

SERIE INFORME
ECONÓMICO

ISSN 0717-1536

N° 206

JUNIO 2010

**Crecimiento Económico,
Precios de la Energía e
Innovación Tecnológica**

Por: Gonzalo Blümel*
María de la Luz Domper **
Ricardo Espinoza***





INDICE

Resumen Ejecutivo	5
-------------------	---

I. Introducción	7
-----------------	---

II. El Contexto Energético Chileno	7
2.1. Aspectos Generales	7
2.2. El Sector Eléctrico en Chile	8
2.3. Aspectos Institucionales y Regulatorios	9

III. Crecimiento Económico y Energía	11
--------------------------------------	----

IV. El Modelo y los Datos	14
---------------------------	----

V. Resultados y Discusión	15
---------------------------	----

VI. Conclusiones	20
------------------	----

VII. Referencias Bibliográficas	21
---------------------------------	----

* Jefe de Gabinete, Ministro Secretaría General de la Presidencia. Ex investigador del Programa de Medio Ambiente de Libertad y Desarrollo.

** Asesora Jefe del Ministerio de Obras Públicas. Ministro Suplente del TDLC y Profesora del Instituto de Economía de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Ex investigadora del Programa Económico de Libertad y Desarrollo.

*** Secretario Académico, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad de los Andes.





CRECIMIENTO ECONÓMICO, PRECIOS DE LA ENERGÍA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

Resumen Ejecutivo

En este trabajo se investiga la relación entre el crecimiento económico y los precios de la energía en Chile para el periodo 1992-2007, por medio de cointegración y modelos de corrección de error (MCE), sobre la base de una función de producción neoclásica que incorpora energía, además de trabajo, capital y patentes como *proxy* del cambio tecnológico en la economía.

Los resultados obtenidos indican que alzas sostenidas en el precio de la energía reducen la tasa de crecimiento de largo plazo de la economía Chilena. La elasticidad precio del producto fluctúa entre 2 y 4%. Además, el precio de la energía afectaría al producto solo en el largo plazo. En el corto plazo, no se observan efectos significativos sobre la tasa de crecimiento del producto.





CRECIMIENTO ECONÓMICO, PRECIOS DE LA ENERGÍA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

I. Introducción

¿Afecta el precio de la energía la actividad económica real? Este trabajo investiga la relación entre el crecimiento económico, los precios de la energía y la innovación tecnológica en Chile. Para esto examinamos la interacción dinámica entre estas variables, usando una versión modificada de una función de producción neoclásica.

El objetivo de este trabajo es evaluar los posibles efectos de corto y largo plazo de las variaciones de los precios de la energía en el producto, extendiendo trabajos previos al considerar las series, tanto en niveles como en diferencias, mediante estimaciones que siguen el método de cointegración y modelos de corrección de error (MCE). Además, se incorpora el efecto de la innovación tecnológica por medio de series de patentes de invención registradas en los últimos años. Esta metodología permite evaluar el impacto de la implementación de determinadas políticas energéticas en el proceso de industrialización y desarrollo económico, algo que es de sumo interés para países con niveles de ingreso bajo y medio, como el caso de Chile y otros países latinoamericanos. Además permite observar los efectos que la innovación y el cambio tecnológico tienen sobre la tasa de crecimiento de la economía.

Este estudio se organiza de la siguiente manera. La sección II describe brevemente las principales características del sector energético chileno. La sección III revisa la literatura teórica y empírica en energía, innovación y crecimiento económico. En la sección IV se presenta el modelo y las series de datos considerados. Los resultados de las estimaciones son presentados en la sección V. Finalmente, en la sección VI se presentan las conclusiones.

II. El Contexto Energético Chileno

2.1. Aspectos Generales

Desde el año 1986, la economía creció a una tasa promedio del 5,7%, alcanzando un PIB por habitante de US\$ 14.510 en el año 2008¹. Paralelo a este hecho, la demanda energética ha aumentado notoriamente. Desde 1990 hasta el 2007, por ejemplo, el consumo de energía secundario ha crecido a una tasa promedio anual cercana al 5%, en tanto el consumo de electricidad ha crecido a una tasa promedio de 7,6%. Sin embargo, una de las características esenciales de Chile es su alta dependencia energética de los mercados internacionales. En promedio, un 70% del consumo primario proviene de importaciones de energía y prácticamente el 100% del consumo de derivados del petróleo es importado². Esto hace que las fluctuaciones de los precios de la energía dependan básicamente de la coyuntura económica mundial.

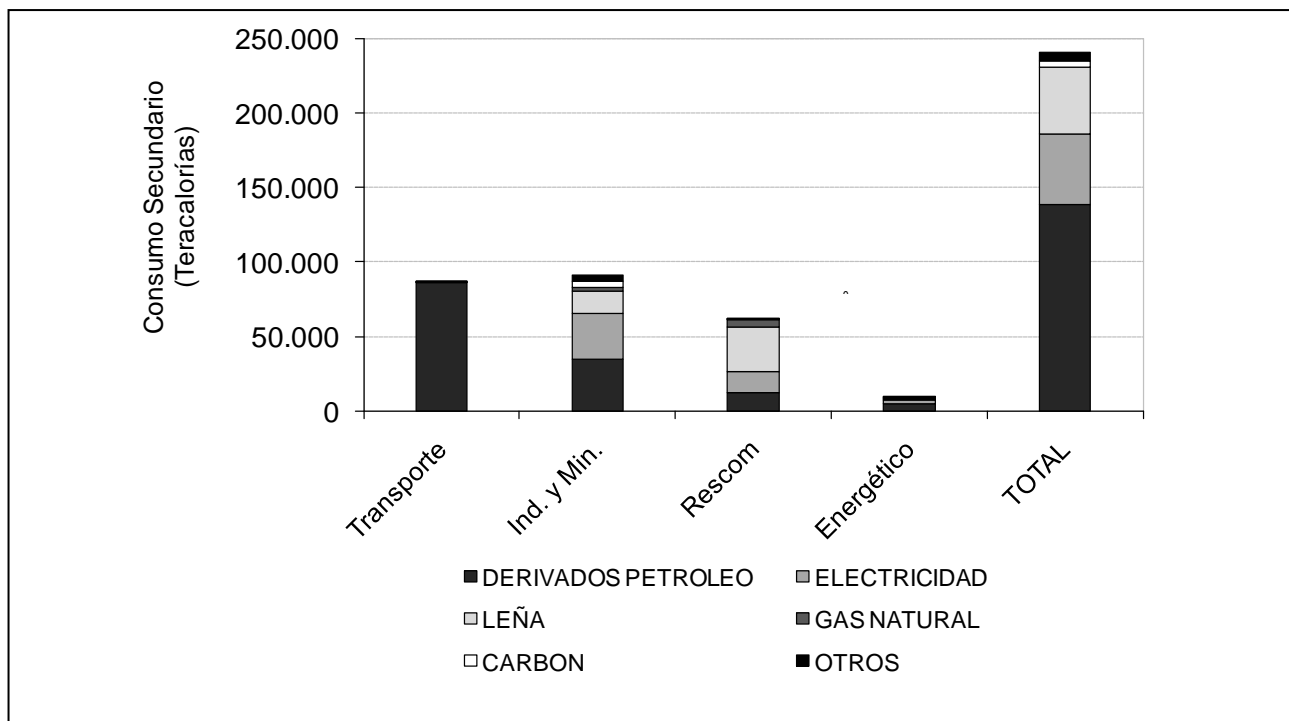
De acuerdo a los Balances Anuales de la Comisión Nacional de Energía (CNE) del año 2008, el consumo final de energía se descompone en derivados del petróleo (55%), electricidad (19%), leña (18%), gas natural (4%) y otras fuentes (1,7%). Al descomponer el consumo por sector se observa que está determinado por cuatro grandes actores: transporte, industrial y minero, comercial-público-residencial (rescom) y energético. El consumo sectorial se muestra en la figura N° 1.

