

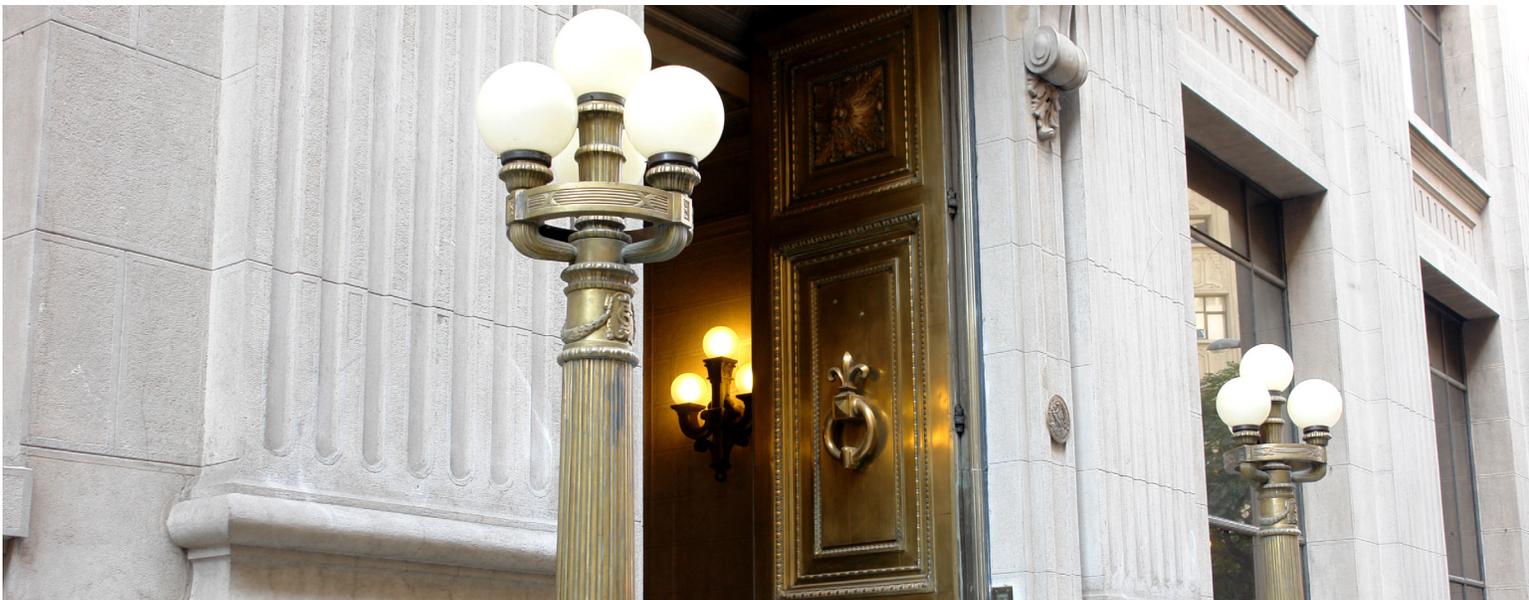
# DOCUMENTOS DE TRABAJO

## EFECTOS REALES DE CAMBIOS EN EL PRECIO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Lucas Bertinatto  
Javier García-Cicco  
Santiago Justel  
Diego Saravia

N.º 759 Junio 2015

BANCO CENTRAL DE CHILE



# DOCUMENTOS DE TRABAJO

## EFFECTOS REALES DE CAMBIOS EN EL PRECIO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Lucas Bertinatto  
Javier García-Cicco  
Santiago Justel  
Diego Saravia

N.º 759 Junio 2015

BANCO CENTRAL DE CHILE





**BANCO CENTRAL DE CHILE**

**CENTRAL BANK OF CHILE**

La serie Documentos de Trabajo es una publicación del Banco Central de Chile que divulga los trabajos de investigación económica realizados por profesionales de esta institución o encargados por ella a terceros. El objetivo de la serie es aportar al debate temas relevantes y presentar nuevos enfoques en el análisis de los mismos. La difusión de los Documentos de Trabajo sólo intenta facilitar el intercambio de ideas y dar a conocer investigaciones, con carácter preliminar, para su discusión y comentarios.

La publicación de los Documentos de Trabajo no está sujeta a la aprobación previa de los miembros del Consejo del Banco Central de Chile. Tanto el contenido de los Documentos de Trabajo como también los análisis y conclusiones que de ellos se deriven, son de exclusiva responsabilidad de su o sus autores y no reflejan necesariamente la opinión del Banco Central de Chile o de sus Consejeros.

The Working Papers series of the Central Bank of Chile disseminates economic research conducted by Central Bank staff or third parties under the sponsorship of the Bank. The purpose of the series is to contribute to the discussion of relevant issues and develop new analytical or empirical approaches in their analyses. The only aim of the Working Papers is to disseminate preliminary research for its discussion and comments.

Publication of Working Papers is not subject to previous approval by the members of the Board of the Central Bank. The views and conclusions presented in the papers are exclusively those of the author(s) and do not necessarily reflect the position of the Central Bank of Chile or of the Board members.

Documentos de Trabajo del Banco Central de Chile  
Working Papers of the Central Bank of Chile  
Agustinas 1180, Santiago, Chile  
Teléfono: (56-2) 3882475; Fax: (56-2) 3882231

## EFFECTOS REALES DE CAMBIOS EN EL PRECIO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA \*

Lucas Bertinatto  
Banco Central de Chile

Javier García-Cicco  
Banco Central de Chile

Santiago Justel  
UCLA

Diego Saravia  
Banco Central de Chile

### Abstract

This paper examines the real effects that a rise in the electricity rate would have on the Chilean economy. In general, the results and conclusions of the literature attest to the difficulties that arise when trying to predict the macroeconomic effects of such a shock. The results obtained with stochastic general equilibrium models are sensitive to the value of the elasticity of substitution between energy and the production factors. According to the models, for the commonly used substitution elasticities for Chile, a permanent shock of + 10% in the price of electricity would cause a drop in steady-state GDP between -0.3% and -0.4%, and of about -1% in consumption and investment. If, however, electric power could be more easily replaceable by labor and capital, the fall in steady-state GDP predicted by the model would be significantly lower (-0.1%). The regressions run using firm-level data suggest that a 10% increase in the electricity rate resulted in a -1.9% drop in investment and -0.1% in employment in manufacturing firms.

### Resumen

Este trabajo estudia los efectos reales que tendría un aumento en el precio de la electricidad en la economía chilena. La amplitud de resultados y conclusiones de la literatura dejan en evidencia las dificultades que se presentan al intentar predecir los efectos macroeconómicos que tendría este tipo de shock. Los resultados obtenidos con modelos de equilibrio general estocástico son sensibles al valor de la elasticidad de sustitución entre energía y los factores productivos. De acuerdo a los modelos, para elasticidades de sustitución utilizadas habitualmente para Chile, un shock permanente de +10% en el precio de la energía eléctrica, generaría caídas en el PIB de estado estacionario entre -0.3% y -0.4%, y de -1% aproximadamente en el consumo y la inversión. Si, en cambio, la energía eléctrica fuese más fácilmente sustituible por el trabajo y o el capital, la caída del PIB en estado estacionario que predice el modelo sería significativamente menor (-0.1%). Las regresiones realizadas con datos a nivel firmas sugieren que un aumento del 10% en el precio de la energía eléctrica generó una caída de -1.9% en la inversión y de -0.1% en el empleo de las firmas del sector industrial.

---

\* Las opiniones y resultados contenidos en el presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores y no comprometen la visión del Banco Central de Chile o sus autoridades. Emails: [lbertainat@bcentral.cl](mailto:lbertainat@bcentral.cl), [jgarcia-cicco@bcentral.cl](mailto:jgarcia-cicco@bcentral.cl), [sjustel@gmail.com](mailto:sjustel@gmail.com), [dsaravia@bcentral.cl](mailto:dsaravia@bcentral.cl).

## **I. Introducción**

A mediados de la última década, Chile exhibió un fuerte aumento en los costos de generación de la energía eléctrica que se tradujo en alzas de las tarifas residenciales e industriales. La evolución que tendrán estas tarifas en el mediano y largo plazo depende de la posible transformación de la matriz energética y del crecimiento de la demanda eléctrica.

Entre los distintos escenarios, existe la posibilidad Chile deba enfrentar nuevos aumentos en los costos de provisión y, por consiguiente, incrementos adicionales en el precio de la energía eléctrica. Estos aumentos probablemente afecten las decisiones de firmas y hogares influyendo así en el nivel de actividad, la inflación, y otras variables de interés.

Considerando la importancia de la energía eléctrica tanto desde el punto de vista de los consumidores como de los productores, resulta trascendente estudiar los efectos reales que tendrían nuevas variaciones en el precio de la electricidad en la economía chilena.

La amplitud de resultados y conclusiones que se encuentran en la literatura dejan en evidencia las dificultades que se presentan al intentar predecir los efectos macroeconómicos que tendría este tipo de shock. La literatura en el área cuenta con contribuciones tanto empíricas como teóricas.

Los papers empíricos buscan, a través de distintas herramientas econométricas, detectar si existe correlación y causalidad entre el precio de la energía (principalmente petróleo) y el nivel de actividad, el nivel de empleo, la Productividad Total de los Factores (PTF), la inflación o alguna otra variable macroeconómica.

