajo se organiza de la siguiente forma, la sección dos se presenta el mecanismo teórico de la transmisión de un shock energético, en la sección tres se presenta la metodología econométrica y los resultados. La sección cuatro se discuten las limitaciones del estudio y en la sección cinco se presentan las conclusiones.

**Gráfico 1: Energía y PIB**



**Fuente: BBCh y CDEC-SIC**



## 2. Mecanismo básico para entender la transmisión de los *Shocks* de Energía a nivel agregado.

El mecanismo básico de transmisión de un mayor precio de la energía a nivel agregado es de un aumento directo de los costos marginales de las empresas y con ello su traspaso a la tasa de inflación. Sin embargo, el impacto negativo sobre el crecimiento es complejo y depende de dos aspectos claves. Primero, del grado de sustitución o también conocido en términos más técnicos como elasticidad de sustitución entre energía y los otros insumos de producción. Segundo, de la respuesta de la autoridad monetaria a la mayor inflación. En efecto, una baja elasticidad de sustitución acompañado de una reacción agresiva del banco central a la inflación, producen que el aumento del precio de la energía sea claramente contractivo en muchas dimensiones macroeconómicas: producción, consumo privado y empleo. Además, el impacto sobre esta última variable depende también del grado de flexibilidad laboral. En efecto, en caso que los salarios sean muy rígidos, el shock energético negativo un tendrá importante impacto en el empleo agregado.

### **Shock en el precio de la energía: la historia detrás de un shock de oferta.**

Los impactos sobre la economía de un *shock* en el precio de la energía como un todo se muestran en las **Figura 2-4**. En cada gráfico, el eje vertical indica el impacto, mientras que el eje horizontal es el tiempo que mide la evolución trimestres después del *shock*. Para entender fácilmente los efectos de este impacto<sup>3</sup>, suponemos que el *shock* eleva transitoriamente el precio de la energía (**pe**), el que es representado por el sub gráfico de la esquina superior izquierda de la **Figura 2**. Este impacto es definido en el Esquema 1 como “**Primer efecto**”. Como observaremos, todo el proceso de ajuste por un mayor precio de la energía es complejo y se logra paradójicamente por una contracción de la propia economía que busca que los otros costos de producción caigan para volver a equilibrar los costos totales de la empresa.

---

<sup>3</sup> En el **Anexo A** se explica los detalles del modelo usado para hacer las **Figuras 2- 4**.

## Esquema 1: Transmisión del *Shock* del Precio de Energía

### Primer efecto:

$$\text{precio energía}(pe) \rightarrow \text{costos marginales}(cmg\_p) \rightarrow \text{inflación}(pi)$$

### Efecto Sistémico:

$$\text{inflación}(pi) \rightarrow \text{tasa de interés}(r) \rightarrow \text{consumo}(c), \text{producto}(y), \text{empleo}(n) \text{ y salarios}(w\_p)$$

El primer efecto después del *shock* de energía consiste en que los costos marginales de las empresas (**cmg\_p**) se elevan y con ello la tasa de inflación (**pi**). La lógica de este impacto es la siguiente, con una tasa de sustitución baja entre energía y otros insumos productivos<sup>4</sup>, un alza del costo de la energía incrementa los costos por las bajas posibilidades de sustitución. Al suceder esto en varias empresas de la economía, ocurre que finalmente la tasa de inflación, es decir, la tasa a la cual cambian sistemáticamente los precios, crezca.

Enseguida la **Figura 2** indica que el banco central responde a la mayor inflación, con un aumento de la tasa de interés nominal (**r**). Esta reacción la llamamos en el **Esquema 1** “**Efecto sistémico**” y caracteriza como el shock del precio de la energía se propaga en la economía. Suponemos que la reacción del banco central es lo suficientemente fuerte para afectar la tasa de interés real (**r\_real**), es decir, la diferencia entre la tasa nominal de interés y la inflación esperada. Es así como en la moderna teoría macroeconómica, el aumento de la tasa de interés puede afectar las decisiones de consumo. En efecto, una tasa de interés más alta origina que las familias en vez de consumir prefieran ahorrar. El menor consumo (**c**) decae la demanda agregada y con ellos cae también la producción (**y**). Los menores niveles de producción son enfrentados por las empresas a través de una mezcla de menor empleo (**n**) y reducción de los salarios a los trabajadores (**w\_p**).

En definitiva el proceso de ajuste termina cuando empiezan a caer los salarios (reales). En consecuencia, en la medida que esta variable se ajusta, las empresas se ven aliviadas y sus costos marginales empiezan a caer. Eso se observa en la **Figura 2**, donde después del impacto,

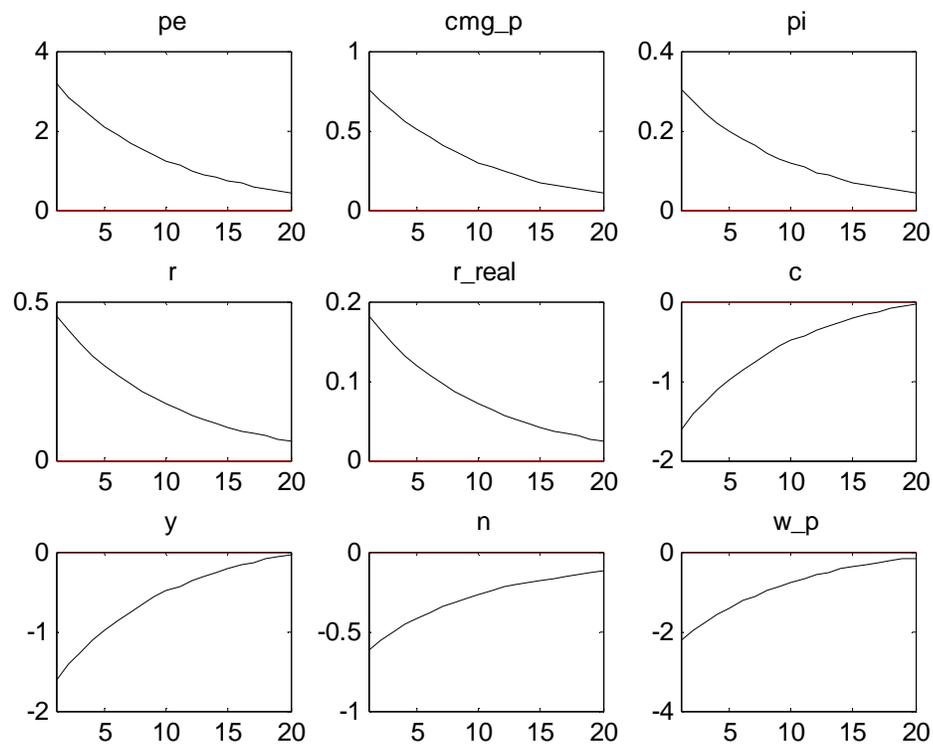
---

<sup>4</sup> Se supuso una función de producción CES con una tasa de sustitución de 0,1 para la **Figura 2**.

es decir, el salto en el momento cero, de todas las variables, las curvas que indica la trayectoria temporal de cada variable tienden a volver su nivel original. En términos económicos, la caída de los costos marginales, reduce la inflación y con ello el banco central decide reducir su tasa de interés de política monetaria. Las menores tasas de interés provocan que se recupere el consumo, la producción, el empleo y finalmente los salarios.