¹ Estadísticas del FMI corregidas por paridad del poder de compra.

² Comisión Nacional de Energía, "Encuestas Balance de Energía a Empresas del Sector", 2008.



Figura N° 1: Consumo Final de Energía por Sector. Año 2007.



Fuente: Comisión Nacional de Energía, 2007.

La demanda del sector industrial y minero es la más significativa, representando el 36,5% del consumo final total, seguida del sector transporte con un 34,6%. Sin embargo, este último sector demanda prácticamente en su totalidad combustibles fósiles derivados del petróleo, mientras el sector industrial y minero distribuye su consumo entre los derivados de petróleo (37,7%) y la electricidad (33,6%) en proporciones similares. Asimismo, el sector rescom representa el 25% del total, y consume fundamentalmente leña (47,1%), electricidad (22,8%), derivados del petróleo (20,3%) y gas natural (9,0%).

Respecto a la intensidad del consumo, en Chile durante el año 2007 se consumieron 31,4 millones de toneladas equivalente de petróleo (Tep), mientras que en los países de la OECD consumen en promedio 186,4 millones de Tep. Sin embargo, al comparar la intensidad energética de la economía las diferencias no son tan notorias, ya que en el mismo año Chile tuvo una intensidad energética de 0,166 Tep/MUS\$, y la intensidad promedio de los países

de la OECD fue de 0,175 Tep/MUS\$ (Tokman, 2008).

Estos antecedentes permiten suponer que Chile es un país altamente expuesto en materia energética, ya sea por las necesidades de desarrollo de la economía como por la exposición a las alzas y volatilidad de los precios internacionales en su condición de importador neto de energía. De hecho, la Comisión Nacional de Energía proyecta que para el año 2030 el consumo final anual aumentará a una tasa promedio anual de 5,4%³.

2.2. El Sector Eléctrico en Chile

Un elemento relevante en la caracterización energética de Chile es el mercado eléctrico, ya que éste presenta particularidades regulatorias que son significativas para el desempeño de la economía. El mercado eléctrico chileno está separado en tres segmentos diferenciados:

³ Tokman, M. (2008). "Política energética: nuevos lineamientos. Transformando la crisis energética en una nueva oportunidad", Comisión Nacional de Energía.

generación, distribución y transmisión de electricidad. La estructura regulatoria vigente data de comienzos de la década de los 80 y busca establecer mecanismos que permitan el desarrollo de estas actividades por parte del sector privado, especialmente en lo que respecta al segmento de generación, en donde la regulación busca crear un entorno competitivo basado en un sistema de precios que refleje las condiciones de mercado.

En este segmento, las decisiones de inversión y operación no son planificadas centralmente en su totalidad, sino que responden a incentivos de mercado. Las generadoras establecen contratos de largo plazo para suministrar potencia y energía. Sin embargo, los términos de los contratos dependen del tipo de consumidor atendido: regulados y no regulados. Los consumidores regulados son aquellos que demandan menos de 2 MW de potencia⁴. Los precios de la energía y potencia para este sector son fijados regularmente por la Comisión Nacional de Energía. Además, los precios pagados por los consumidores incluyen además cargos por transmisión y por el Valor Agregado de Distribución (VAD), y consideran diferentes opciones tarifarias, dependiendo del nivel de voltaje de mando. Por otro lado, los clientes libres o no regulados son aquellos que demandan más de 2 MW. Éstos negocian directamente el precio de la energía y potencia con las empresas generadoras de acuerdo a las condiciones de mercado, teniendo que pagar también cargos por transmisión.

Las actividades de transmisión y distribución, en tanto, están altamente reguladas por la autoridad, ya que el mercado tiene claras economías de escala y características monopólicas. Para una descripción detallada del mercado eléctrico chileno se recomienda consultar a Galetovic y Muñoz (2009) y Tokman (2008).

2.3. Aspectos Institucionales y Regulatorios

Durante los últimos años los precios de la energía en Chile se han incrementado de manera significativa. Esta situación se ha generado por diferentes factores, tanto internos como externos. Al alza mundial en los precios de

los combustibles fósiles experimentada durante el 2008, se sumó la crisis energética vivida por Chile durante los últimos dos años, originada por los cortes de suministro de gas natural argentino y la falta de proyectos de generación eléctrica sobre la base de insumos energéticos alternativos de bajo costo. Esto generó un importante alza en los precios de la energía, especialmente en el caso de la eléctrica, que pasó de poco más de US\$30 por MWh en el año 2000 a más de US\$ 120 por MWh a fines del 2008⁵.

¿Cuáles son los factores internos, regulatorios e institucionales, asociados a este fenómeno?

La llegada del gas natural desde Argentina en 1995 produjo en nuestro país una importante disminución en los precios de energía, especialmente en los precios de la energía eléctrica reflejada en los contratos de los clientes libres como en los precios de nudo. Esta baja en los precios, de US\$ 65 por MWh a US\$ 30-32 US\$/MWh, respondió a la competencia que se generó por instalar centrales de ciclo combinado a gas natural. Con la llegada de este nuevo insumo, se abandonaron prácticamente todos los proyectos de generación sobre la base de insumos alternativos.

En este escenario, el repentino corte de suministro de gas natural desde Argentina que comenzó paulatinamente el 2004 y se fue incrementando hasta ser casi total durante los años 2008 y 2009, paralizó las iniciativas de inversión existentes y generó un clima de incertidumbre en el mercado de generación. En este contexto, se sustituyó el gas natural por petróleo diésel, dado que gran parte de las unidades generadoras eran duales y podían operar con ambos insumos. Es así como en enero del 2008 en el Sistema Interconectado Central (SIC) el 34% de la matriz operaba con diésel, siendo que un año antes era solo un 2%. Igual situación se vivió en el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING).

Por otra parte, los precios se demoraron en reaccionar ante esta situación, dado que los precios de los contratos de suministro de las generadoras a sus grandes clientes de precio libre no contemplaban la posibilidad de no disponer de este combustible, con lo cual a pesar de que el costo de generación de sustitución por petróleo diésel

⁴ Los consumidores que demandan entre 0,5 y 2 MW pueden elegir libremente entre régimen libre y regulado.

⁵ Datos sobre la base del precio monómico de la energía del Sistema Interconectado Central.



alcanzó los US\$ 150 por MWh, el precio de la componente de energía de estos contratos apenas se incrementó. En este contexto, no existía incentivo para invertir en nuevos proyectos de generación.

Esta situación llevó a la autoridad a desregular el precio de nudo, al cual venden las generadoras su suministro a clientes regulados, mediante la denominada “Ley Corta II” (N° 20.018). Esta ley, promulgada en mayo del 2005, permitió que las empresas distribuidoras licitaran el suministro para sus contratos con empresas generadoras a partir del 2010, con una anticipación de 3 años. A raíz de esta modificación legal, entre el 2006 y 2008 se realizaron cinco procesos de licitación de suministro de las empresas distribuidoras, siendo el precio promedio ofertado, a junio del 2009, 72,4 US\$/MWh y el total de energía licitada, 27.473,3 GWh.