De la revisión de los papers empíricos se desprende las siguientes conclusiones: i) en el siglo pasado, incrementos en el precio del petróleo han tendido a generar o agravar recesiones económicas en países que son importadores netos del bien; ii) el efecto de incrementos del precio del petróleo sobre el nivel de actividad se ha atenuado en los últimos años; iii) el efecto sobre el nivel de actividad ha sido diferente según la causa que originó el aumento del precio del petróleo; iv) el consenso general es que la evidencia no ha respaldado una correlación negativa entre incrementos permanentes del precio de la energía y el crecimiento de la PTF en el largo plazo.

A partir de algún modelo de equilibrio general estocástico dinámico, los paper teóricos pretenden modelar y evaluar mecanismos a través de los cuales un shock al precio del petróleo afectaría el Producto Interno Bruto (PIB) y/o alguna otra variable macroeconómica.

El costo del petróleo es una fracción pequeña del costo total de producción. Lo mismo sucede con el consumo de petróleo en relación al consumo total de bienes. Esto impide que los modelos de equilibrio general estocástico estándares sean capaces de replicar la magnitud de las caídas en el nivel de actividad que se han observado con posterioridad a los episodios de aumentos del precio del petróleo. En este sentido, el desafío de los economistas ha sido incorporar al modelo neo-

keynesiano estándar distintos supuestos que ayuden a replicar mejor los efectos de corto plazo observados en la economía.

Ni los modelos de crecimiento exógeno ni los modelos de crecimiento endógeno más conocidos incluyen a la energía como un insumo intermedio. Esto los hace incapaces de explicar cuáles serían los efectos de un aumento permanente del precio de la energía en la tasa de crecimiento de largo plazo, básicamente porque no fueron construidos para ello.

Algunas modificaciones a los modelos de crecimiento endógeno han permitido evaluar estos efectos. Estos predicen que la tasa de crecimiento económico de largo plazo depende negativamente de la tasa de crecimiento del precio real de la energía. De todas maneras, el consenso general es que la evidencia no ha respaldado una correlación negativa entre incrementos permanentes del precio de la energía y el crecimiento de la PTF en el largo plazo.

Además de la revisión de la literatura, este trabajo presenta tres ejercicios complementarios que pretenden anticipar y medir los efectos reales que tendrían un shock al precio de la energía eléctrica en una economía como la chilena, importadora neta de energía. El trabajo pretende no solo cuantificar los efectos esperados, sino también comprender los mecanismos de transmisión de los modelos.

Empleando un modelo simple de ciclos reales, utilizado por Kim y Loungani (1992), se analizan los efectos que un aumento permanente en el precio de la energía tendría en el estado estacionario de la economía. La simplicidad del modelo de Kim y Loungani facilita el entendimiento de algunos de los mecanismos de transmisión que podrían operar con un shock al precio de la energía eléctrica. Se pone especial énfasis a la sensibilidad de los resultados al grado de complementariedad entre la energía y el capital en la función de producción.

Es justamente la simplicidad de este modelo la que relativiza la confiabilidad de los resultados obtenidos para cuantificar los efectos reales que tendría un aumento del precio de la energía eléctrica en la economía chilena.

El segundo ejercicio, similar al primero, utiliza en cambio un modelo estocástico de equilibrio general dinámico más complejo. El mismo es descrito en el trabajo de Medina y Soto (2007), y se lo conoce como modelo MAS.<sup>1</sup> El modelo MAS incorpora la energía en la función de producción y como bien de consumo de los hogares, y es utilizado por el Banco Central de Chile para anticipar el comportamiento de su economía en los próximos trimestres.

Al igual que con el modelo de Kim y Loungani, el análisis de los efectos reales que tendría un shock al precio de la energía eléctrica se realiza para distintas elasticidades de sustitución entre la energía y el resto de los factores productivos en la producción, y para distintas elasticidades de sustitución entre la energía y el resto de los bienes en el consumo. El modelo se utiliza para analizar no solo el cambio en el estado estacionario, sino también la transición al mismo.

---

<sup>1</sup> Véase Medina y Soto (2007).

El tercer ejercicio es un análisis basado en datos de plantas industriales chilenas. Utilizando datos provenientes de la Encuesta Nacional Industrial Anual (ENIA), a través de estimaciones de panel se estima los efectos que cambios en el precio de la energía eléctrica han tenido sobre la inversión y el empleo a nivel de plantas.

Los resultados de los ejercicios realizados dejan en evidencia la sensibilidad de los resultados al valor de la elasticidad de sustitución entre energía y el resto de los factores productivos. Para elasticidades de sustitución utilizadas habitualmente para Chile, un shock permanente de +10% en el precio de la energía eléctrica, generaría caídas en el PIB de estado estacionario entre -0.3% y -0.4%. Si, en cambio, la energía eléctrica fuese fácilmente sustituible por el resto de los factores productivos (trabajo o capital), la caída del PIB en estado estacionario sería significativamente menor (-0.1%).

Respecto al consumo de estado estacionario, si se supone un alto nivel de complementariedad entre energía y el resto de los factores productivos, el modelo MAS anticipa una caída de -1.2%. En el caso de la inversión, la caída es de -1% aproximadamente. En el caso en el que la energía eléctrica fuese más fácilmente sustituible por el trabajo y el capital, las caídas que predice el modelo son sensiblemente menores (-0.5% y -0.3% en el consumo y la inversión respectivamente).

Los resultados de las regresiones realizadas con los datos a nivel firmas sugieren que un aumento del 10% en el precio de la energía eléctrica generaría una caída de -1.9% en el nivel de inversión y -0.1% en el nivel de empleo de las firmas del sector industrial.

El trabajo está estructurado como sigue. En primer lugar, se presenta un resumen de la literatura. En segundo lugar, se repasa el modelo de Kim y Loungani (1992) y se estudian los efectos que anticipa este modelo sobre el estado estacionario ante un shock al precio de la energía. En tercer lugar, se realiza el mismo ejercicio pero en el contexto del modelo de Medina y Soto (2007). En cuarto lugar, se presenta el ejercicio econométrico realizado con datos de plantas industriales chilenas. Por último, se concluye.

## **II. Revisión de la Literatura**

Esta sección resume los resultados y conclusiones de los principales trabajos de la literatura. Más allá que el interés está puesto en ser capaces de predecir los efectos que tendrían cambios en el precio de la energía eléctrica, se repasan trabajos que tratan sobre shocks al precio del petróleo porque es el componente energético en el que se concentró la literatura. Las conclusiones derivadas de un shock petrolero son de utilidad para entender los efectos que se esperarían ante un shock al precio de la electricidad.

### a. Efectos en el Corto Plazo

Las principales conclusiones que surgen de la revisión de los papers empíricos que estudian los efectos en el corto plazo son:

- En el siglo pasado, incrementos en el precio del petróleo han tendido a generar o agravar recesiones económicas en países que son importadores netos del bien.<sup>2 3</sup>
- Los economistas no se han puesto de acuerdo en determinar cuál ha sido la influencia de la respuesta de política monetaria en las caídas del nivel de actividad que se produjeron con posterioridad a los incrementos en el precio del petróleo.<sup>4</sup>
- Los efectos de shocks al precio del petróleo han sido asimétricos. Si bien subas en general han sido acompañadas de caídas en el nivel de actividad, no se han observado expansiones cuando el precio cayó.<sup>5</sup>
- Los efectos de incrementos del precio del petróleo sobre el nivel de actividad se han atenuado en los últimos años.<sup>6</sup>
- Los efectos sobre el nivel de actividad han sido diferentes según la causa que originó el aumento del precio del petróleo (crecimiento de la actividad mundial, aumento de la demanda específica de petróleo o caída de la oferta de petróleo).<sup>7</sup>
- En el siglo pasado, los incrementos en el precio del petróleo generaron aumentos en la movilidad intersectorial de trabajadores en EEUU.<sup>8</sup>

El costo del petróleo es una fracción pequeña del costo total de producción. Lo mismo sucede con el consumo de petróleo en relación al consumo total de bienes. Esto impide que los modelos estándares de equilibrio general sean capaces de replicar la magnitud de las caídas en el nivel de actividad que se han observado en la mayoría de los episodios de aumentos del precio del petróleo.

Es por esto que los economistas han incorporado al modelo neo-keynesiano estándar distintos supuestos que ayudan a replicar mejor los efectos de corto plazo observados en la economía. Algunos de estos supuestos son:

- Competencia imperfecta en el mercado de bienes: refuerza la caída de la demanda de factores productivos que se produce como consecuencia del aumento en el precio de la energía.<sup>9</sup>

---

<sup>2</sup> Véase Hamilton (1983) y Burbidge y Harrison (1984).

<sup>3</sup> Ver Apéndice para un mayor detalle de los efectos cuantitativos estimados en los papers empíricos.

<sup>4</sup> Mientras que algunos trabajos, como Hamilton y Herrera (2004), consideran que la respuesta de política monetaria no tuvo un rol fundamental en explicar las caídas del nivel de actividad, otros como Bernanke, Gertler, y Watson (1997) o Segal (2008), consideran a la respuesta de política monetaria como la principal responsable de las caídas del nivel de actividad que se produjeron con posterioridad a los incrementos del precio del petróleo.

<sup>5</sup> Véase Mork (1989), Hamilton (2000), y Mork, Elsen y Mysen (1994).