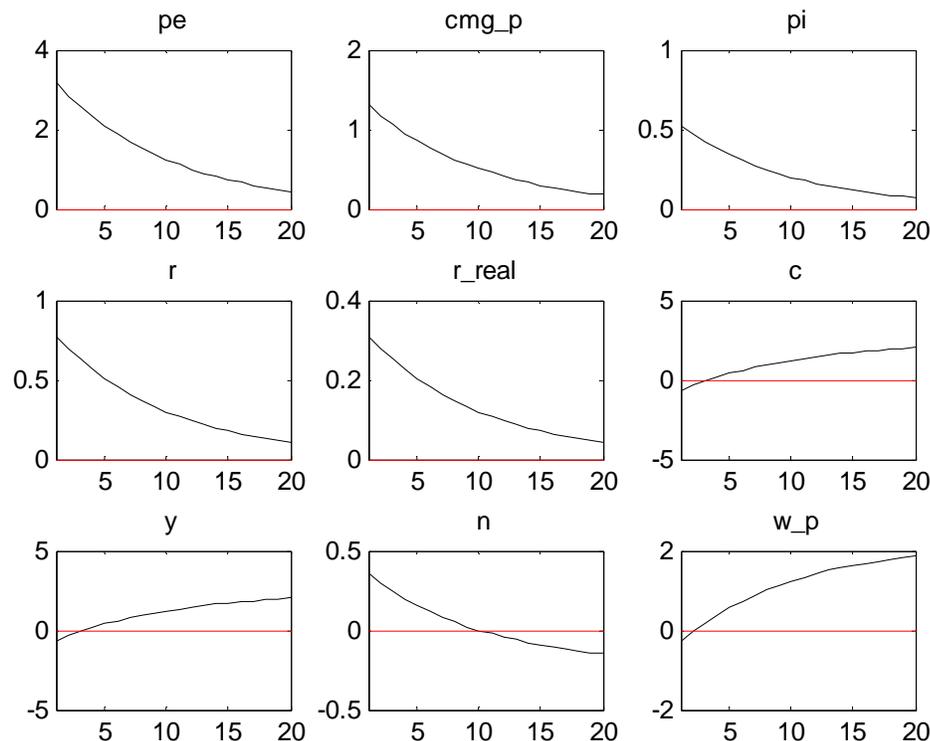
Como se ha explicado anteriormente, los efectos que se ilustran en la **Figura 2**, dependen en parte de la elasticidad de sustitución entre energía y los otros insumos. Por ejemplo, si elevamos esa elasticidad, los resultados son menos extremos que los explicados en la **Figura 3**, especialmente por la sustitución entre energía y trabajo. En efecto, el empleo en vez de caer sube, puesto que se reemplaza la energía cara por este insumo, con lo cual la economía, medida en términos de consumo (**c**) y producción (**y**) se recuperan rápidamente e incluso llega a crecer pocos trimestres después del *shock* de energía.

**Figura 2:** *Shock* precio de la energía (elasticidad de sustitución entre empleo y energía  $\theta = 0.1$ )  
**Caso Salarios Flexibles**



Otro elemento clave en el proceso de ajuste es la respuesta de los salarios. En términos del **Esquema 1**, la absorción del aumento del costo de la energía ocurre por la caída de los salarios. En otras palabras, es la forma que tiene la economía de *balancear* el aumento de un costo con la caída de otro costo. Incluso dentro de un contexto de salarios completamente flexibles, la moderna teoría macroeconómica (Galí, 2008) señala que la respuesta óptima de un banco central es subir la tasa de interés para ayudar en este proceso de ajuste. Esto es porque se supone que algunos de los precios de la economía son rígidos<sup>5</sup>. Por tanto, un *shock* de oferta deja a los productores en una situación sub óptima, es decir, con precios que no puede cambiar pero con costos más altos. En este contexto, una política monetaria contractiva ayuda a que los costos totales, a través de la caída de salarios, vuelvan a una situación donde las empresas que no han podido cambiar los precios pueden volver a maximizar beneficios.

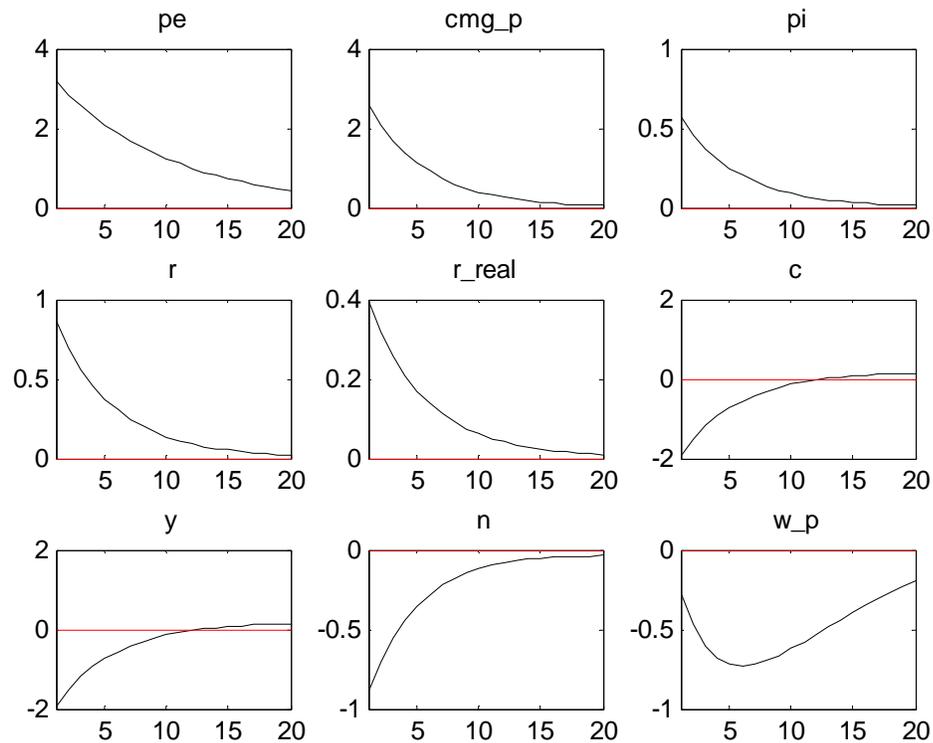
**Figura 3:** Shock precio de la energía (elasticidad de sustitución entre empleo y energía  $\theta = 0.7$ )  
**Caso: Salarios Flexible**