Adicionalmente, dicha ley permitió que los precios de nudo se despegaran de los precios de los contratos de clientes libres, hasta en un 30%, con lo cual los precios pudieron incrementarse reflejando, en parte, las mayores alzas de los costos marginales derivados de la crisis del gas.

Por otra parte, en los últimos años, consideraciones ambientales y estratégicas han llevado a las autoridades locales a introducir cambios en la estructura regulatoria nacional, en particular para incentivar la adopción de Energías Renovables no Convencionales (ERNC) en la matriz eléctrica. Esto, en parte, por la alta dependencia de la matriz de los combustibles fósiles y de las condiciones hidrológicas, lo que ha condicionado la seguridad y calidad del suministro eléctrico⁶.

Las primeras modificaciones se introdujeron con las llamadas leyes “Corta I” (Ley N° 19.940) y “Corta II”, que establecieron condiciones especiales para el desarrollo de ERNC (viento, solar, biomasa, entre otras). El primer cuerpo legal suprimió los cargos de conexión a los sistemas de transmisión para proyectos de energías no convencionales menores a 9 MW. El segundo, en tanto,

⁶ De acuerdo a cifras oficiales de la Comisión Nacional de Energía para el año 2008, más del 60% de la capacidad instalada del SIC y el SING proviene de combustibles fósiles, y aproximadamente un 37% corresponde de generación hidráulica. Esto representa un cambio significativo en la estructura de la matriz eléctrica, ya que en la última década la generación hidráulica representó aproximadamente el 60% de la matriz, siendo sustituida progresivamente por gas natural, respaldado por diésel, y carbón.

incorporó reglas específicas para limitar el riesgo asociado a volatilidad de los precios de estas alternativas de suministro. Todas estas iniciativas han inducido un aumento en los proyectos de generación a partir de ERNC. Esto se refleja en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, donde los proyectos eólicos representan aproximadamente el 8% de los Estudios de Impacto Ambiental en calificación⁷.

Estas políticas de fomento de las ERNC fueron reforzadas con la promulgación de la ley N° 20.257, publicada el 1° de abril del 2008, la que estableció una cuota mínima de generación de 5% sobre la base de energías no convencionales para las empresas del sector, desde el 2010 hasta el 2014, la que se incrementará un 0,5% cada año a partir del 2015 hasta alcanzar una cuota mínima de 10% en el año 2024. Estas cuotas podrán ser completadas mediante generación propia o subcontratadas a terceros, y en caso de incumplimiento las generadoras estarán expuestas a multas dependiendo del nivel de incumplimiento⁸.

Todos los elementos descritos han presionado al alza los precios de la energía, especialmente en el caso de la energía eléctrica⁹, lo que ha coincidido con la caída observada en la tasa de crecimiento potencial de la economía, así como con el paulatino descenso de la productividad total de los factores, que pasó de una tasa promedio de crecimiento anual cercana al 2% en la década de los 90 a una caída del orden del 0,7% en el año 2008¹⁰, lo que se resume en la figura N° 2°.

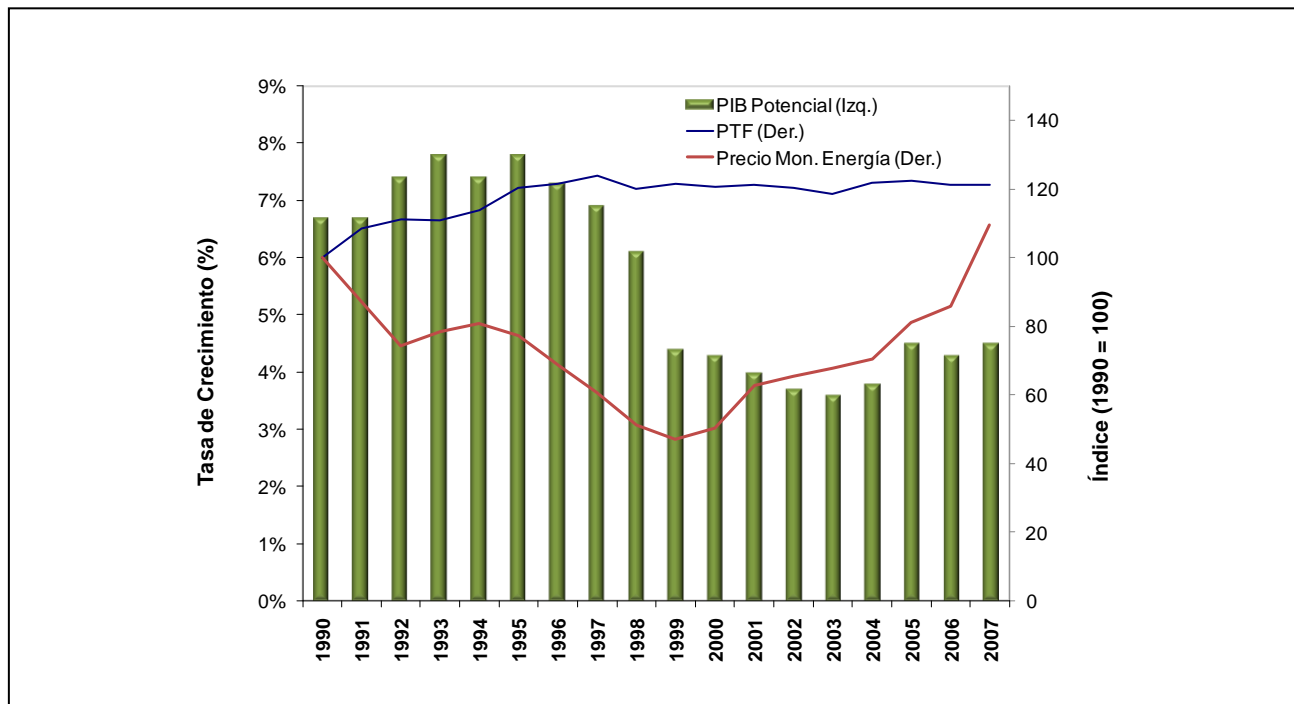
⁷ De acuerdo a datos disponibles en noviembre de 2008 en www.e-seia.cl.

⁸ De acuerdo al artículo 150 bis, las empresas eléctricas que no acrediten el cumplimiento de las cuotas de generación de ERNC deberán pagar un cargo, cuyo monto será de 0,4 UTM por cada MWh de déficit respecto de su obligación, el que aumentará a 0,6 MWh si al cabo de los tres años siguientes se mantiene el incumplimiento.

⁹ Un ejemplo de esto es la ley N° 20.257 de fomento a las ERNC. Según Galetovic y Muñoz (2008), la implementación de la ley incrementará el costo del suministro eléctrico en el SIC en aproximadamente US\$ 4.000 millones en valor presente neto. Basados en estas cifras, es posible estimar que, sin mediar subsidios, el precio del suministro eléctrico podría incrementarse aproximadamente entre un 6 a 10%, en tanto, las tarifas residenciales (BT1) podrían incrementarse entre un 3 a 5%.

¹⁰ Cifras basadas en las estimaciones del Panel de Expertos del Comité del Producto de Tendencia del Ministerio de Hacienda.