<sup>6</sup> Véase Burbidge y Harrison (1984), Blanchard y Galí (2010), y De Gregorio Et. Al. (2007).

<sup>7</sup> Véase Peersman y Van Robays (2011), y Pedersen y Recaurte (2013).

<sup>8</sup> Véase Davis y Haltiwanger (2001).

- Complementariedad entre capital y energía: refuerza la caída de la demanda de capital que se produce como consecuencia del aumento en el precio de la energía.<sup>10</sup>
- Ajuste endógeno de la política monetaria: la tasa de interés real aumenta como consecuencia de las presiones inflacionarias provocadas por el aumento en el precio de la energía.<sup>11</sup>
- Falta de credibilidad en la autoridad monetaria: aumenta el trade-off entre estabilidad de precios y nivel de actividad.<sup>12</sup>
- Rigideces en los salarios reales: refuerza el incremento en el desempleo que se produce como consecuencia del aumento en el precio de la energía.<sup>13</sup>
- Efecto riqueza negativo: transferencia de riqueza de importadores a exportadores neto de petróleo como consecuencia del aumento en el precio del petróleo.<sup>14</sup>
- Costos de movilidad intersectorial del trabajo: refuerza el incremento en el desempleo que se produce como consecuencia del aumento en el precio de la energía.<sup>15</sup>
- Aumentos de la incertidumbre: refuerza la caída de la inversión y del capital que se produce como consecuencia del aumento en el precio de la energía.<sup>16</sup>

No existe consenso entre los economistas en determinar cuál o cuáles han sido los principales mecanismos que explican mejor los hechos estilizados previamente mencionados.

### **b. Efectos en el Largo Plazo**

Teniendo en cuenta que el consenso general es que la tendencia de la PTF es la principal responsable del crecimiento económico per cápita en el largo plazo, los papers empíricos que estudian los impactos sobre la tasa de crecimiento de largo plazo se han focalizado en evaluar los efectos sobre la tasa de crecimiento de la PTF.<sup>17 18</sup> El estudio de la evidencia histórica se ha

---

<sup>9</sup> Véase Rotemberg y Woodford (1996).

<sup>10</sup> Véase Finn (2000).

<sup>11</sup> Véase Blanchard y Galí (2010), Soto y Medina (2005) y Kormilitsina (2011).

<sup>12</sup> Véase Blanchard y Galí (2010).

<sup>13</sup> Véase Blanchard y Galí (2010) y Soto y Medina (2005)

<sup>14</sup> Véase Soto y Medina (2005).

<sup>15</sup> Véase Hamilton (1988).

<sup>16</sup> Véase Bernanke (1983).

<sup>17</sup> Dado que la PTF es una variable inobservable que suele obtenerse de forma residual, los estudios que intentan calcular si existe o no correlación pueden estar viciados de problemas de medición. Ver Hall (1989) para un mayor detalle.

<sup>18</sup> Si la función de producción incluye como variables explicativas únicamente al capital físico, al trabajo y a la PTF, y esta última se calcula en forma residual, la misma incluirá resumirá el comportamiento de todo aquello que mueve la

limitado, casi exclusivamente, a la discusión sobre las causas de la desaceleración del crecimiento de la PTF que se observó en la década de 1970.<sup>19</sup>

Fisher (1988) resumió algunos de los trabajos de la literatura que intentaron explicar la caída en el crecimiento de la actividad que se produjo a nivel mundial a partir de principios de 1970. La literatura asignó como principal culpable de dicha caída a la disminución en la tasa de crecimiento de la productividad que, al ser generalizada, no puede ser atribuible a circunstancias especiales de cada país. Por cuestiones de *timing*, los factores más renombrados en la literatura para explicar la caída en el crecimiento de la productividad durante la década del 70 han sido los shocks al precio del petróleo. Sin embargo, Fisher concluye que la impresión general era que los economistas aún eran incapaces de precisar la contribución relativa de cada una de las posibles causas a la desaceleración de la productividad.

Olson (1988) exploró extensivamente la relación entre incrementos en el precio del petróleo y cambios en la PTF. Concluyó que la evidencia no respaldaba un rol fundamental del precio del petróleo en explicar la desaceleración de la PTF que se produjo durante la década del 70, sobre todo porque el costo de la energía era demasiado pequeño para explicar el comportamiento de la productividad. Según Barsky y Kilian (2004), esta teoría es aún hoy ampliamente aceptada.

El consenso general es que la evidencia no ha respaldado una correlación negativa entre incrementos permanentes del precio de la energía y el crecimiento de la PTF en el largo plazo.

El modelo de Solow (o modelo neoclásico) es el modelo estándar de crecimiento que sirve de base a los modelos de crecimiento exógeno. Según este modelo, ninguna economía puede crecer en el largo plazo acumulando capital debido a la existencia de rendimientos marginales decrecientes del capital. El progreso tecnológico es la única causa por la cual una economía puede crecer en términos per cápita en el largo plazo. Incluso si la energía entrase en estos modelos como insumo de producción—no es el caso—cambios en el precio de la energía no afectarían la tasa de crecimiento de largo plazo ya que los shocks tecnológicos son exógenos, es decir, los modelos no explican ni el origen ni los factores que influyen en el crecimiento de la PTF en el largo plazo.

Para lograr que el modelo genere endógenamente tasas de crecimiento positivas en el largo plazo, los modelos de crecimiento endógeno modificaron la forma funcional de la función de producción (permitiendo nuevas tecnologías), y/o permitieron que el progreso tecnológico sea el resultado de la decisión de firmas y/u hogares (introduciendo nuevos factores reproducibles, como por ejemplo el capital humano). De esta manera, se eliminaron los rendimientos marginales decrecientes (no necesariamente para el capital físico) y se logró una tasa de crecimiento positiva en el largo plazo sin la necesidad de acudir a factores exógenos.

Existen distintas especificaciones de la tecnología para las cuales se da crecimiento endógeno. El ejemplo más sencillo es el modelo AK, en el que el producto se supone lineal en el capital. Los

---

producción y que no es explicado ni por trabajo ni por capital físico (capital humano, uso de la energía, avances tecnológicos, etc.).

<sup>19</sup> Esta desaceleración fue un fenómeno que se prolongó durante la década y fue interpretado como un cambio de tendencia, por lo que se la considera una caída en la tasa de crecimiento de largo plazo.

modelos de Romer (1990), Rebelo (1991), Grossman y Helpman (1991), y Aghion y Howitt (1992), en cambio, permitieron que el progreso tecnológico sea el resultado de la decisión de los agentes. En este tipo de modelos, en el largo plazo la economía crece a una tasa constante que depende del avance tecnológico, que es función de la inversión en investigación y desarrollo, inversión en capital humano, etc.

Estos modelos no incluyen a la energía como un insumo intermedio y, al igual que los modelos de crecimiento exógeno, son incapaces de explicar cuáles serían los efectos de un aumento permanente del precio de la energía en la tasa de crecimiento económico de largo plazo.

Algunas modificaciones a los modelos anteriores han permitido evaluar el impacto de cambios en el precio de la energía sobre el crecimiento de largo plazo. Van Zon y Yetkiner (2003) extienden el modelo de Romer (1990) considerando a la energía como un insumo necesario para la utilización del capital en la producción. Su modelo se basa en una economía cerrada en la que la oferta de energía es infinita y su precio real crece a una tasa constante exógena. En este contexto, el modelo predice que en el largo plazo la tasa de crecimiento de la economía depende negativamente de la tasa de crecimiento en el precio real de la energía. La razón es que incrementos en el precio real de la energía disminuyen el beneficio de utilizar el capital, cayendo así los incentivos a invertir en investigación y desarrollo.

Berk y Yetkiner (2013) desarrollan un modelo de crecimiento endógeno con dos sectores basados en el modelo de Rebelo (1991), incluyendo a la energía como input en la producción del bien de consumo. Al igual que el modelo de Yetkiner y von Zon, este modelo se basa en una economía cerrada en la que la oferta de energía es infinita y se supone el precio real de la energía crece a una tasa constante exógena. El modelo permite demostrar que la tasa de crecimiento del precio del petróleo tiene un impacto negativo en la tasa de crecimiento del uso energético y del PIB real, conclusiones que son consistentes con lo obtenido por Yetkiner y von Zon (2003).

Ambos papers obtienen una relación negativa entre la tasa de crecimiento del precio del petróleo y del nivel de actividad en el largo plazo.

### **III. Análisis de un shock permanente en el precio de la energía según el modelo de Kim y Loungani (1992)**

Kim y Loungani (1992) modifican el modelo de ciclos reales de Hansen (1985), incluyendo a la energía en la función de producción y modelando el precio relativo de la energía como un proceso exógeno estocástico. Con este modelo, buscaron determinar cómo influye la inclusión de shocks al precio de la energía en la estimación de la dependencia de los ciclos reales respecto a shocks tecnológicos no observados. Además, buscaron comparar como se modifica la estimación de la correlación entre salarios reales y horas trabajadas al incluir la energía en la función de producción.