<sup>5</sup> La rigidez de precios y salarios en el corto plazo en un supuesto estándar de la macroeconomía moderna, por ejemplo ver el artículo de Kehoe y Midrigan, (2010), titulado "*Prices are Sticky After All*".

Así como se ilustra en la **Figura 4**, en el caso de salarios rígidos el impacto del *shock* energético será más fuerte sobre el producto y especialmente sobre el empleo. Esto ocurre porque al caer la demanda y con ello el producto, todo el ajuste del menor crecimiento en el mercado laboral se logra por una menor contratación de trabajadores y no por una ajuste en los precios. Esto ocurre porque la moderada caída en los salarios reales no logra “balancear” el aumento del precio de la energía y los empresarios deben reducir el empleo. Este es un caso representativo donde la falta de flexibilidad laboral ocasiona que finalmente el ajuste se dé en términos de menos empleo.

**Figura 4:** *Shock* precio de la energía (elasticidad de sustitución entre empleo y energía  $\theta = 0.1$ )  
**Caso Salarios Rígidos**



### 3. Modelo econométrico: VAR<sup>6</sup>

#### Metodología

Con el objetivo de medir empíricamente el impacto de cambios en el precio de la energía en la economía chilena se estimará un modelo econométrico multivariado de series de tiempo (conocidos por VAR), donde se modela explícitamente la conexión entre los diferentes sectores de la economía antes cambios en el precio del sector energético eléctrico. Es importante mencionar que los modelos VAR en Chile tienen una larga historia en especial como herramienta de proyecciones. Por citar algunos autores recientes, Valdés (1997), Landerreche et al. (1999), Parrado (2001), García (2001), Mies et al. (2002), Bravo y García (2002), Bravo et al (2003), Cãtao y Pagan(2010) y García y Sagner (2011)<sup>7</sup>. Los modelos VAR también han sido usados para medir el impacto del petróleo en la economía americana y otros países por autores como Edelstein y Kilian (2007), Kilian (2008), Blinder y Rudd. (2008), Kilian (2009), Halmiton (2009), Blanchard y Galí (2010).

En términos simples y directos un VAR es un modelo que relaciona (linealmente) diferentes variables macroeconómicas (o endógenas) sin una estructura predefinida. De esta forma con un modelo VAR uno puede explicar cada una de las variables macroeconómicas en función de su propia conducta pasada, por cambios en las variables exógenas a la economía chilena y por shocks exógenos (ver **Esquema 2**). Definimos una variable es exógena si esta variable puede afectar a las variables macroeconómicas pero estas últimas variables no pueden afectar la trayectoria en el tiempo de las variables exógenas. Así por ejemplo, la evolución de la inflación (variable macro endógena) puede explicarse por lo que ocurrió por la propia inflación en el trimestre pasado (por ejemplo por la indexación que existe en la economía chilena) y por la tasa de interés del banco central. Pero a su vez, la tasa de interés dependerá de la inflación, si el banco central mira la inflación para fijar la tasa de política monetaria. En este simple ejemplo, la

---

<sup>6</sup>Manuales econométricos útiles donde se explican los modelos VAR son Johnston y Dinardo (1997), Lütkepohl (1993), Hamilton (1994) y Greene (1997).

<sup>7</sup>Todos diseñados para medir la transmisión de la política monetaria y ser usado para tareas de proyección en diferentes versiones: primeras diferencias, diferencias en doce meses, niveles con tendencia, con vectores de cointegración, y con diferentes variables exógenas (PIB externo, tasa de interés externa, precios de commodities -cobre y petróleo, etc.-)

inflación y la tasa de interés son variables endógenas porque se determinan en forma conjunta. Sin embargo, un aumento del precio del petróleo en los mercados internacionales subirá el precio de la energía y con ello la inflación. Sin embargo, el aumento de la inflación en Chile no generará ningún efecto sobre los precios internacionales del petróleo. En este caso, el precio del petróleo es una variable exógena. De la misma manera, una sequía que sube el precio de la energía, y que puede considerarse un shock exógeno, sube la inflación, pero esta última variable obviamente no tendrá ningún efecto sobre las lluvias futuras, así nuevamente la sequía es considerada un shock exógeno.

### Esquema 2: Modelos VAR

**VAR = Variables que se determinan entre ellas + Variables que se determinan independientemente + shocks**

**= Variables Endógenas + Variables Exógenas + shocks**

De esta forma, una de las ventajas de esta aproximación de considerar variables endógenas es decir, que se determinan entre ellas (ver **Esquema 2**) es que los VAR no sólo miden el efecto impacto de un cambio positivo en el precio de la energía, sino también mide los efectos de segunda vuelta de un aumento de x% en el precio de la energía sobre la economía completa. En términos más formales, un modelo VAR es representado por la ecuación (1), donde  $Y_t$  es un vector que reúne las variables macroeconómicas de interés como el PIB, el empleo, la inversión, las exportaciones, la inflación, la tasa de interés, el tipo de cambio real, etc.

$$A_0 Y_t = A_1 + \sum_{i=2}^n A_i Y_{t-i+1} + \sum_{i=2}^n B_i Z_{t-i+1} + u_t \quad (1)$$

Las variables exógenas  $Z_{t-i+1}$  que explican las variables macroeconómicas son de dos tipos. Primero, las variables conocidas y sistemáticas que son un dato para la economía chilena, como es el crecimiento mundial de EE.UU., Europa, China y Japón (ponderado por la

participación de las exportaciones)<sup>8</sup> y el precio de la energía. Segundo, la ecuación (1) es explicada por *shocks* no sistemáticos  $u_t$ , en el caso que las variables incluidas en las estimaciones sean las adecuadas.