Figura N° 2: Consumo Final de Energía por Sector. 2007



Fuente: Panel de Expertos del Ministerio de Hacienda.

III. Crecimiento Económico y Energía

En las últimas décadas, muchos investigadores han enfocado su estudio en la comprensión de la dinámica del crecimiento económico y sus principales determinantes. El modelo básico de crecimiento económico, conocido como modelo neoclásico, fue desarrollado por Solow (1956) y examina la evolución del producto de una economía de un sector que produce bienes, usando dos factores de producción: capital y trabajo. El modelo neoclásico asume que los retornos del capital son decrecientes, esto es, el producto se incrementa a tasas decrecientes a medida que el stock de capital se incrementa. La dinámica del modelo conduce a un equilibrio estacionario en el cual la inversión en nuevo capital es igual a la depreciación del capital, por lo que éste deja de acumularse, es decir, en el largo plazo no hay incentivos para acumular capital indefinidamente.

De acuerdo al modelo de Solow, la única fuente sostenida de crecimiento económico es el avance tecnológico, el que se define como la eficiencia con que el capital y el trabajo se combinan en la producción. A medida que la tecnología avanza, la relación funcional de los factores de producción cambia y es posible aumentar los niveles de producción usando las mismas cantidades de insumos, lo que permite sostener el crecimiento del producto per cápita en el largo plazo.

Desde entonces, se han desarrollado numerosas extensiones del modelo, incorporando diferentes elementos para permitir una mejor descripción del funcionamiento de la economía real. Entre éstas se incluyen la presencia de *spillovers*, modelos multisectoriales con crecimiento endógeno, entre otras. Sin embargo, la estructura neoclásica básica no considera la fuerza primaria que conduce todas las actividades económicas: la energía. La energía proveniente de fuentes externas al hombre (“extra somática”), como el petróleo, el carbón, el agua, entre otras, son consideradas en las cuentas nacionales solo como factores de



producción intermedios, ignorando el hecho que la energía *per se* puede constituirse como un factor de producción. Wolde-Rufeal (2009) señala que históricamente ha sido descartada la energía como factor de producción independiente, ya que el costo de ésta representa una proporción muy menor del PIB total en comparación, por ejemplo, al costo de la fuerza laboral.

Dado que la aproximación neoclásica no considera directamente la energía como factor de producción, algunos autores han desarrollado diferentes teorías para incorporarla. Saunders (1984; 1992) incluye la energía como factor de producción y por medio de simulaciones muestra la transición del producto desde el corto al largo plazo. Stern y Cleveland (2004), y Alam (2006) también incluyen la energía en el proceso de producción. Alam argumenta que la economía está constituida por un conjunto de actividades “productoras de energía” y “consumidoras de energía”, por lo que ignorar el rol de ésta en el proceso de producción distorsiona el análisis del crecimiento económico y sus fuentes, dificultando también la definición del capital y del trabajo, dado que estos factores juegan roles de soporte en la economía que pueden ser entendidos solo en relación a la energía. De la misma manera, Stern (1997) argumenta que la energía es un factor crucial en la producción, ya que todas las actividades involucran la transformación o movimiento de materia, para lo que se requiere energía.

Finn (2000) presenta un modelo de una economía con competencia perfecta que produce un bien final a partir de tres factores de producción: capital, trabajo y energía, y que está sujeta a choques exógenos y estocásticos que afectan la tecnología y los precios de la energía; y que pueden ser dos posibles fuentes de fluctuaciones de la economía, estableciendo las bases para discriminar la utilidad de considerar modelos de competencia perfecta o imperfecta con energía como factor de producción. Un incremento en el precio de la energía afecta el nivel de uso de ésta, así como el empleo y la productividad marginal del capital, disminuyendo el retorno sobre las inversiones y, por ende, los niveles de inversión y de *stock* de capital. Finn también encuentra un canal indirecto de transmisión relacionado, el que denomina como el “costo marginal energético del capital”.

Aun cuando ningún modelo teórico explica por completo el

proceso de crecimiento económico incorporando la energía como factor primario de producción, existe una vasta literatura empírica que ha intentado examinar el rol de la energía en el crecimiento desde diferentes perspectivas. Algunos han analizado la relación de causalidad entre consumo energético y crecimiento económico. Otros, en tanto, han verificado la incidencia del nivel de precios de la energía en el producto agregado. Históricamente, los incrementos de los precios de la energía han tenido efectos negativos sobre el nivel de actividad económica. La evidencia empírica muestra que en EE.UU. el residuo de Solow tiende a caer cuando los precios de la energía se incrementan, estableciéndose una relación directa entre energía y producción (Finn, 1995). Asimismo, Rotemberg y Woodford (1996) encuentran que un aumento de un 1% en el precio de la energía genera una declinación de 0,25% en el producto agregado y 0,09% en los salarios reales. Estos últimos, además, presentan un modelo teórico con competencia imperfecta que puede explicar satisfactoriamente estos sucesos.

Existe también una vasta literatura macroeconómica que sugiere la existencia de una relación negativa entre el nivel de precios de la energía y el producto (Darby, 1982; Burbidge y Harrison, 1984). Rasche y Tatom (1981), tomando datos de seis países desarrollados (Estados Unidos, Reino Unido, Alemania Occidental, Francia, Canadá y Japón) encontraron que la elasticidad precio del producto en relación a la energía era negativa, oscilando entre -0,05 y -0,11. Las estimaciones se basaron en un modelo de oferta agregada con energía como factor de producción. Hamilton (1983), y Boyd y Caporale (1996) extendieron esta línea de investigación y encontraron algunos hallazgos adicionales: el crecimiento del producto está significativamente influenciado tanto por la volatilidad como por el nivel de precios de la energía. Tatom (1987; 1988; 1991) encuentra una respuesta asimétrica del producto ante los *shocks* de precios del petróleo, y argumenta que ellos alteran los incentivos para usar recursos energéticos, cambiando los métodos óptimos de producción de diferentes maneras. También encuentra que un *shock* positivo en el precio del petróleo tiene un impacto mucho más profundo que uno negativo.

Sin embargo, el contrapunto a estos resultados es obtenido por Bohi (1989), quien encuentra que los *shock*

de precios de la energía más relevantes no explican mayormente el desempeño macroeconómico de los EE.UU. y otros países desarrollados, usando un modelo clásico de crecimiento con datos de corte transversal para diferentes países.

Dado que las regresiones lineales ordinarias pueden no ser del todo apropiadas para establecer la o las relaciones existentes entre ciertas variables en ciertos casos, algunos investigadores han usado técnicas más sofisticadas para explorar la relación energía-crecimiento económico. Una alternativa bastante popular ha sido la detección de cointegración y causalidad por medio de las metodologías de Engel y Granger (1987) y Johansen y Juselius (1990), las que permiten en primer lugar determinar la existencia de relaciones de largo plazo entre las variables y, en segundo lugar, explorar la endogeneidad de éstas. Esto, en definitiva, entrega una aproximación de la magnitud y la dirección de los efectos que tienen las innovaciones de una variable sobre el resto, lo que permite estimar los potenciales resultados de las políticas económicas y energéticas que desarrollan los países.