El modelo supone que la energía entra como insumo en la función de producción pero no como bien de consumo en la función de utilidad. La función de utilidad depende del consumo y del ocio, y es logarítmica. La economía es cerrada y se supone no existe gobierno, por lo que la producción se

destina a consumo, inversión en bienes de capital y consumo de energía. Las ecuaciones que describen esta economía son:

$$y = \tau h^\theta [(1 - a)k^{-\nu} + ae^{-\nu}]^{-\frac{1-\theta}{\nu}}$$

$$U(c, h) = \log(c) + A \log(1 - h)$$

$$y \geq c + i + pe$$

Donde  $y$  es el valor bruto de producción,  $c$  es el consumo,  $i$  es la inversión,  $\tau$  es la productividad total de los factores,  $h$  es el número de horas trabajadas,  $k$  es el capital,  $e$  es el consumo de energía, y  $p$  es el precio relativo de la energía. Se define a  $s = \frac{1}{1+\nu}$  como la elasticidad de sustitución entre energía y capital.

Los parámetros son calibrados tal que el ratio entre masa salarial y valor bruto de producción es 50% (es decir,  $\theta$  es igual a 0.5). La tasa de depreciación ( $\delta$ ) es 10%, el parámetro que define la utilidad por el ocio ( $A$ ) es igual a 2 (implica que en estado estacionario se trabaja aproximadamente el 30% del tiempo disponible), la tasa de interés real en estado estacionario ( $r$ ) es 0.03, el precio relativo del petróleo ( $p$ ) se normaliza a 1, y el parámetro “a” es tal que  $\frac{pe}{y}$  es igual a 3% en estado estacionario.

Se analizan los efectos sobre estado estacionario de un cambio de 10% en el precio relativo de la energía, suponiendo distintas elasticidades de sustitución entre energía y capital. En la próxima sección se discute la justificación de los valores de las elasticidades de sustitución entre energía y capital con los que se trabaja.

**Tabla 1. Cambios porcentuales en los niveles de estado estacionario**

	$s = 0.35$	$s = 0.45$	$s = 0.6$	$s = 1$
	(1)	(2)	(3)	(4)
PIB <sup>20</sup>	-0.43	-0.41	-0.38	-0.29
Consumo	-0.61	-0.61	-0.60	-0.58
Inversión	-0.93	-0.87	-0.79	-0.58
Empleo (horas)	0.05	0.04	0.03	0.00
Salario Real	-0.61	-0.59	-0.59	-0.58

El modelo predice que el nivel de actividad, la inversión y el consumo caen como consecuencia del incremento en el precio de la energía, mientras que el empleo aumenta. Según este modelo, un aumento permanente de 10% en el precio de la energía, generaría caídas en el nivel de actividad que van desde -0.3% a -0.4%, disminuciones en la inversión entre -0.6% y -0.9%, y en el consumo de -0.6%. Por su parte, las variaciones en el empleo irían entre 0% y +0.1%, y el salario real caería -0.6%.

<sup>20</sup> PIB =  $Y - P_0E = Y - E$  (dado el supuesto de  $P_0=1$ ).

Las caídas antes mencionadas son menores mientras mayor sea la elasticidad de sustitución entre la energía y el capital. Para entender las razones de esto, es necesario comprender cómo afecta al productor el aumento en el precio de la energía.<sup>21</sup>

Al aumentar el precio de la energía, aumentan los costos marginales y se contrae la demanda de energía y capital. También se produce un efecto sustitución que genera incentivos a sustituir energía por capital en la producción. Mientras mayor sea la capacidad de sustitución entre energía y capital, mayor es la capacidad de las firmas de reemplazar capital por la energía - que se encarece - y menor es la caída en la demanda de capital consecuencia del aumento en los costos marginales por el aumento en el precio de la energía.

En el extremo, si se supusiera que la energía y el capital son sustitutos perfectos en la producción, el modelo predice que la inversión aumentaría en estado estacionario como consecuencia de un shock relativo al precio de la energía.

#### IV. Análisis de un shock permanente en el precio de la energía según el modelo MAS

Al igual que la sección anterior, este ejercicio consiste en computar los cambios implicados para la economía ante un aumento permanente en el precio de la energía, describiendo tanto sus efectos en el largo plazo como las dinámicas en la transición.

El modelo MAS incluye un bien importado que es el petróleo, y que usaremos aquí como representativo de la energía.<sup>22</sup> Este bien afecta a la economía por dos canales. Por un lado, entra en la función de producción como un insumo adicional al trabajo y al capital. Por otro lado, es un bien consumido por los hogares y por lo tanto forma parte de la canasta de consumo.

La función de producción de bienes locales es:

$$Y_H = A_H \left[ (\alpha_H)^{\frac{1}{\omega_H}} V_H^{1-\frac{1}{\omega_H}} + (1 - \alpha_H)^{\frac{1}{\omega_H}} E^{1-\frac{1}{\omega_H}} \right]^{\frac{\omega_H}{\omega_H-1}}$$

Donde  $Y_H$  es la producción bruta,  $E$  es energía y  $(1 - \alpha_H)$  es su participación en la producción,  $A_H$  es un shock de productividad transitorio,  $V_H$  es el valor agregado por capital y trabajo, y  $\omega_H$  mide el grado de sustitución entre energía y valor agregado.

A su vez, la canasta de consumo es:

<sup>21</sup> El consumidor, por su parte, sufre un efecto riqueza negativo que lo incentiva a consumir menos bienes y menos ocio (trabaja más).

<sup>22</sup> De acuerdo a la Comisión Nacional de Energía, durante el año 2014 aproximadamente el 60% de la generación eléctrica (SIC-SING) provino del carbón, gas natural, GNL, fuel oil, petróleo y petróleo diésel. De acuerdo a la matriz insumo producto del año 2011, estos combustibles son directamente importados o se refinan en Chile utilizando otros combustibles importados.

$$C = \left[ (1 - \alpha_E)^{\frac{1}{\omega_C}} C_Z^{1 - \frac{1}{\omega_C}} + (\alpha_E)^{\frac{1}{\omega_C}} C_E^{1 - \frac{1}{\omega_C}} \right]^{\frac{\omega_C}{\omega_C - 1}}$$

Donde  $C$  es el consumo,  $C_E$  el consumo de energía,  $C_Z$  es el consumo del resto de bienes,  $\omega_C$  es el grado de sustitución entre ambos tipos de bienes y  $\alpha_E$  es la participación de la energía en el IPC.

El precio internacional de la energía, relativo al índice de precios externos (IPE), es una variable exógena en el modelo que tiene un valor exógeno de largo plazo. El ejercicio realizado consiste en partir de un equilibrio de largo plazo caracterizado por la calibración original del modelo, y suponer un aumento permanente del 10% en el precio de la energía. Dado este cambio, analizamos los cambios en el equilibrio de largo plazo del modelo y computamos el nuevo equilibrio y el sendero de convergencia hacia este nuevo equilibrio.

### a. Calibración

En la calibración del trabajo original que desarrolla el modelo MAS (Medina y Soto, 2007),  $\alpha_H$  y  $\alpha_E$  están calibrados de forma de igualar la participación del petróleo en la producción bruta e igualar la participación de los combustibles en la última canasta del IPC respectivamente. Es decir,  $(1 - \alpha_H)$  y  $\alpha_E$  son 1% y 3% respectivamente.

En los ejercicios presentados se utiliza una calibración alternativa, donde  $(1 - \alpha_H)$  y  $\alpha_E$  pasarán a ser 2.1% y 2.7% respectivamente.  $(1 - \alpha_H)$  se calibra tal que el ratio de consumo de electricidad como bien intermedio en la producción y el valor bruto de producción (de la Matriz Insumo - Producto, sin RRNN) sea 3%.  $\alpha_E$  se obtiene directamente de la participación de la electricidad en la canasta del IPC.

Otros parámetros importantes que influyen significativamente en los resultados son la elasticidad de sustitución entre energía y los otros factores productivos por el lado de la producción y la elasticidad de sustitución entre energía y el resto de bienes de consumo por el lado de los hogares. En el modelo MAS, estos parámetros son estimados mediante técnicas Bayesianas. Sin embargo, esto no es posible en este caso al tratarse de un ejercicio de largo plazo. Al igual que en el modelo de Kim y Loungani (1992), analizamos el efecto de un incremento en el precio de la energía para distintos valores de estas elasticidades.

Se realizan cinco ejercicios distintos. En el primero de ellos (denominado base), los valores de las elasticidades de sustitución en la producción y el consumo coinciden con la parametrización original del MAS, 0.35 y 0.3 respectivamente. En el segundo y tercer ejercicio, la elasticidad de sustitución en la producción aumenta a 0.45 y 0.6 respectivamente. Estos valores se acercan a los que son usados y estimados en la literatura.<sup>23</sup> El cuarto ejercicio consiste en utilizar una elasticidad

<sup>23</sup> Dos ejemplos donde utilizan valores similares son Gerlagh y Van der Zwaan (2003) y Paltsev et al. (2005). Ejemplos de trabajos donde estiman el valor de la elasticidad de sustitución son Werf (2007). Shen y Walley (2013), Dissou, Karnizova

de sustitución en la producción igual a uno y el quinto consiste en suponer que tanto ésta como la elasticidad de sustitución en el consumo son igual a uno. Estos últimos ejercicios corresponden a casos extremos que han sido tratados en la literatura. El objetivo de estos últimos ejercicios es darle mayor flexibilidad a la economía para ajustarse a los cambios derivados de un aumento permanente en el precio de la electricidad, situación que podría ser más consistente con el largo plazo.