Incluir el crecimiento externo como variable exógena permite “controlar” adecuadamente las estimaciones y evitar que los parámetros estimados sean influenciados por variables omitidas. Esto porque se supuso también que el precio de la energía es una variable exógena sistemática. Por tanto, si se excluye del análisis el crecimiento externo puede ocurrir que los parámetros estimados y asociados al precio de la energía al estar también asociados al ciclo económico de la economía internacional hubieran parecido desmesuradamente altos y significativos en sus efectos sobre las diferentes variables macroeconómicas.

El modelo econométrico resumido por la ecuación (1) establece que las variables macros y el precio de la energía estarán relacionados por cuatro elementos claves: las relaciones contemporáneas entre las variables macros que es medido por los coeficientes de la matriz  $A_0$ , los rezagos de la propia variables macros  $\sum_{i=2}^n A_i Y_{t-i+1}$ , es decir, como se transmite el *shock* a través de las propias variables macros en el tiempo, los impacto por los *shocks* por cambios exógenos en el precio de la energía, y rezagos de las variables exógenas  $\sum_{i=2}^n B_i Z_{t-i+1}$  que medirán por ejemplo la persistencia del *shock* energético a través del tiempo.

Considerando que el VAR puede involucrar la estimación de varios parámetros y la muestra es de datos es pequeña, los rezagos de la ecuación (1) son obtenidos a través de pruebas estadísticas que ponderan simultáneamente las principales características empíricas de

---

<sup>8</sup> No se consideró el precio del cobre, porque en los últimos diez años el gobierno chileno ha usado una regla fiscal para ahorrar los ingresos del cobre, por lo tanto el efecto del precio de este producto sobre la economía se ha moderado sustancialmente. Además cuando se incluyó el precio del cobre en el modelo econométrico, el impacto del precio de la energía sobre el PIB total no cambió sustancialmente.

los datos pero limitan el número de rezagos para que el modelo (1) tenga una dimensión razonable<sup>9</sup>.

Una vez estimado (1), se mide la respuesta de la economía a un *shock* persistente de 10% en el precio del sector eléctrico a través de una adecuada identificación del modelo. Esta elasticidad permite realizar posteriormente diferentes ejercicios, como medir el impacto de un aumento de x% en los impuestos al sector.

La estrategia para identificar el impacto del precio de la energía es la propuesta por Halmiton (2009) y es la siguiente. El modelo de la ecuación (1) se estimó por mínimos cuadrados ordinarios desde 2000.1 hasta el 2009.4, luego se realizó una proyección para el período 2010.1 hasta el 2011.4, condicionada a los verdaderos valores de las dos variables exógenas antes mencionadas: crecimiento del PIB externo relevante para la economía chilena y el precio de la energía eléctrica, llamamos a este cálculo el escenario base. Luego se repite el mismo ejercicio, pero suponiendo que el precio de la energía se eleva para cada trimestre del período 2009.4-2011.4 en 10%, llamaremos a este cálculo como el escenario alternativo. Por tanto, la diferencia entre los cálculos de ambos escenarios mide el impacto agregado del incremento del precio de la energía eléctrica en dos años<sup>10</sup>.

Puesto que el VAR es estimado con una muestra acotada de datos no se pueden incluir todas las variables macro en el vector de variables endógenas. Por el contrario, para no perder grado de libertad se supuso el siguiente vector de variables endógenas:

**$Y_t = \{\text{inflación IPC, actividad, tasa de política monetaria, salario real, tipo de cambio real}\}$  (2)**

---

<sup>9</sup> Se usó el criterio de Schwarz por las razones dadas en Medel (2012), el número óptimo de rezagos encontrados para los VAR fue de uno.

<sup>10</sup> Si bien este ejercicio contra factual está sujeto a la crítica de Lucas, es decir, suponer parámetros constantes, el ejercicio de un incremento de 10% está dentro de los shocks que se observaron durante la muestra.

Donde la variable **“actividad”** tomó diferentes valores en cada estimación, la lista es la siguiente:

**Tabla 1:**

Variables Incluida en "Actividad"

PIB total  
PIB construcción  
PIB industrial  
PIB comercial  
Consumo privado  
Consumo privado en bienes durables  
Consumo privado en bienes no durables  
Inversión privada total  
Inversión privada en maquinarias y equipo  
Inversión privada en construcción  
Empleo total  
Empleo sector industrial  
Empleo sector comercial  
Empleo sector construcción  
Exportaciones totales  
Exportaciones industriales  
Exportaciones mineras

En otras palabras, se estimaron tantos VAR como variables “actividad” se consideraron, pero en todas las estimaciones se mantuvo el resto de las variables endógenas (inflación, tasa de interés, salario real, etc.) y las dos variables exógenas mencionadas anteriormente. El objetivo de esto es mantener al modelo VAR como un modelo agregado donde sigan interactuando las variables macroeconómicas consideradas.

## Resultados econométricos

### Interpretación de los resultados

El ejercicio de medición consiste en un aumento de 10% permanente el precio de la electricidad por dos años. Por tanto los resultados que se presentan en las Tablas 2-8 se interpretan de la siguiente forma:

- Los cambios de la variable “actividad”, es decir, PIB, consumo, inversión, empleo y exportaciones están ya expresados en cambios porcentuales. Por ejemplo, en la **Tabla 2**, en el primer trimestre, el PIB total cae en un 0.13% en relación al escenario base, es decir, al escenario sin aumento del precio de la energía eléctrica.
- Las variables salario real y tipo de cambio real también ya están expresados en cambios porcentuales. Nuevamente mirando la **Tabla 2**, el primer trimestre, el salario real cae en un 0.04% en relación al escenario base.
- La variable inflación, mide la inflación extra por el aumento de los precios en relación al escenario base. La **Tabla 2** indica que la inflación se incrementó en 0,02% ese primer trimestre.
- La tasa de interés, indica los puntos bases extra que cambia la tasa de interés. Si este cambio fue de 21.33 puntos bases (**Tabla 2** primer trimestre), la tasa pasó por ejemplo de 5,0% a 5,2133% desde el escenario base al alternativo, respectivamente.