A la fecha, los resultados han sido diversos. Kraft y Kraft (1978), tomando datos del periodo 1947-1974 para los EE.UU., encuentran que hay causalidad desde el PIB al consumo de energía, resultado posteriormente ratificado por Akarca y Long (1979), quienes encontraron causalidad unidireccional desde el consumo de energía al empleo. Erol y You (1987), usando una base de datos que cubre un importante grupo de países industrializados, encontraron una relación causal que va desde el consumo de energía al producto. Yu y Choi (1985) hallaron resultados similares para Filipinas, descubriendo además causalidad desde el PIB al uso de energía en Corea del Sur.

Más recientemente, examinando la relación de causalidad entre energía y crecimiento económico en 11 países del África sub-sahariana, Akinlo (2008) encuentra que en la mayoría de los países analizados el consumo de energía cointegra con el producto, confirmando la existencia de una relación de largo plazo entre energía y crecimiento económico, la que varía caso a caso tanto en magnitud como dirección. Esto confirma los hallazgos de Glasure y Lee (1997), quienes encontraron causalidad bidireccional

entre el PIB y el consumo de energía en Corea del Sur y Singapur. Jumbe (2004) y Yang (2000) también llegaron a resultados similares para Malawi y Taiwán, en tanto, Asafu-Adjaye (2000) estableció la existencia de causalidad unidireccional en India e Indonesia, y causalidad bidireccional en Tailandia y Filipinas, sugiriendo que las economías con mayor dependencia energética son más vulnerables a los *shocks* de energía. Chontanawat et al.(2008) encuentran que la relación entre crecimiento económico y consumo de energía se hace más fuerte en países desarrollados que en países en vías de desarrollo.

El análisis bivariado de la relación crecimiento económico-energía ha estado sujeto a críticas, debido a las limitaciones que supone una relación de este tipo para describir adecuadamente las interacciones económicas reales. Algunos autores (Stern, 1997; Asafu-Adjaye, 2000; Glasure, 2002; Stern y Cleveland, 2004) han hecho ver la importancia de las variables omitidas. Por ejemplo, Yuan et al. (2008) argumentan que una aproximación multivariada “puede ofrecer múltiples canales de causalidad, los que bajo un esquema de análisis bivariado pueden permanecer ocultos o conducir a correlaciones espurias y conclusiones erróneas”. Ante esto, algunos autores han optado por incluir el consumo de energía como un tercer factor de producción en funciones de producción neoclásicas (Ver, Stern, 2000; Ghali y El-Sakka, 2004; Soyta y Sari, 2006; Lee y Chang, 2008; Lee et al., 2008; Narayan y Smyth, 2008; Wolde-Rufael, 2008; Wolde-Rufael, 2009). La principal conclusión de estos estudios es que en el largo plazo las variables cointegran, y que se pueden establecer relaciones de causalidad entre el producto y consumo de energía.

Una aproximación ligeramente diferente es la que toman Gardner y Joutz (1996), quienes analizan el impacto del precio de la energía en el crecimiento económico, siguiendo un enfoque multivariado centrado en la oferta agregada, al considerar una función de producción con energía como factor de producción, además de trabajo y capital. Los autores encuentran que el precio real de la energía está negativamente relacionado con el producto. Además, establecen que *shocks* positivos de precios deterioran la actividad económica, mientras que *shocks* negativos no tienen incidencias significativas en el nivel de actividad.



Otro factor fundamental a la hora de analizar el proceso de crecimiento económico es el cambio tecnológico o productividad total de factores (PTF) como fuente de crecimiento. Desde un enfoque neoclásico se define la tecnología como la capacidad con la que los factores primarios son combinados para producir un determinado nivel de producto. En estos modelos es usual considerar que el cambio tecnológico sigue un proceso determinístico en el tiempo y es estimado como residuo mediante el método de descomposición de Solow. Con este enfoque, Fuentes, Larraín y Schmidt-Hebbel (2004) descomponen las fuentes de crecimiento de la economía chilena para el período 1960-2003 y estiman el efecto de diversas variables macroeconómicas y reformas estructurales sobre la dinámica de la PTF.

Ante las eventuales limitaciones de estimar el cambio tecnológico como residuo, surge la alternativa de canalizar el cambio tecnológico por otras vías. En esta línea, el gasto nacional en investigación y desarrollo, o R&D por sus siglas en inglés, ha sido ampliamente utilizado como *proxy* para plasmar el cambio tecnológico en los modelos de crecimiento. Alternativamente, otros *proxies* han sido utilizados para este propósito. Así, Griliches, Pakes y Hall(1987), Archbugi (1991), Gardner y Joutz (1996), entre otros, resaltan la conveniencia de utilizar el registro de patentes en vez de el gasto en R&D para cuantificar cambios tecnológicos en el marco de una modelación del crecimiento económico. Específicamente Gardner y Joutz (1996) sostienen que las patentes son un reflejo más claro de cambio tecnológico, ya que consiste en un *output* mientras que el gasto en R&D es más bien un *input* para dicho cambio. En línea con Cordes (1989), sostienen también que existirían errores en las mediciones de gasto en R&D que haría más aconsejable el registro de patentes.

IV. El Modelo y los Datos

Este estudio considera que los incrementos en el precio de la energía afectan al producto por medio de la oferta agregada. Esta estructura de análisis ha recibido una enorme atención por parte de los economistas de la

energía en los últimos años (ver sección anterior). Rasche y Tatom (1981), y Tatom (1987) realizan una minuciosa discusión acerca del rol de la energía en el proceso de crecimiento económico, y analizan los diferentes canales por los cuales ésta influye en el producto agregado.

El canal de la oferta agregada asume que un *shock* de precios de la energía modifica el uso óptimo del *stock* de capital existente, incentivando el uso de capital menos intensivo en energía. Esto genera una reasignación de la fuerza de trabajo, modificando la tasa óptima capital-trabajo. El nivel de producto disminuye en relación a los niveles previos al *shock*, debido que la curva de oferta agregada se desplaza verticalmente. A esta situación se le conoce usualmente como una “declinación del producto natural o potencial”.

Tal como mencionamos previamente y siguiendo el modelo planteado por Gardner y Joutz (1996), para nuestras estimaciones consideramos una función de producción neoclásica para representación de una economía de un sector en la que, además de capital y trabajo, se incluye energía como factor de producción. Adicionalmente, incluimos el efecto del cambio tecnológico por medio de la solicitud de patentes como *proxy* para la innovación tecnológica.

$$Y_t = f(L_t, K_t, E_t, A_t) \quad (1)$$

Y_t corresponde al producto real agregado (PIB), L_t representa el empleo total, K_t es el *stock* real de capital, y E_t es la energía total consumida y A_t el flujo de patentes solicitadas con un rezago de 4 periodos.

Diferenciando la ecuación anterior obtenemos que:

$$dY_t = Y_A dA_t + Y_L dL_t + Y_K dK_t + Y_E dE_t \quad (2)$$

donde, Y_i es la derivada parcial de Y con respecto al argumento i .

El precio real de la energía entra en la ecuación por medio de una “condición de primer orden” para el uso de energía, tal como es descrito en los trabajos de Tatom (1987; 1988; 1991) y Bohi. Con esto, la transformación

logarítmica de esta relación puede ser expresada convenientemente de la siguiente manera:

$$\ln Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 \ln A_t + \alpha_2 \ln L_t + \alpha_3 \ln K_t + \alpha_4 \ln Pe_t \quad (3)$$

Donde Pe_t representa el precio real de la energía y el coeficiente α_4 puede ser interpretado como la elasticidad precio del producto a la energía.