## **b. Resultados**

Antes de mostrar los resultados cuantitativos, se analizan cualitativamente y brevemente los principales efectos esperados ante un aumento permanente del precio de la energía. Una suba en el precio de la energía afecta a la economía por dos canales, el canal del consumo y la producción.

Por un lado, un aumento en el precio de la energía genera un efecto riqueza negativo (caída del poder adquisitivo real) que provoca una contracción en la demanda por todos los bienes consumidos. Esta contracción tiene efectos recesivos y generaría una depreciación del tipo de cambio real. También se produce un efecto sustitución que genera incentivos a incrementar el consumo del resto de los bienes de consumo y disminuir el consumo de energía. La magnitud de dicho efecto dependerá del grado de complementariedad entre energía y el resto de los bienes en el consumo de los hogares.

Por otro lado, al aumentar el precio de la energía, aumentan los costos marginales y se contrae la demanda de la energía y todos los factores productivos, contrayéndose la oferta agregada local y aumentando los precios, induciendo así una apreciación del tipo de cambio real.<sup>24</sup> El incremento en el precio de los bienes producidos domésticamente genera un nuevo efecto riqueza negativo y un nuevo efecto sustitución en el consumo de los hogares. Por último, se produce un efecto sustitución que genera incentivos a sustituir energía por capital y trabajo en la producción. La magnitud de dicho efecto dependerá del grado de complementariedad entre energía y el resto de los factores productivos en la producción. Mientras mayor sea la capacidad de sustitución entre energía y el resto de los factores productivos, menor será la caída de la demanda de capital y trabajo (que se produce por el aumento de los costos marginales), y menor será el incremento en el precio de los bienes producidos domésticamente y los efectos sobre el consumo que a partir de él se generan.

Es de esperar que la actividad caiga en estado estacionario (excepto los efectos sustitución sean muy grandes), mientras que el efecto en el tipo de cambio real (TCR) dependerá de cuál de los efectos domine (la caída de la demanda o de la producción). Además de los efectos antes mencionados, el aumento en el precio de la energía tiene un efecto directo - aun si los agentes no reaccionaran - en el TCR, ya que el precio de la energía entra en el cálculo del IPC y, por tanto, sus aumentos - *ceteris paribus* - hacen que caiga el TCR.

---

y Sun (2012). Por otra parte, Barker, Ekins y Johnstone (2005) hacen una gran revisión de la literatura respecto a la estimación de la elasticidad de sustitución de la energía en la función de producción y sus diversas complejidades.

<sup>24</sup> En el largo plazo el efecto es solo en el nivel de precios y no en la inflación, ya que en el modelo MAS la misma se encuentra anclada a la meta fijada.

La Tabla 2 muestra el cambio porcentual en los valores de largo plazo del PIB, PIB resto, consumo, inversión, TCR y salarios reales para las cinco calibraciones alternativas. En línea con la intuición presentada anteriormente, la actividad disminuye prácticamente en todas las especificaciones. Cuando mayor es el grado de sustitución de energía tanto en el consumo como en la producción, los efectos reales son menores, dado que es más fácil sustituir el bien/insumo que se encarece en términos relativos por otros bienes.

En cuanto al efecto en el TCR, en el primer y segundo caso se observa una depreciación en el largo plazo, indicando que el efecto por la caída de la demanda estaría dominando. Para el resto de parametrizaciones, el efecto en el largo plazo es el de una apreciación real, que se atribuye a que tanto el efecto directo como la caída de la oferta estarían dominando a la caída de la demanda.

Esta apreciación en el tipo de cambio real impulsa la demanda por bienes importados en estado estacionario. Como en particular los bienes de inversión están compuestos tanto por bienes importados, una apreciación real (al volver a los bienes importados relativamente más baratos) ayudaría a explicar porque el modelo predice que la inversión puede terminar aumentando ante un aumento en el precio de la energía (parametrización 5).

La dinámica de las exportaciones sigue de cerca el efecto del tipo de cambio real. Las importaciones, en cambio, responden principalmente al hecho de que la energía en este contexto es un insumo importado.

El comportamiento del salario real se explica por la caída en la demanda de trabajo y el aumento en la oferta de trabajo. Por un lado, al enfrentar un efecto riqueza negativo (por el aumento en el precio de la energía y de los bienes de consumo domésticos producidos con energía) la oferta de trabajo aumenta (cae el consumo de ocio). Por otro lado, la demanda de trabajo cae por el incremento en los costos marginales que genera incentivos a reducir la producción. Este último efecto es menor a medida que es mayor la elasticidad de sustitución entre energía y los factores productivos en la producción.

Por último, el consumo cae bajo todas las parametrizaciones analizadas y su comportamiento se explica por los efectos mencionados previamente.

**Tabla 2. Cambios porcentuales en los niveles de estado estacionario**

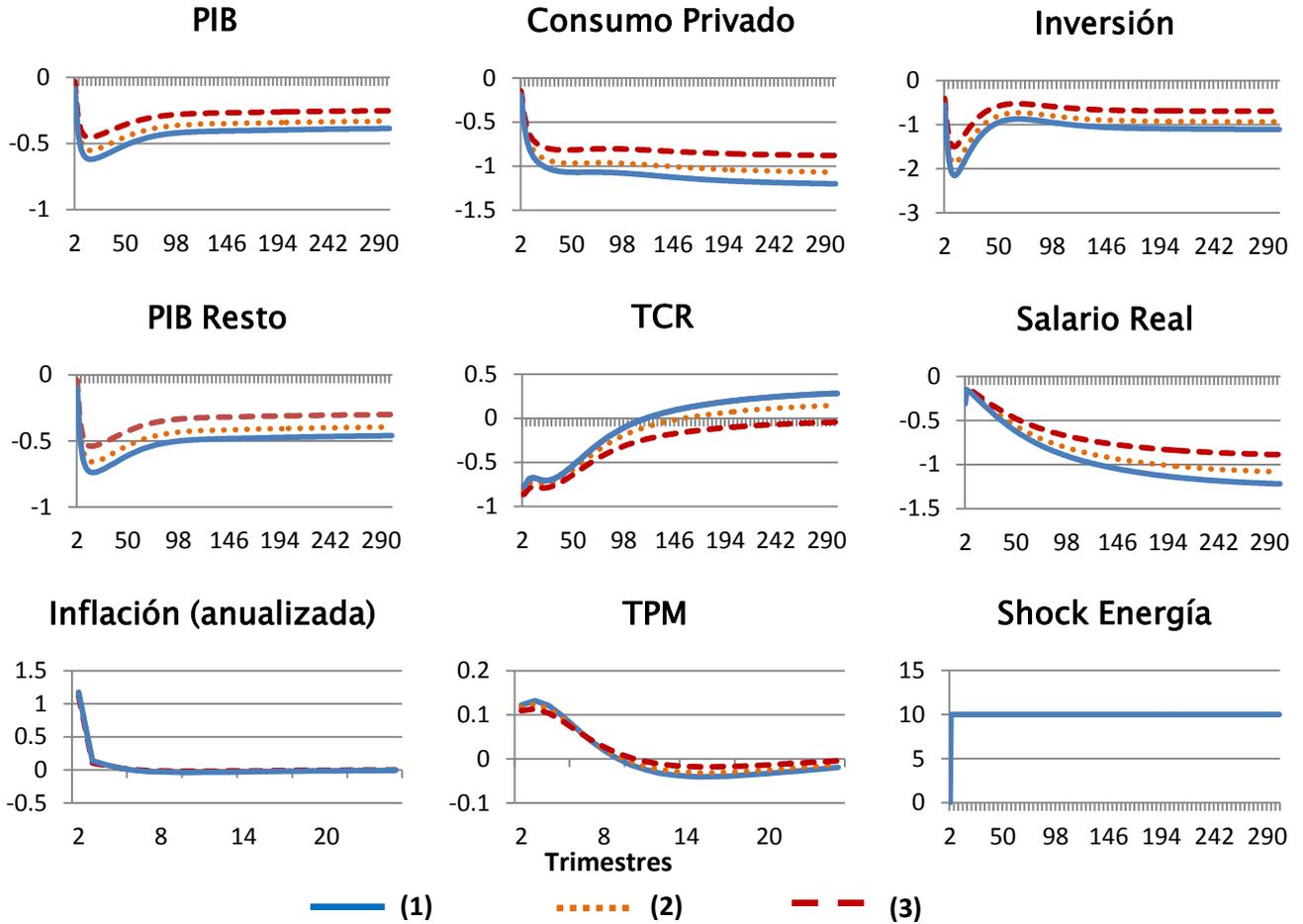
	Base	Elast sust prod=0.45	Elast sust prod=0.6	Elast sust prod=1	Elast sust prod y cons=1
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
PIB	-0.36	-0.31	-0.23	-0.11	0.00
PIB Resto	-0.43	-0.37	-0.28	-0.13	0.00
Cons. Priv.	-1.15	-1.03	-0.84	-0.53	-0.26
Inversión	-1.06	-0.90	-0.66	-0.27	0.07
TCR	0.31	0.18	-0.02	-0.32	-0.71
Salario Real	-1.19	-1.06	-0.86	-0.53	-0.25
<b>Incidencias</b>					
Cons. Total	-0.62	-0.56	-0.48	-0.33	-0.21
Inversión	-0.27	-0.23	-0.17	-0.07	0.02
Expor.	0.04	0.03	0.02	-0.01	-0.04
Impor.	-0.50	-0.46	-0.40	-0.30	-0.23
<b>Total</b>	<b>-0.36</b>	<b>-0.31</b>	<b>-0.23</b>	<b>-0.11</b>	<b>0.00</b>

La Figura 1 muestra las dinámicas de convergencia a los nuevos estados estacionarios. Tanto para el PIB como para la inversión, la respuesta inmediata (en uno a dos años) de la economía es mayor al cambio esperado en el largo plazo. El consumo, en cambio, converge gradualmente hacia su nuevo valor de largo plazo.