### Análisis de los resultados

La Tabla 2 muestra una conducta de la economía chilena muy parecida a la explicada por el modelo presentado en la sección anterior<sup>11</sup>. El *shock* energético negativo es claramente contractivo, el crecimiento trimestral promedio del PIB se ha resentido hasta en un 0,17%. Es importante notar que este cálculo se obtiene suponiendo críticamente que el crecimiento externo sigue la misma trayectoria en ambos escenarios.

---

<sup>11</sup> El criterio de información de Schwarz indicó un rezago para las estimaciones del VAR.

Una forma de entender este resultado es considerar la crisis del Gas argentino. Nuestro supuesto de un incremento de 10% cada trimestre en el costo de la energía es equivalente a un crecimiento de 57% en dos años. Entonces se puede calcular el factor  $167/57=2,9$ , donde 167 fue el incremento de los costos marginales después de la crisis del gas argentino. De esta forma, el mayor crecimiento sería  $2,9*(0,17/100)=0,005$  ó 1,5%, donde 0,17 es el impacto promedio trimestral de un incremento de 10%. El crecimiento promedio en esos años fue de  $((1,01)^4-1)*100=4,1\%$ , en cambio sin crisis sería  $((1,01+2,9*(0,17/100))^4-1)*100=6,1\%$ , lo que da una diferencia aproximada de 2,0%. Sin duda que estos resultados indican que los enormes cambios experimentados en el costo de la energía la década pasada son un candidato para explicar el desempeño moderado de la economía chilena en ese período de tiempo.

Es importante ver cuál es la reacción del Banco Central para entender cuál es el impacto final del *shock* energético sobre toda la economía. En conjunto con el *shock* de precios, el Banco Central incrementa la tasa de interés en aproximadamente 36pbs (ver **Tabla 2**). Con esto la inflación sube marginalmente, aunque parte del ajuste se obtiene con una caída de los salarios reales. En efecto, según el modelo presentado en la sección anterior el mecanismo es el siguiente. El aumento de la tasa de interés produce una desaceleración en la demanda, esto reduce el crecimiento y con ello cae la demanda por trabajo con lo cual caen también los salarios. En otras palabras, para compensar las mayores presiones por el lado del precio de la energía deben caer los costos salariales.

Sin embargo, a diferencia del modelo cuando se supuso salarios flexibles (**Figura 2**), la caída de los salarios (reales) que se observa en la **Tabla 2** es bastante modesta y está más en línea con el caso del modelo con salarios reales rígidos (**Figura 4**). Este resultado es concordante con varios trabajos empíricos (ejemplo García y González, 2010) que encuentran importantes rigideces de salarios tanto en Chile como en otras economías pequeñas y abiertas. En otras palabras, si se adiciona rigideces salariales a la ya existente en los precios, los costos marginales no se descomprimen completamente y las empresas optan por despedir trabajadores.

En resumen, a pesar de que el *shock* es de naturaleza inflacionaria, la autoridad monetaria evita que se traspase a precio subiendo la tasa de interés. Incluso se observa que desde el

segundo año la inflación baja y con esto la tasa de interés, posiblemente para compensar los efectos recesivos del aumento de precios de la energía eléctrica.

Tabla 2

Trimestres	PIB total	salario real	inflación	tasa de interés	tipo de cambio real
1	-0.13	-0.05	0.03	20.94	0.14
2	-0.15	-0.07	0.02	36.09	0.21
3	-0.19	-0.06	0.00	24.21	0.25
4	-0.18	-0.06	-0.02	4.19	0.26
5	-0.19	-0.05	-0.04	-10.96	0.26
6	-0.18	-0.04	-0.05	-21.65	0.25
7	-0.18	-0.04	-0.06	-26.24	0.25
8	-0.17	-0.04	-0.07	-27.73	0.24

Fuente: Cálculo del autor

Observando lo que ocurre dentro del PIB, tenemos, según la **Tabla 3**, que los sectores más afectados son el de la construcción y el comercio. En cambio, el sector industrial sufre un impacto menor que el promedio. Parte de la explicación puede encontrarse en la **Tabla 7**, donde se muestra el impacto del aumento del precio de la energía sobre el empleo sectorial. Como se puede apreciar, sólo el empleo industrial crece, efecto que puede deberse, en parte al aumento del tipo de cambio real (**Tabla 2**) que impulsa las exportaciones del sector (ver **Tabla 8**)<sup>12</sup>. Recordemos que en una economía con tipo de cambio flexible, se espera que la moneda nacional tienda a depreciarse respecto del dólar frente a un *shock* negativo, es decir, el tipo de cambio real debe subir, para llevar a la economía al pleno empleo a través de más exportaciones de bienes y servicios.

Tabla 3

Trimestres	PIB Total	PIB industrial	PIB comercial	PIB construcción
1	-0.13	-0.051	-0.86	-0.51
2	-0.15	-0.044	-1.07	-0.29
3	-0.19	-0.066	-1.12	-0.41
4	-0.18	-0.075	-1.14	-0.36
5	-0.19	-0.084	-1.15	-0.41
6	-0.18	-0.089	-1.16	-0.40
7	-0.18	-0.092	-1.17	-0.41
8	-0.17	-0.094	-1.18	-0.41

Fuente: ver Tabla 2

<sup>12</sup> Al respecto, García y González (2010) encuentran que una depreciación tiene efectos expansivos sobre la economía chilena.

La **Tabla 4** indica el impacto de los mayores precios de la energía sobre los sectores de la demanda agregada y el empleo. Todas las variables se recienten, el consumo privado, la inversión privada, el empleo y las exportaciones. Es importante notar que la caída de las exportaciones totales ocurre incluso en un contexto de un tipo de cambio real más. En efecto, si bien el mayor tipo de cambio impulsa las exportaciones industriales (**Tabla 8**), las exportaciones mineras se recienten (**Tabla 8**).