Los primeros estudios en este campo usualmente estimaban esta relación, linealizando una función de producción y estimando los coeficientes mediante el método de los mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Sin embargo, las regresiones de series no estacionarias pueden producir resultados espurios por la simple aplicación de esta técnica. Esto es resuelto en este estudio por medio de la aplicación de un modelo de corrección de error (MCE), lo que se explica con detalle en la siguiente sección.

En relación a los datos considerados, las series corresponden a estimaciones trimestrales desde 1992:1 hasta 2007:4 del PIB, la fuerza laboral, el stock de capital y diferentes series de precios de la energía (ver figura N° 3). Para el PIB, los datos son obtenidos a partir de las series reportadas por el Banco Central en pesos del 2003. En el caso de la fuerza de trabajo, se consideraron las series de ocupados reportadas por el Instituto Nacional de Estadísticas. Estas dos series se pueden obtener estacionalizadas o desestacionalizadas, lo cual se tomó en consideración para la estimación del modelo. Para el registro de patentes, los datos provienen del Instituto Nacional de Propiedad Intelectual (INAPI), y el dato considera la totalidad de patentes solicitados al Instituto en forma trimestral. Para el *stock* de capital se consideraron los reportes anuales del Ministerio de Hacienda, que incluyen correcciones por intensidad de uso y están expresadas en pesos del 2003. Como las series son construidas anualmente fue necesario realizar interpolaciones para obtener series trimestrales. Los mejores resultados se obtuvieron por medio de ajustes (*splines*) cúbicos.

En el caso de los precios de la energía se consideraron diferentes series obtenidas a partir de los reportes anuales que elabora la Comisión Nacional de Energía (CNE,

2008), y que son representativas de las principales fuentes de energía secundaria consumidas en el país. Estas series fueron representadas como índices con valor real igual a 100 en enero de 1986. En el caso de la electricidad, que representa poco más del 18% del consumo secundario, se consideraron dos índices: el precio nudo y el precio monómico de la energía eléctrica¹¹. Estos fueron obtenidos a partir de los precios que fija la CNE a los clientes regulados en sus procesos tarifarios. Para el caso de los combustibles fósiles, que representan alrededor del 55% del consumo secundario de energía, se consideró el precio del barril de petróleo (WTI).

La siguiente tabla detalla la nomenclatura usada para cada variable y las fuentes usadas. Todas las variables fueron transformadas a logaritmo natural.

Tabla N° 1: Nombre de las Variables, Nomenclatura y Fuente

Nomeclatura	Nombre de la Variable	Fuente
PIB	Producto Interno Bruto	Banco Central de Chile
k	Stock de capital sin correcciones	Ministerio de Hacienda
l	Fuerza de Trabajo (ocupados)	Instituto Nacional de Estadísticas
pat	Patentes Solicitadas	Instituto Nacional de Propiedad Intelectual
p^{ene}	Precio Nudo de la Electricidad	Comisión Nacional de Energía
p^{mon}	Precio Monómico de la Energía	Comisión Nacional de Energía
pp	Precio del Petróleo	Comisión Nacional de Energía

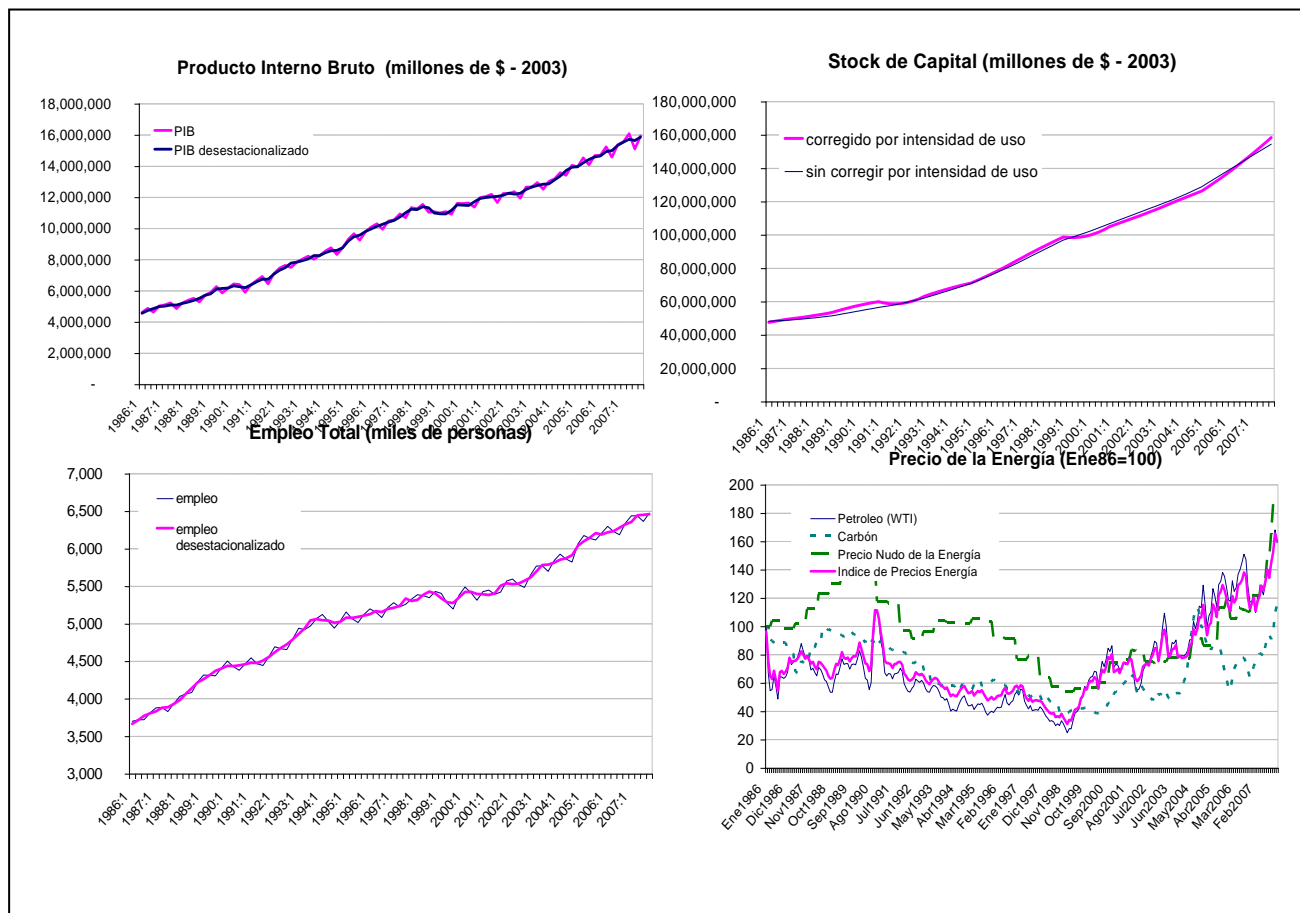
V. Resultados y Discusión

Tal como señalamos previamente, la estrategia empírica de este trabajo consiste en estimar la relación de corto y largo plazo de las variables por medio de cointegración y modelos de corrección de error (MCE), lo que constituye

¹¹ El precio monómico, p^{mon} , es una aproximación del precio de la energía y potencia eléctrica por medio de un solo índice.