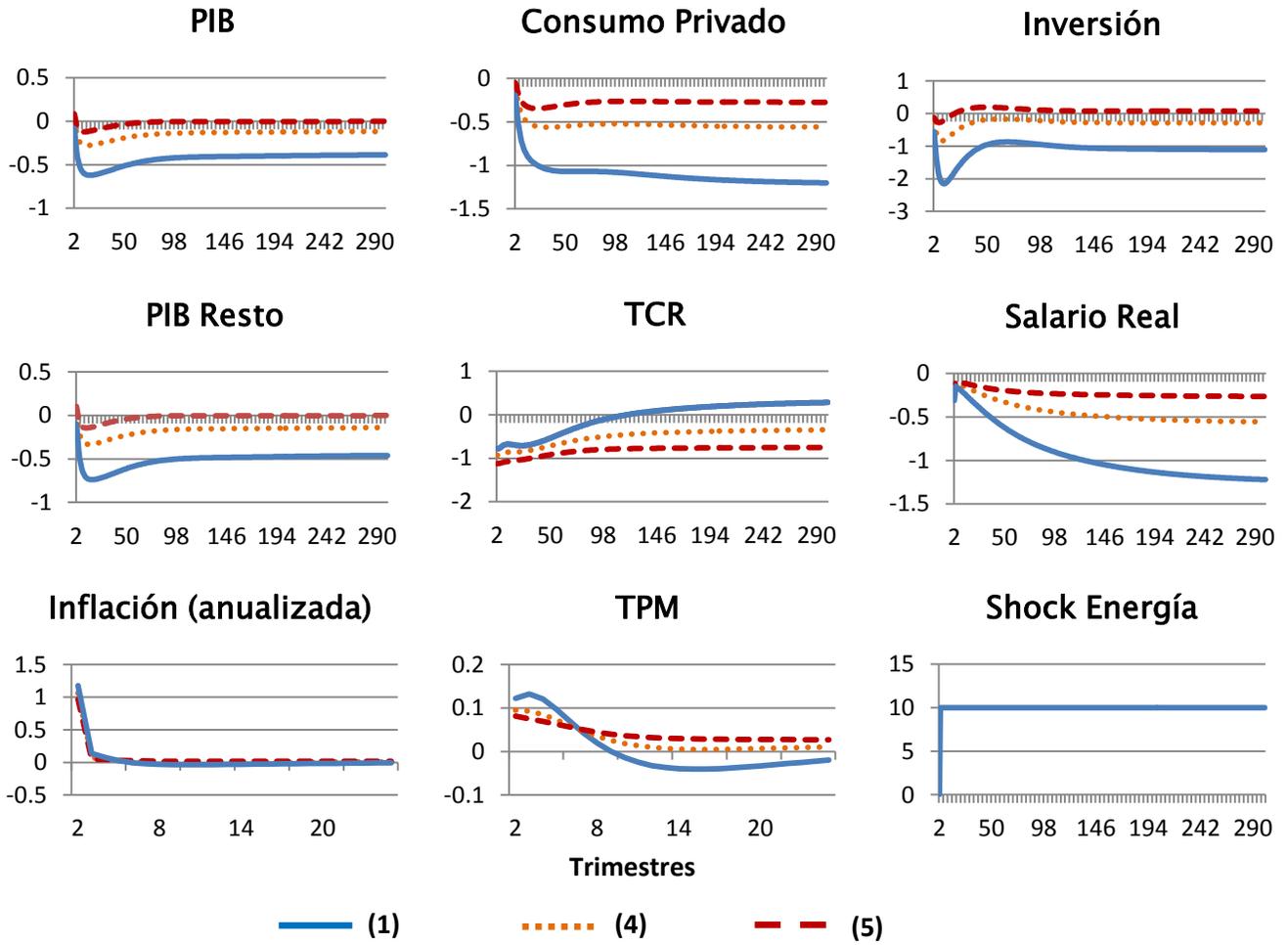
Más allá que en el largo plazo, el movimiento del TCR dependerá de que efecto predomine, en el corto plazo siempre se observa una apreciación por el efecto directo que se genera al aumentar el IPC por el aumento en el precio de la energía.

Finalmente, dado el incremento en la inflación *core* por los aumentos en los costos de producción, en todas las parametrizaciones la TPM se incrementa en el corto plazo según lo que prescribe la regla de política.

**Figura 1. Transición al nuevo estado estacionario  
(Desviaciones porcentuales respecto a Estado Estacionario original)**



**Figura 2. Transición al nuevo estado estacionario  
(Desviaciones porcentuales respecto a Estado Estacionario original)**



## V. Evidencia a Nivel de Plantas

En esta sección se presentan estimaciones de los efectos que cambios en el precio de la energía eléctrica han tenido sobre la inversión y el empleo teniendo en cuenta datos a nivel planta.

Los datos provienen de la Encuesta Nacional Industrial Anual (ENIA) e incluye el período de tiempo que va desde 1979 al 2004. La ENIA incluye información de plantas con 10 o más empleados y contiene información detallada a nivel de planta agrupadas de acuerdo a la clasificación CIIU a 4 dígitos de desagregación. Dicha información incluye ventas, empleados, valor agregado, inversión y otros factores de producción (inputs) utilizados por las plantas.

En las estimaciones no fueron tenidas en cuenta plantas cuya calidad de la información podría estar en duda. Así se excluyeron plantas que no reportaban empleados, no tenían valor agregado, el valor de la producción era menor que el valor agregado reportado, el valor de las ventas era menor que el valor exportado, el valor agregado era negativo, etc. También, para eliminar el efecto de valores extremos en la estimación, se eliminaron los valores extremos de la variable inversión sobre capital. La base de datos terminó incluyendo entre 2.400 y 3.400 plantas.

La variable explicativa de interés es el precio de la electricidad que pagó cada planta (se construye dividiendo el gasto total en electricidad por planta por su consumo de electricidad). En las regresiones se incluyen variables referidas a las plantas que provienen de la ENIA: edad de la firma, depreciación, tasa de impuesto, valor agregado, tamaño de la planta, edad de la planta, y *herfindahl* (mide la concentración industrial de un sector particular). También se incluyen una variable referida al año (para capturar tendencia temporal) y variables indicativas de la situación macroeconómica (output gap y tasa de interés).

A continuación, se presenta la tabla que resume los coeficientes estimados de las regresiones referidas al nivel de inversión (respecto al capital, en logaritmo), al empleo (en logaritmo) y a la cantidad de electricidad utilizada (en logaritmo) que se estiman utilizando la metodología de panel. En la primera columna, la variable dependiente es el ratio de inversión respecto al capital de la firma, en la segunda es el número de empleados de la firma y en la tercera la cantidad de electricidad utilizada.

La variable de interés es el precio de electricidad que pagó cada planta. Como se observa en la Tabla 3, un aumento de 1% en el precio de la electricidad reduciría el nivel de inversión en aproximadamente -0.18%, el nivel de empleo en -0.01% y la cantidad demanda de electricidad en aproximadamente -0.97%.

**Tabla 3. Efectos de cambios en el precio de la electricidad: análisis a nivel plantas**

	(1) Ln(Inversión/Capital)	(2) Ln(Empleo)	(3) Ln(Cantidad de Electricidad)
Ln(Precio Electricidad, Planta)	<b>-0.185**</b> (0.07)	<b>-0.014*</b> (0.01)	<b>-0.968***</b> (0.019)
Valor Agregado	<b>-0.11***</b> (0.03)	<b>0.11***</b> (0.00)	<b>0.31***</b> (0.01)
Tasa de Impuesto	<b>1.69***</b> (0.45)	<b>-0.05**</b> (0.02)	<b>-0.06</b> (0.05)
Depreciación	<b>0.87***</b> (0.12)	<b>-0.00</b> (0.00)	<b>-0.00</b> (0.01)
Costo financiero	<b>-0.09</b> (0.13)	<b>0.00</b> (0.01)	<b>-0.02</b> (0.04)
Año	<b>-0.18***</b> (0.03)	<b>-0.01***</b> (0.00)	<b>-0.03***</b> (0.01)
Output Gap	<b>0.00</b> (0.00)	<b>0.00</b> (0.00)	<b>0.00***</b> (0.00)
Edad de la Firma	<b>-0.03***</b> (0.00)	<b>0.00***</b> (0.00)	<b>0.02***</b> (0.00)
Herfindahl	<b>-0.17**</b> (0.06)	<b>-0.01</b> (0.01)	<b>-0.13**</b> (0.04)
Tamaño según empleados:			
10-19	<b>-0.77*</b> (0.31)	<b>-3.65***</b> (0.04)	<b>-2.25***</b> (0.14)
20-49	<b>-0.58*</b> (0.29)	<b>-3.10***</b> (0.04)	<b>-2.00***</b> (0.14)
50-99	<b>-0.44</b> (0.29)	<b>-2.46***</b> (0.04)	<b>-1.58***</b> (0.14)
100-199	<b>-0.25</b> (0.28)	<b>-1.84***</b> (0.04)	<b>-1.19***</b> (0.14)
200-500	<b>-0.03</b> (0.28)	<b>-1.23***</b> (0.04)	<b>-0.81***</b> (0.14)
Más de 500	<b>0.15</b> (0.29)	<b>-0.54***</b> (0.04)	<b>-0.05</b> (0.13)
Constante	<b>353.15***</b> (60.07)	<b>32.81***</b> (5.94)	<b>71.74***</b> (16.49)
Observations	6,025	9,864	9,864
Number of padrón	2,419	3,403	3,403
Ch2	355.60346	89248.27892	7539.32239

Standard errors in parentheses. \*\*\* p<0.001, \*\* p<0.01, \* p<0.05

## VI. Conclusión

Las proyecciones en el mercado energético indican que la evolución de las tarifas eléctricas residenciales e industriales en el mediano y largo plazo depende principalmente de la posible transformación de la matriz energética y del crecimiento de la demanda eléctrica. Entre los distintos escenarios, existe la posibilidad Chile deba enfrentar cambios en la matriz generadora de electricidad que impliquen aumentos en los costos de provisión y, por consiguiente, subas en el precio de la energía eléctrica.