Tabla 4

Trimestres	PIB Total	Consumo Privado	Inversión	Empleo Total	Exportaciones
1	-0.13	-0.22	-0.30	-0.16	-0.45
2	-0.15	0.01	-0.21	-0.20	-0.51
3	-0.19	-0.19	-0.36	-0.21	-0.51
4	-0.18	-0.04	-0.36	-0.21	-0.52
5	-0.19	-0.19	-0.41	-0.22	-0.52
6	-0.18	-0.08	-0.41	-0.23	-0.53
7	-0.18	-0.18	-0.42	-0.23	-0.54
8	-0.17	-0.10	-0.41	-0.24	-0.54

Fuente: ver Tabla 2

Las **Tablas 5-8** muestran con más detalle lo que ocurre con los sub sectores de la demanda agregada. En el consumo privado es notables que ambos tipos de consumo se ven afectado por el *shock* energético negativo (**Tabla 6**). Esto porque se espera que el consumo no durable sea relativamente insensible a los cambios en la tasa de interés. Una hipótesis tentativa es que en este sub sector el *shock* energético podría tener un efecto directo sobre los canales de comercialización de estos productos (sector comercio **Tabla 2**). También cae la inversión privada, tanto en construcción como en maquinarias (**Tabla 6**). En el caso de las exportaciones, sólo se ven afectadas las provenientes del sector minero, efecto que es suficiente para que el sector exportador como un todo se contraiga (**Tabla 8**).

Tabla 5

Trimestres	Consumo Privado	Consumo Durable	Consumo no Durable
1	-0.22	-0.06	-0.68
2	0.01	-0.23	-0.30
3	-0.19	-0.31	-0.45
4	-0.04	-0.38	-0.38
5	-0.19	-0.38	-0.43
6	-0.08	-0.37	-0.41
7	-0.18	-0.34	-0.43
8	-0.10	-0.32	-0.43

Fuente: ver Tabla 2

Tabla 6

Trimestres	Inversión Privada Total	Inversión Construcción	Inversión Maquinarias
1	-0.30	-0.40	-0.21
2	-0.21	-0.25	-0.26
3	-0.36	-0.35	-0.38
4	-0.36	-0.31	-0.43
5	-0.41	-0.35	-0.46
6	-0.41	-0.34	-0.47
7	-0.42	-0.35	-0.47
8	-0.41	-0.35	-0.47

Fuente: ver Tabla 2

Tabla 7

Trimestres	Empleo Total	Empleo Industrial	Empleo Construcción	Empleo Comercio
1	-0.16	0.03	-0.30	-0.08
2	-0.20	0.03	-0.39	-0.09
3	-0.21	0.03	-0.43	-0.09
4	-0.21	0.03	-0.44	-0.09
5	-0.22	0.03	-0.45	-0.10
6	-0.23	0.03	-0.45	-0.10
7	-0.23	0.02	-0.46	-0.11
8	-0.24	0.02	-0.46	-0.11

Fuente: ver Tabla 2

Tabla 8

Trimestres	Exportaciones Totales	Exportaciones Industriales	Exportaciones Mineras
1	-0.45	0.14	-0.17
2	-0.51	0.09	-0.17
3	-0.51	0.08	-0.20
4	-0.52	0.05	-0.20
5	-0.52	0.04	-0.21
6	-0.53	0.02	-0.21
7	-0.54	0.01	-0.22
8	-0.54	-0.01	-0.22

Fuente: ver Tabla 2

#### 4. Limitaciones del estudio

La principal limitación del estudios las estimaciones del VAR puedan estar sobre estimando el impacto del precio de la energía eléctrica sobre el resto de la economía. Esto porque la alta correlación (ver **Tabla 9**) entre el costos marginal de la energía eléctrica y el precio del petróleo y el carbón. En efecto, si bien la exclusión de las estimaciones del precio del

petróleo y el carbón permite evitar el problema de multicolinealidad<sup>13</sup>, también es cierto que se podría estar traspasando todo lo que ocurre con el precio del petróleo y el carbón a la economía a través del precio de la energía eléctrica, sucesos que son más amplios que solo los ocurridos en el mercado eléctrico. Por lo tanto, las estimaciones de las Tablas 2-8 deben considerarse como una cota superior del impacto del precio de la energía eléctrica sobre el resto de la economía, pero si indican en forma correcta el impacto en términos generales de un aumento del precio de la energía como un todo sobre la economía.

Tabla 9: Matriz de Correlaciones de precios

	ELECTRICIDAD	CARBON	PETROLEO
ELECTRICIDAD	1	0.9	0.8
CARBON		1.0	0.9
PETROLEO			1

Fuente: Cálculo del autor

Un análisis más preciso para ilustrar la alta correlación entre el costo marginal de la energía y en el precio del carbón y el petróleo se puede conseguir a través de una regresión simple entre estas variables. Así se estimó el siguiente modelo econométrico que relaciona todos estos elementos, pero incluyendo además el precio del agua, variable también importante para determinar el costo marginal de la energía eléctrica.

$$\log\left(\frac{P_t^{electrica}}{IPC_t}\right) = \beta_0 + \beta_1 \left[ \log\left(\frac{P_t^{energia}}{IPC_t^*} TCR_t\right) \right] + \beta_2 \Delta \log(VOL\_AGUA_t) + u_t \quad (3)$$

Donde:

$P_t^{electrica}$  = cotos marginales de la energía eléctrica

$P_t^{energia}$  = precio del petróleo o del carbón

$TCR_t$  = tipo de cambio real

$IPC_t$  ,  $IPC_t^*$  = IPC de Chile y los EE. UU: respectivamente.

<sup>13</sup> Es decir, la alta correlación de estas tres variables produce estimaciones imprecisas de los parámetros individuales.

$VOL\_AGUA_t$  =volumen de los embalses como proxy del precio del agua.

Tabla 10: Resultados modelo econométrico (3.1)

Betas	Petróleo	Carbón
$\beta_0$	-7.36	-6.75
$\beta_1$	1.94	1.70
$\beta_2$	-0.84	-0.49
$R^2$	62%	73%
DW	1.03	1.05

Todos los parámetros significativos al 5%

Los resultados de la **Tabla 10** indican que los precios del carbón y el petróleo son fundamentales para explicar los costos marginales de la energía eléctrica en el período 2000.1-2011.4. El precio del agua, aproximado por el volumen de los embalses, también es importante. Los resultados de la regresión (3) señala que si aumentan el volumen de agua en los embalses, es decir, el agua se hace más barata, el impacto sobre el costo marginal es negativo.

## 5. Conclusiones del estudio

En este trabajo se estimó el impacto de un aumento persistente (10%) en el precio de la energía eléctrica (costos marginales) sobre las principales variables macroeconómicas. El aumento del precio de la energía eléctrica puede considerarse un *shock* negativo de precios, que produce respuesta del Banco Central a través de una tasa de interés más alta. Por tanto, un aumento del precio de la energía es claramente contractivo. Se pudo medir una caída del PIB, la actividad en diferentes sectores económicos (en especial comercio y construcción), el consumo privado, la inversión privada, el empleo en diferentes sectores y las exportaciones. Este último efecto se da incluso a pesar de una depreciación del peso respecto del dólar, que si bien estimula las exportaciones industriales no permite compensar el efecto negativo sobre otros sectores exportadores como la minería.