Figura N° 3: PIB Real, Stock de Capital, Empleo Total y Precio de la Energía



una aproximación habitual en este tipo de estudios

(Gardner y Joutz, 1996; Glasure y Lee, 1997; Asafu-Adjaye, 2000; Jumbe, 2004).

El hecho de que un grupo de variables cointegre implica que existe una relación de equilibrio estable en el largo plazo. Es decir, aun cuando las variables sean no estacionarias individualmente, su evolución temporal es común y los residuos de la regresión que explican la relación entre las variables resultan estacionarios. La importancia estadística de este concepto radica en que la estimación por medio de MCO presenta buenas propiedades, y los coeficientes obtenidos en la regresión serán *superconsistentes* a pesar de las variables no estacionarias¹².

¹² Esto implica que los estimadores convergen al verdadero valor α y β a una tasa $1/T$, en lugar de la habitual $1/\sqrt{T}$

Para que dos o más variables cointegren es necesario que tengan el mismo orden de integración, lo que habitualmente se verifica mediante los contrastes de raíz unitaria de Dickey-Fuller Aumentado (DFA) y de Phillips-Perron (PP). En ambos casos, la hipótesis nula es que la serie tiene raíz unitaria, es decir, es no estacionaria. En el caso del test de DFA, el número óptimo de rezagos es elegido de acuerdo al Criterio de Información de Akaike (CIA)¹³. En el caso de PP, el ancho de banda óptimo es elegido de acuerdo al método de Newey-West usando Bertlett Kernel para el estimador espectral. La Tabla N° 2 presenta los resultados de estas pruebas.

¹³ Patterson (2000) sugiere que un procedimiento adecuado para determinar la estructura óptima de rezagos es eligiendo aquella que entregue los menores valores de los test de Akaike (CIA) y Schwartz (CIS), sujeto a que no se rechace la hipótesis nula de innovaciones tipo ruido blanco.

Tabla N° 2: Test de Raíz Unitaria (ADF y PP)

Variable	Augmented Dickey-Fuller test (ADF)		Pkillips-Perron test (PP)	
	Level Form	First Differences	Level Form	First Differences
PIB	-1.226(5)	-3.246 (4)**	-1,337(13)	-18,972(51)***
k	-0,474(1)	-2.252(0)	-0.822(5)	-2.614(1)*
l	-0,033(2)	-14,306(1)***	-0,142(16)	-8,791(15)***
Pat	-1.858(8)	-2,139(7)	-2,688(62)*	-17,605(9)***
p ^{enc}	0,962(0)	-6,186(0)***	0,751(1)	-6,173(1)***
p ^{mon}	1,130(0)	-6,093(0)***	0,770(0)	-6,093(0)***
p ^p	0.062(0)	-6,036(0)***	-0,349(3)	-6,001(2)***

Nota: los valores reportados en la tabla corresponden a los estadísticos t para cada serie. Todas las regresiones incluyen un intercepto. La muestra es desde 1992:Q1 hasta 2007:Q4. *** / ** / * indica el rechazo de la hipótesis nula con un nivel de significación de 1%, 5 % o 10%, respectivamente. Los números entre paréntesis corresponden a la selección óptima de rezagos en el caso de la prueba de DFA, y el ancho de banda óptimo en el caso de la prueba de PP. Los valores críticos son los reportados por EViews a partir de MacKinnon (1996).

La tabla muestra que todos los estadísticos t de las variables en niveles son mayores que los valores críticos para cualquier nivel de significación, tanto para el test de DFA como PP, lo que no permite rechazar la hipótesis nula de raíz unitaria salvo en el caso de la serie de registro de patentes (pat) por el test de PP. Es decir, exceptuando este último caso, las variables no serían estacionarias cuando se encuentran en su nivel.

Sin embargo, cuando las variables se encuentran en primeras diferencias prácticamente todos los estadísticos t de los test de DFA y PP son mayores, en valor absoluto, que los respectivos valores críticos al 5%, salvo los casos de las series de capital y patentes mediante el test de DFA, aunque en estos dos últimos casos los resultados de ambas pruebas son contradictorios. Estos resultados implican que la mayoría las series serían integradas de primer orden o $I(1)$, y en particular podemos asumir que el producto, el capital, el trabajo, las patentes y las series de precios de la energía son $I(1)$ al 5% de significación. Estos resultados también fueron contrastados con la prueba de raíz unitaria de KPSS, que asume bajo la hipótesis nula que las series son estacionarias, obteniéndose conclusiones consistentes con las obtenidas con los test de DFA y PP (resultados no reportados).

Dado que la mayoría de las series tienen el mismo orden de integración, procedemos a realizar las pruebas de cointegración, en primer lugar, mediante el procedimiento desarrollado por Engle-Granger. Básicamente, lo que la

metodología de Engle-Granger sugiere es que es posible construir combinaciones lineales no espurias de series de tiempo no estacionarias si es que son integradas del mismo orden, esto independientemente de las relaciones de causalidad entre las variables. Para testear la existencia de cointegración entre las variables se tiene que proceder mediante dos etapas: inicialmente, se estima el vector cointegración a partir de una regresión por medio de MCO entre los valores contemporáneos de las variables que componen el vector z_t (en este caso PIB, k, l, pat y las series de precios de la energía). Luego, si el residuo resultante es estacionario entonces los estimadores de MCO del vector z_t son consistentes. La estacionariedad del residuo se puede testear mediante la prueba de DFA, aunque los valores críticos estándares no son del todo apropiados para compararlos con los estadísticos t obtenidos de las regresiones (Gujarati, 2004). En este estudio consideramos los valores críticos propuestos por Engle y Yoo (1987).

La importancia de este test radica en que, en primer lugar, si las series cointegran es posible establecer que las variables seleccionadas tienen una relación en el largo plazo, es decir, se determinan endógenamente en el modelo¹⁴ y, en segundo lugar, los coeficientes del vector de cointegración pueden ser interpretados como relaciones de equilibrio entre las variables, o bien, como

¹⁴ La endogeneidad implica que el valor que toman las variables depende del valor que toman las otras variables implícitas en el modelo.



las elasticidades de largo plazo. En la Tabla N° 3 se presentan los resultados de las pruebas de cointegración mediante Engle-Granger para tres especificaciones diferentes del modelo (se mantienen constantes las series de producto, trabajo y capital, cambiando en cada caso las

mediante la acumulación de factores de producción, así como a partir del cambio tecnológico que experimenta a lo largo del tiempo.

Tabla N° 3: Resultados de las Pruebas de Cointegración mediante Engle-Granger

Variable	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
C	0.965	0.780	1.683
l	0.785	0.820	0.617
k	0.447	0.445	0.477
Pat(-4)	0.059	0.054	0.069
p ^{enc}	-0.027	-	-
p ^{mon}	-	-0.041	-
p ^p	-	-	0.004
Estadístico t - DFA (Residuos)	-3.53*	-3.45*	-3.280
R ²	0.981	0.981	0.980
Estadístico F	697.124	710.023	671.245

Nota: La muestra es de desde 1992Q:1 hasta 2007Q:4. *** / ** / * indica el rechazo de la hipótesis nula con un nivel de significación de 1%, 5% o 10%, respectivamente. Los números entre paréntesis corresponden a la selección óptima de rezagos para el test DFA, considerando el Criterio de Información de Akaike (CIA). La estructura de la prueba de DFA incluye una constante sin tendencia.

series de precios de la energía).