Es trascendente estudiar los efectos reales que tendrían variaciones en el precio de la electricidad en la economía chilena. La revisión de la literatura arroja una amplitud de resultados y conclusiones que dejan en evidencia las dificultades que se presentan al intentar predecir los efectos macroeconómicos que tendría este tipo de shock.

En el presente trabajo se presentan tres ejercicios alternativos que intentan anticipar y medir los efectos reales que tendrían un shock al precio de la energía eléctrica en la economía chilena. Por un lado, utilizando dos modelos alternativos, se analizan los efectos que un aumento permanente en el precio de la energía eléctrica tendría en el estado estacionario de la economía. Por otro lado, utilizando datos de plantas industriales chilenas, se estudian los efectos que cambios en el precio de la energía eléctrica han tenido en la inversión y el empleo.

A continuación, se presenta una tabla que resume los efectos que tendría un aumento permanente del 10% en el precio de la energía eléctrica según cada uno de estos modelos.

**Tabla 4. Cambios porcentuales respecto al estado estacionario**

	<b>Kim y Loungani (1992)<sup>25</sup></b>	<b>MAS<sup>26</sup></b>	<b>Análisis a nivel firmas</b>
PIB	-0.43	-0.36	--
Consumo	-0.61	-1.15	--
Inversión <sup>27</sup>	-0.93	-1.06	-1.85
Empleo	0.05 <sup>28</sup>	--	-0.14
Salario Real	-0.61	-1.19	--

Los resultados de los ejercicios realizados con los modelos de equilibrio general estocásticos dejan en evidencia la sensibilidad de los resultados al valor de la elasticidad de sustitución entre energía y

<sup>25</sup> Supone una elasticidad de sustitución de 0.35 entre capital y energía en la producción.

<sup>26</sup> Supone una elasticidad de sustitución de 0.35 entre capital-trabajo y energía en la producción, y una elasticidad de sustitución de 0.3 entre consumo CORE y consumo de energía.

<sup>27</sup> En el análisis a nivel firmas se reporta la elasticidad del cociente entre la inversión y el capital a cambios en el precio de la electricidad. En las regresiones, se divide la inversión por el capital para así deflactar el monto de inversión reportado por las firmas.

<sup>28</sup> Caída en horas trabajadas.

el resto de los factores productivos. Para elasticidades de sustitución habitualmente utilizadas para Chile, un shock permanente de +10% en el precio de la energía eléctrica, generaría caídas en el PIB de estado estacionario entre -0.3% y -0.4%. Si, en cambio, la energía eléctrica fuese más fácilmente sustituible por el resto de los factores productivos (trabajo o capital), la caída del PIB en estado estacionario sería significativamente menor (-0.1%).

Los resultados de las regresiones realizadas con los datos a nivel firmas sugieren que un aumento del 10% en el precio de la energía eléctrica generaría una caída de -1.9% en el nivel de inversión (respecto al capital) y -0.1% en el nivel de empleo de las firmas del sector industrial.

## VII. Bibliografía

- Aghion P., Howitt P., 1992 (Marzo). A Model of Growth Through Creative Destruction. : *Econometrica*, vol 60, no 2, pp. 323-351.
- Barker, Terry, P. Enkins y N. Johnstone, 1995. *Global Warming and Energy Demand*. Routledge, Londres, 40–65.
- Barsky R.B., Kilian L., 2004. Oil and the macroeconomy since the 1970s. *The Journal of Economic Perspectives* 18 (4), 115–134.
- Berk I., Yetkiner I. H, 2013 (Abril). *Energy Prices and Economic Growth: Theory and Evidence in the Long Run*. Izmir University of Economics, working paper 13/03.
- Bernanke B.S., Gertler M., Watson M., 1997. Systematic Monetary Policy and the Effects of Oil Price Shocks. *Brookings Papers on Economic Activity* 1, 91-142.
- Blanchard O.J., Galí J., 2010. The Macroeconomic Effects of Oil Price Shocks: Why Are the 2000s so Different from the 1970s? *International Dimensions of Monetary Policy*. National Bureau of Economic Research, 373–420.
- Burbidge J., Harrison A., 1984. Testing for the Effects of Oil-Price Rises Using Vector Autoregressions. *International Economic Review* 25, 459-484.
- Davis S.J., Haltiwanger J., 2001. Sectoral job creation and destruction responses to oil price changes. *Journal of Monetary Economics* 48, 465–512.
- De Gregorio J., Landerretche O., Neilson C., 2007. Another Pass-Through Bites the Dust? Oil Prices and Inflation. *Central Bank of Chile Working Papers* 417.
- Dissou, Yazid, Lilia Karnizova y Qian Sun, 2012. Industry-level Econometric Estimates of Energy-capital-labour Substitution with a Nested CES Production Function, Working Papers 1214E, Universidad de Ottawa, Departmenti de Economía.
- Finn M.G., 2000. Perfect competition and the effects of energy price increases on economic activity. *Journal of Money, Credit and Banking* 32 (3), 400–416.
- Gerlagh, Reyer, y B. Van der Zwaan, 2003. Gross world product and consumption in a global warming model with endogenous technical change. *Resource and Energy Economics* 25, 35–57
- Grossman G., Helpman E., 1991. *Innovation and Growth in the Global Economy*. Cambridge: MIT Press, chapters 1-5.
- Hall R.E., 1989. Invariance Properties of Solow's Productivity Residual. NBER working paper 3034.

- Hamilton J.D., 1983. Oil and the Macroeconomy since World War II. *Journal of Political Economy* 91, 228-248.
- Hamilton J.D., 1988. A Neoclassical Model of Unemployment and the Business Cycle. *Journal of Political Economy*, vol 96, no. 31.
- Hamilton J.D., 2000. What is an Oil Shock? *Journal of Econometrics* 113, 363-398.
- Hamilton J.D., Herrera A.M., 2004. Oil shocks and aggregate macroeconomic behavior: the role of monetary policy: A comment. *Journal of Money, Credit and Banking* 36 (2), 265–286.
- Kim I., Loungani P., 1992. The role of energy in real business cycle models. *Journal of Monetary Economics* 29, 173-189.
- Kormilitsina A., 2011. Oil price shocks and the optimality of monetary policy. *Review of Economic Dynamics* 14, 199–223.
- Medina J.P., Soto C., 2005. Oil Shocks and Monetary Policy in an Estimated DSGE Model for a Small Open Economy. Central Bank of Chile Working Paper 353.
- Medina J.P., Soto C., 2007. “The Chilean Business Cycles Through the Lens of a Stochastic General Equilibrium Model,” Central Bank of Chile Working Papers 457.
- Mork K.A., 1989. Oil and the Macroeconomy When Prices Go Up and Down: An Extension of Hamilton's Results. *Journal of Political Economy* 91, 740-744.
- Mork K.A., Olsen O., Mysen H.T., 1994. Macroeconomic Responses to Oil Price. Increases and Decreases in Seven OECD Countries. *The Energy Journal*, vol 15, no 4.
- Olson M., 1988 (Fall). The Productivity Slowdown, The Oil Shocks, and the Real Cycle. *Journal of Economic Perspectives* Vol. 2, Num. 4, 43–69.
- Paltsev, Sergey, J. Reilly, H. Jacoby, R. Eckaus, J. McFarland, M. Sarofim, M. Asadoorian, y 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.
- Pedersen M., Ricaurte M., 2013 (Junio). Efectos de Shocks al Precio del Petróleo sobre la Economía de Chile y sus Socios Comerciales. Central Bank of Chile Working Paper 691.
- Peersman G., Van Robays I., 2011. Cross-Country Differences in the Effects of Oil Shocks. *Energy Economics* 34(5), 1532-1547.
- Romer P. M., 1990. Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, vol 98, no 5, pt. 2.
- Rotemberg J.J., Woodford M., 1996. Imperfect Competition and the Effects of Energy Price Increases. *Journal of Money, Credit and Banking* 28, 549-577.