Finalmente, las estimaciones econométricas establecen que un *shock* de precio en la energía permanente de 10% podría a lo más reducir el crecimiento promedio trimestral del PIB en un 0,17%. Este resultado indica que los enormes cambios experimentados en el costo de la energía

la década pasada podrían explicar el moderado desempeño de la economía chilena en ese período de tiempo.

## Referencias

- BLINDER, A.S., y J. B. RUDD. (2008), "The Supply-Shock Explanation of the Great Stagflation Revisited." Working Paper 14563. Cambridge, Mass.:National Bureau of Economic Research.
- BLÜMEL G. , R. ESPINOZA y M L. DOMPER, (2009) "Crecimiento Económico, Precios de la Energía e Innovación Tecnológica, mimeo, Libertad y Desarrollo
- BRAVO, H., C.J. GARCÍA, V. MIES y M. TAPIAS (2003), "Heterogeneidad de la Transmisión Monetaria: Efectos Sectoriales y Regionales ," Revista de Economía Chilena, Vol 6(3).
- BRAVO, H. y C.J. GARCÍA (2002), "Medición de la Política Monetaria y el Traspaso (Pass-Through) en Chile," Revista de Economía Chilena, Vol 5(3).
- CÃTALO, L. y A. PAGAN, 2010, "The Credit Channel and Monetary Transmission in Brazil and Chile: A Structural VAR Approach," Documento de Trabajo Banco Central de Chile 579.
- DINARDO, J, y J. JOHNSTON, (1997), Econometric Methods, Mc Graw Hill
- EDELSTEIN, P., y L. KILIAN. (2007), "Retail Energy Prices and Consumer Expenditures;" Working paper, University of Michigan.
- GALÍ, J. (2008). Monetary policy, inflation, and the business cycle: an introduction to the new Keynesian framework. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.
- GALÍ, J. y M. GERTLER (2007). "Macroeconomic Modeling for Monetary Policy Evaluation", Journal of Economic Perspectives, Vol. 21(4), pages 25-45.
- GARCIA, C.J. y A. SAGNER (2011), "Crédito, Exceso de toma de Riesgo, Costo de Crédito y ciclo Económico en Chile," Documento de Trabajo N° 645, Banco Central de Chile
- GARCIA, C.J. y W.GONZALEZ (2010)." Is more exchange rate intervention necessary in small open economies? The role of risk premium and commodity shocks. Ilades Universidad Alberto Hurtado, Documento de Trabajo 248
- GARCÍA, C. J. (2001). "Políticas de Estabilización en Chile durante los Noventa", Documento de Trabajo N° 132, Banco Central de Chile.
- GREENE, W., (1997), Econometric Analysis, Prentice Hall.

- KEHOE, P. y V. MIDRIGAN, (2010), "Prices are Sticky After All," NBER Working Papers 16364, National Bureau of Economic Research, Inc.
- HAMILTON, J. (2009), Causes and Consequences of the Oil Shock of 2007-08, Brookings Papers on Economic Activity, Spring 2009: 215-259
- HAMILTON, J. (1994), Time Series Analysis, Princeton.
- KILIAN, L., 2008. "Exogenous Oil Supply Shocks: How Big Are They and How Much Do They Matter for the U.S. Economy?" Review of Economics and Statistics 90, no. 2: 216–40.
- KILIAN, L. 2009. "Not All Oil Price Shocks Are Alike: Disentangling Demand and Supply Shocks in the Crude Oil Market." American Economic Review 99, no. 3: 1053–69.
- LANDERRETCHÉ, O.; F. MORANDÉ y K. SCHMIDT-HEBBEL (1999). "Inflation Targets and Stabilization in Chile", Documento de Trabajo N° 55, Banco Central de Chile.
- LÜTKEPOHL, H. (1993). "Introduction to Multiple Time Series Analysis", 2a edición, Springer, Berlin.
- MEDEL, C., (2012) "¿Akaike o Schwarz? ¿Cuál elegir para Predecir el PIB Chileno?," Banco Central de Chile, Documentos de Trabajo 657.
- MIES, V.; F. MORANDÉ y M. TAPIA (2002). "Política Monetaria y Mecanismos de Transmisión: Nuevos Elementos para una Vieja Discusión", Documento de Trabajo N° 181, Banco Central de Chile.
- PARRADO, E. (2001), "Shocks Externos y Transmisión de la Política Monetaria en Chile," Economía Chilena 4: 29-57.
- VALDÉS, R. (1997). "Transmisión de la Política Monetaria en Chile", Documento de Trabajo N° 16, Banco Central de Chile.

## Anexos

### A. Modelo<sup>14</sup>

#### Consumo y Trabajo

Suponemos un modelo estándar macroeconómico para explicar la dinámica de la economía. De esta forma, la ecuación (1) establece que el consumo privado  $c_t$  presente depende negativamente de la tasa real de interés de mercado  $R_t - \pi_{t+1}$ ,  $R_t$  donde es la tasa nominal y  $\pi_{t+1}$  es la tasa de inflación esperada<sup>15</sup>. En otras palabras, esto significa que las personas prefieren ahorrar en vez de consumir cuando la tasa real de interés sube.

$$c_t = c_{t+1} - \left( \frac{1}{\sigma} (R_t - \pi_{t+1}) - \rho \right) \quad (1.1)$$

El empleo  $n_t$  depende positivamente de los salarios reales  $(w_t - p_t)$  y negativamente del consumo  $c_t$ . Así, los trabajadores desean trabajar más cuando suben los salarios reales (efecto sustitución) pero menos cuando aumenta su nivel de riqueza (efecto riqueza), representado por el nivel de consumo  $c_t$ .

$$n_t = \frac{1}{\nu} (w_t - p_t) - \frac{\sigma}{\nu} c_t \quad (1.2)$$

#### Producción Agregada y Energía

---

14 El modelo y sus parámetros son similares a los desarrollados por Gali (2008) y Gali y Gertler (2007).

15 Se supone una función de utilidad para las familias igual a  $\frac{C_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \frac{N_t^{1+\nu}}{1+\nu}$  donde  $\sigma$  es el coeficiente de aversión relativa al riesgo y  $\nu$  mide la desutilidad de trabajar.