Segal P., 2011. Oil price shocks and the macroeconomy. *Oxford Review of Economic Policy*, vol 27, no 1, pp. 169–185.

Shen, Keting y J. Whalley, 2013. Capital-Labor-Energy Substitution in Nested CES Production Functions for China, NBER Working Papers 19104, National Bureau of Economic Research, Inc.

Yetkiner I. H., von Zon A., 2003. An Endogenous Growth Model with Embodied Energy-Saving Technical Change. *Resource and Energy Economics*, 25, pp. 81-103.

## VIII. Apéndice

Autores	Metodología	Shock	Resultados
Peersman - Van Robays (2011)	VAR, estimación bayesiana, con restricciones de signos	Aumento permanente de 10% en el precio del petróleo	Shock a la oferta de petróleo: en algunos países la caída es entre -0.3% y -0.9% (los efectos se acentúan a partir del segundo año) en la actividad, en otros países los efectos sobre la actividad son nulos. Shock a la demanda de petróleo: caídas entre -0.1% y -2% en un año, en general no se revierten en el largo plazo. Shock a la demanda mundial: aumentos transitorios entre +0.1% y +0.7%, atenuándose en el largo plazo y revirtiéndose para varios países.
Pedersen - Ricaurte (2013)	VAR, estimación bayesiana, con restricciones de signos	Aumento permanente de 10% en el precio del petróleo.	Shock a la oferta de petróleo: caída de -0.3% y efectos nulos en la actividad en Chile y en los socios comerciales en el largo plazo respectivamente. Shock a la demanda de petróleo: caída en forma permanente de -0.4% en Chile y en los socios comerciales. Shock a la demanda mundial: aumento permanente de +0.3% en Chile y en sus socios comerciales. Los efectos se hacen notorios a partir del segundo trimestre.
Blanchard - Galí (2010)	VAR	Aumento permanente de 10% en el precio del petróleo.	Con datos hasta 1984: en el largo plazo las caídas son entre -1% y -0.5% en la actividad (salvo Alemania y Japón) y entre 0% y -0.75% en el empleo. Con datos posteriores a 1984: caídas de hasta -0.4% (EEUU, Reino Unido) o aumentos leves (Alemania, Japón) en la actividad, y variaciones entre +0.2% y -0.3% en el empleo.
Burbridge - Harrison (1984)	VAR	Aumento transitorio de una desviación estándar del precio del petróleo.	Caídas de entre el -30% y -70% de la desviación estándar de la producción industrial de cada país. Los efectos no son permanentes. En general los principales efectos se observan al año y medio.
Hamilton (1983)	VAR	-	Ninguna variable de EEUU que ayuda a predecir el comportamiento del nivel de actividad de EEUU, ayuda a anticipar cambios en el precio del petróleo.
Bernanke - Gertler - Watson (1997)	Agrega estructura a un VAR: supone que la política monetaria opera en la economía a través de la estructura temporal de las tasas de interés del mercado abierto y que los mercados financieros anticipan las distintas trayectorias de tasas.	Aumento transitorio de 1% en el precio del petróleo.	Con política monetaria endógena, se registra una pérdida acumulada de -0.05% en el PIB real anual durante 4 años. Si se especifica una trayectoria distinta a la tasa que fija la FED, suponiendo que la política monetaria no responde y los agentes anticipan esto, los niveles de producto y precios serían sensiblemente mayores.

Autores	Metodología	Shock	Resultados
Mork (1989)	Regresión de la tasa de crecimiento del PIB como variable dependiente. Aumentos y caídas del precio del petróleo son consideradas variables distintas.		Coeficientes que acompañan al incremento real en el precio del petróleo: -0.03 en un trimestre y -0.05 en 4 trimestres. Coeficientes que acompañan a las caídas del precio del petróleo no significativos.
Mork, Olson, Mynen (1994)	Regresiones bivariadas (crecimiento del PIB como variable dependiente, explicado por crecimiento del PIB rezagado, y subas y bajas en el precio del petróleo) y regresiones multivariadas (incorporando nuevas variables).		En general, en países importadores netos de petróleo hay correlación negativa y significativa entre tasas de crecimiento e incrementos en el precio real del petróleo, y hay correlación positiva pero no significativa entre tasas de crecimiento y caídas reales en el precio del petróleo. EEUU, Canadá, Japón y Alemania muestran evidencia de asimetría en la respuesta del PIB a subas y bajas en el precio del petróleo.
Rotemberg - Woodford (1996)	Regresiones para el valor agregado privado real y para el salario real. Considera como variables explicativas el valor corriente y rezagado del cambio en el logaritmo del precio del petróleo en dólares, y valores rezagados del logaritmo del precio real del petróleo.	Aumento de 1% en el precio del petróleo. Luego del shock, el precio del petróleo sigue un proceso estimado a partir de un VAR bivariado (que explica el crecimiento nominal del precio del petróleo y el precio real del petróleo).	El producto privado cae aproximadamente -0.25% luego de 5 a 7 trimestres. El efecto se agrava en el segundo período. La caída es estadísticamente significativa recién desde el tercer trimestre en adelante. El salario real cae (caída estadísticamente significativa desde el primer año), la máxima caída ocurre en el segundo año (-0.1%).
Kormilitsina (2010)	SVAR. Incluye solo cambios positivos en el precio nominal del petróleo.	Aumento del 10% en el precio del petróleo. Impone restricciones de corto y largo plazo a la dinámica del precio del petróleo para predecir su comportamiento luego del shock. También testea considerando un proceso completamente exógeno para el precio del petróleo.	Utilizar las restricciones o suponer exógeno el proceso del precio del petróleo resulta en funciones de impulso respuestas que solo se diferencian marginalmente. El PIB, las horas, la inversión y la utilización del capital caen con el shock, acentuándose la caída a los 2 años y volviendo al estado estacionario después de 5 años.

<p><b>Documentos de Trabajo Banco Central de Chile</b></p> <p>NÚMEROS ANTERIORES</p> <p>La serie de Documentos de Trabajo en versión PDF puede obtenerse gratis en la dirección electrónica:</p> <p><a href="http://www.bcentral.cl/esp/estpub/estudios/dtbc">www.bcentral.cl/esp/estpub/estudios/dtbc</a>.</p> <p>Existe la posibilidad de solicitar una copia impresa con un costo de Ch\$500 si es dentro de Chile y US\$12 si es fuera de Chile. Las solicitudes se pueden hacer por fax: +56 2 26702231 o a través del correo electrónico: <a href="mailto:bcch@bcentral.cl">bcch@bcentral.cl</a>.</p>	<p><b>Working Papers Central Bank of Chile</b></p> <p>PAST ISSUES</p> <p>Working Papers in PDF format can be downloaded free of charge from:</p> <p><a href="http://www.bcentral.cl/eng/stdpub/studies/workingpaper">www.bcentral.cl/eng/stdpub/studies/workingpaper</a>.</p> <p>Printed versions can be ordered individually for US\$12 per copy (for order inside Chile the charge is Ch\$500.) Orders can be placed by fax: +56 2 26702231 or by email: <a href="mailto:bcch@bcentral.cl">bcch@bcentral.cl</a>.</p>
---	--

DTBC – 758

**The Labor Wedge and Business Cycles in Chile**

David Coble y Sebastián Faúndez

DTBC – 757

**Accounting for Labor Gaps**

François Langot y Alessandra Pizzo

DTBC – 756

**Can a Non-Binding Minimum Wage Reduce Wages and Employment?**

Sofía Bauducco y Alexandre Janiak

DTBC – 755

**The Impact of the Minimum Wage on Capital Accumulation and Employment in a Large-Firm Framework**

Sofía Bauducco y Alexandre Janiak

DTBC – 754

**Identification of Earnings Dynamics using Rotating Samples over Short Periods: The Case of Chile**

Carlos Madeira

DTBC – 753

**The Impact of Commodity Price Shocks in a Major Producing Economy. The Case of Copper and Chile**

Michael Pedersen

DTBC – 752

**Nominal Term Structure and Term Premia: Evidence from Chile**

Luis Ceballos, Alberto Naudon y Damián Romero

DTBC – 751

**The Labor Wedge: New Facts Based on US Microdata**

David Coble

DTBC – 750

**El Rol de las Asimetrías en el Pass-Through: Evidencia para Chile**

Lucas Bertinatto y Diego Saravia

DTBC – 749

**Dissent in FOMC Meetings and the Announcement Drift**

Carlos Madeira y Joao Madeira

DTBC – 748

**Post-crisis Financiera y Expansión de las Exportaciones: Micro-Evidencia para Chile**

Roberto Álvarez y Camila Sáez

DTBC – 747

**Exchange Rate Pass-Through to Prices: VAR Evidence for Chile**

Santiago Justel y Andrés Sansone

DTBC – 746

**A New Liquidity Risk Measure for the Chilean Banking Sector**

Sebastián Becerra, Gregory Claeys y Juan Francisco Martínez

DTBC – 745

**Sensibilidad de las Exportaciones al TCR: Un Análisis Sectorial y por Destino**

Samuel Carrasco, Diego Gianelli y Carolina Godoy

DTBC – 744

**Agrupación de Instituciones Bancarias a Partir del Análisis de Cluster: Una Aplicación al Caso de Chile**

Alejandro Jara y Daniel Oda



BANCO CENTRAL  
DE CHILE

**DOCUMENTOS DE TRABAJO • Junio 2015**