Para mantener el análisis en términos simples se supone que la producción<sup>16</sup>  $y_t$  depende sólo de nivel de empleo  $n_t$  y la cantidad de energía  $e_t$ . Suponemos que la sustitución entre trabajo, es decir,  $n_t$  y energía  $e_t$  es dada por la elasticidad de sustitución  $\theta$ .

$$y_t = (\alpha)^\theta n_t + (1-\alpha)^{1-\theta} e_t \quad (1.3)$$

Por lo tanto los costos marginales de producción  $cmg_t$  son:

$$cmg_t = \alpha^\theta w_t + (1-\alpha)^\theta p_t^e \quad (1.4)$$

Donde  $p_t^e$  son los precios de la energía.

Además las demandas condicionales de trabajo y energía (es decir aquella que se obtienen de minimizar los costos sujeto a un cierto nivel de producción) cumplen con esta relación:

$$n_t - e_t = \theta(p_t^e - w_t) \quad (1.5)$$

Así, si el precio de la energía sube, eventualmente se puede sustituir energía por más trabajo. Para el punto que se quiere ilustrar en esta sección es suficiente suponer que existe algún grado de sustitución entre ambos factores, aunque en la realidad esta posibilidad puede ser escaza, es decir, el valor de  $\theta$  es pequeño.

### **Precios Agregados**

La evolución de los precios en la economía puede explicarse por una curva de Phillips en función de los costos marginales reales:

$$\pi_t = \pi_{t+1} + \lambda(cmg_t - p_t) \quad (1.6)$$

En otras palabras, la inflación  $\pi_t$  depende de las presiones de costos, resumidos en los costos marginales reales  $(cmg_t - p_t)$ . El impacto de los costos marginales sobre la inflación, que será la forma en que se transmitirán los cambios del precio de la energía, depende del parámetro  $\lambda$

---

<sup>16</sup> Como todas las variables del modelo, la función de producción CES se ha expresado en términos de desviaciones porcentuales del estado estacionario y no se incluye por motivos de simplicidad de shocks tecnológicos.

que está en función de la probabilidad de cambiar los precios. Así, mientras más alto sea esa probabilidad, más alto será  $\lambda$  y por tanto más rápidamente se trasladaran los cambios de costos a los precios agregados.

De esta manera los precios de la economía evolucionan según la ecuación (7):

$$p_t = \pi_t + p_{t-1} \quad (1.7)$$

### **Precios de la Energía**

El precio de la energía se supone exógeno e iguale a un porcentaje de su valor pasado, para medir la persistencia de sus efectos, y a un término puramente exógeno  $\varepsilon_t$ . Por lo tanto un aumento sorpresivo de la energía se entenderá por un aumento de la variable  $\varepsilon_t$ .

$$p_t^e = \phi p_{t-1}^e + \varepsilon_t \quad (1.8)$$

Más adelante, en la sección empírica se explicará que la exógeneidad del precio de la energía está relacionada a factores externos, es decir, que el precio de la energía dependen del precio internacional del petróleo y del carbón y factores climáticos que determina en precio del agua, todos los cuales los agentes económicos no pueden afectar y por tanto deben ser considerados como dados por el análisis.

### **Política Monetaria**

La política económica se reduce a la establecida por el banco central a través de una regla de Taylor, es decir, fija la tasa de interés en función de la inflación:

$$R_t = \phi \pi_t \quad (1.9)$$

Un banco central agresivo es aquel que tiene una regla de política con un  $\phi$  sobre uno. Es decir, la tasa de interés nominal reacciona más que la inflación. Con ello, el banco puede afectar la tasa de interés real y por lo tanto la trayectoria de la demanda agregada a través del consumo privado (ver ecuación (1)). Adicionalmente, en un modelo con capital, el mecanismo también se extiende a la inversión privada.

## Equilibrio de la Economía

Puesto que hemos supuesto por simplicidad que no hay gobierno ni tampoco capital, la relación de equilibrio en la economía es que todo lo que se produce se debe consumir.

$$y_t = c_t \quad (1.10)$$

## Salarios Rígidos

Una variación relevante al modelo anterior, es el caso de salarios reales rígidos, por ejemplo por la existencia de contratos. Una forma simple de modelar es cambiar la ecuación (1.2) por:

$$(w_t - p_t) = 0.9*(w_{t-1} - p_{t-1}) + .1*(v\eta_t + \sigma c_t) \quad (1.2)'$$

En este caso, los salarios sólo parcialmente responden a los cambios en la oferta de trabajo, por lo tanto toda la fluctuación del empleo se produce por movimientos en la demanda por trabajo.

**Tabla A.1:** Parámetros del Modelo (calibrados)

Parámetros	Valores
$\beta$ Tasa de descuento	0.99
$\sigma$ Elasticidad de aversión relativa al riesgo	1.0
$v$ Des utilidad del trabajo	1.0
$\varphi$ Persistencia shock precio de la energía	0.9
$\phi$ Respuesta de la tasa de interés a la inflación	1.5
$\alpha$ Participación del trabajo en la producción	0.6
$\lambda$ Respuesta de la inflación a los costos marginales reales <sup>17</sup>	0.043

<sup>17</sup> Valor consistente con precios agregados que se mantienen rígidos en promedio durante tres trimestres.

## **B. Datos.**

La muestra fue considerada trimestral desde 2000.1 hasta el 2011.4. Todas las variables macroeconómicas fueron obtenidas de la página WEB del Banco Central de Chile (<http://www.bcentral.cl/bde/index.htm>). El precio de la energía eléctrica se aproximó por los costos marginales de Alto Jahuel 220 kV y se obtuvo de la siguiente manera; para el período 2000.1 -2010.4 se sacó directamente del anuario 2001-2010 del CDEC-SIC (<http://www.cdec-sic.cl/datos/anuario2011/ingles/index.html>), en cambio para el año 2011 los costos marginales se obtuvieron de las estadísticas directas de este organismo ([https://www.cdec-sic.cl/est\\_operativa\\_privada.php](https://www.cdec-sic.cl/est_operativa_privada.php)). Estos valores estaban expresados en dólares y fueron transformados a pesos con el tipo de cambio del dólar observado promedio mensual obtenido de la página del Banco Central de Chile. Las estimaciones se realizaron en el programa econométrico Eviews 6.0, el código para medir el impacto del precio eléctrico sobre la economía se incorpora en un anexo de este trabajo y la base de datos se puede pedir directamente al autor.