Al analizar los resultados de las pruebas de DFA sobre los residuos es posible establecer que las series cointegran al 5% de significación cuando el precio de energía es representado por las series de precios monómico (p^{mon}) y el precio nudo de la electricidad (p^{ene}), ya que el estadístico t es menor que el valor crítico propuesto para ese nivel de significación (-3.32). Es decir, es posible asumir que hay una relación de largo plazo entre el producto, capital, trabajo, las patentes y precio de la energía. Solo cuando se considera el precio del petróleo (p^p) las series no cointegran al 10% de significación.

En cuanto a los signos de los coeficientes obtenidos, son consistentes con las predicciones teóricas (positivos en los casos de trabajo, capital y patentes, y negativo en el caso del precio de la energía). Es decir, la economía crece

Las elasticidades precio del producto a la energía sugeridas por los resultados de la prueba de Engle-Granger para los modelos 1 y 2 son bastante homogéneas, y toman valores de -0.027 y -0.041, respectivamente.

Estos resultados implican que, en el largo plazo, un aumento sostenido en el precio de la energía de un 100% puede reducir la tasa de crecimiento del producto en un rango de 2 a 4%.

Estos valores son menores que los obtenidos por algunos estudios para EE.UU. y otros países desarrollados (Tatom, 1987, Gardner, 1996). Por otro lado, las elasticidades del producto a los factores de producción son algo mayores que los resultados habituales obtenidos para Chile, ya sea por contabilidad del crecimiento o algún otro método.

Estos resultados nos permiten construir un modelo condicional de corrección de error (MCE) basado en el teorema de representación de Granger (Engle y Granger, 1987), el que señala que es posible representar en un MCE un conjunto de variables que cointegran.

En estos casos, el modelo puede ser estimado mediante métodos estadísticos simples (MCO), y entrega estimaciones consistentes que permiten realizar inferencias estadísticas. El MCE se construye sobre las variables del vector de cointegración en sus versiones estacionarias (primeras diferencias) y está representado por la siguiente ecuación:

$$\Delta PIB_t = \alpha + \sum_{i=1}^4 \beta_i \Delta PIB_{t-i} + \sum_{i=0}^4 \delta_i \Delta l_{t-i} + \sum_{i=0}^4 \phi_i \Delta k_{t-i}^{in} + \sum_{i=0}^4 \tau_i \Delta pat_{t-4-i} + \sum_{i=0}^4 \varphi_i p_{t-i}^{ondex} + \rho ecm_{t-1} + \xi_t \quad (4)$$

Donde el término de corrección de error (ecm_{t-1}) es derivado de las ecuaciones de cointegración obtenidas a partir de la Tabla N° 3 (en este caso consideramos el modelo 2, con el precio monómico como *proxy* del precio de la energía):

$$ecm_{t-1} = \log PIB_{t-1} - 0.445 k_{t-1} - 0.82 l_{t-1} - 0.054 pat_{t-4} + 0.041 p_{t-1}^{mon} - 0.78 \quad (5)$$

En el MCE la tasa de crecimiento del PIB es función de su valor contemporáneo y sus rezagos, además de los valores contemporáneos y rezagos de las tasas de crecimiento de k , l , pat y p^{mon} , más ecm_{t-1} . Esta especificación nos permite observar la relación dinámica de las variables, ya que los coeficientes estimados se interpretan económicamente como elasticidades de corto plazo.

Los resultados obtenidos implican que los movimientos de la condición de equilibrio serán determinante en el comportamiento de corto plazo del modelo. La versión dinámica del modelo tiene buenas propiedades estadísticas de acuerdo a los resultados de las diferentes pruebas y no presenta signos de autocorrelación, heterocedasticidad y no normalidad de los residuos. Asimismo, las variables independientes explican en gran medida las variaciones de la tasa de crecimiento del PIB de acuerdo al valor obtenido del coeficiente de determinación (0,87), aun cuando muchas variables no son significativas. Pese a esto, el estadístico F de significación conjunta es altamente significativo.

Además, el coeficiente del término de corrección de error es negativo (-0,291), lo que es consistente con el requerimiento teórico de estabilidad dinámica del modelo, aunque no es significativo a ningún nivel relevante.

Una forma de obtener una versión más representativa e interpretable de la versión dinámica del modelo es estimando la ecuación parsimoniosa del MCE siguiendo una metodología “de lo general a lo específico”, que

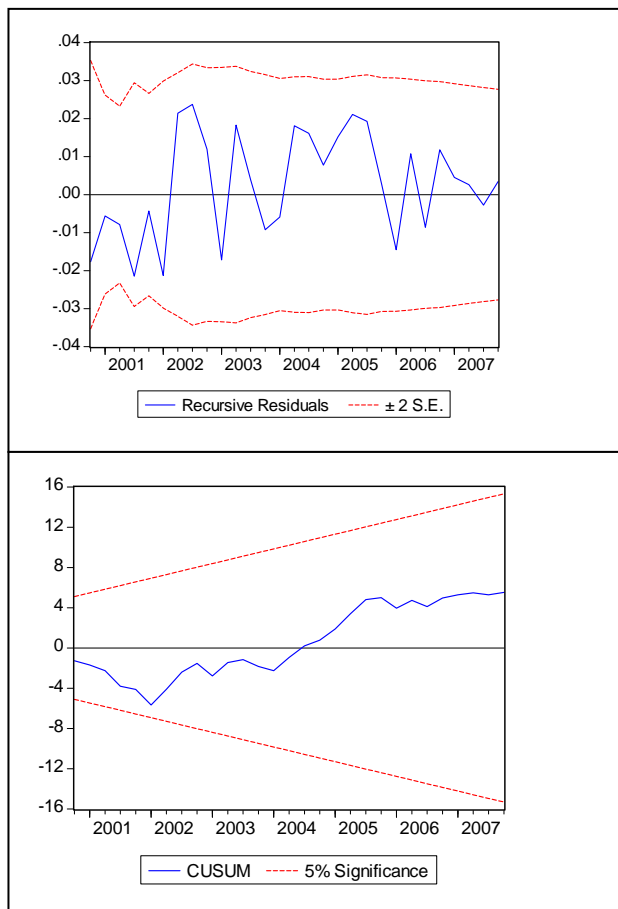
consiste en eliminar variables poco significativas mediante una reducción secuencial. Los resultados (no reportados) muestran que el coeficiente del término de corrección de error es igualmente negativo y significativo al 5%, y que la magnitud de éste implica que el desequilibrio se ajustará un 8% en cada periodo. Este valor es bastante menor al estimado por Gardner (1996) para EE.UU. (-0.29), y podría estar reflejando cierta rigidez estructural de la economía chilena para ajustarse a *shocks* aleatorios, posiblemente por la existencia de costos de ajuste sobre los factores productivos.

Además, los resultados señalan que la tasa de crecimiento del producto depende de las variaciones de la fuerza de trabajo fundamentalmente, siendo éste el factor más relevante a la hora de determinar las variaciones del producto. Nuevamente, la ecuación no muestra signos de autocorrelación, heterocedasticidad, no normalidad de los residuos o problemas de especificación.

Finalmente, para analizar la estabilidad del modelo dinámico consideramos el método de los Mínimos Cuadrados Recursivos, herramienta que permite investigar la constancia de los parámetros y residuos a partir de innovaciones secuenciales (“*one-step innovations*”), lo que resulta consistente en procesos dinámicos. Los resultados de las estimaciones muestran que todos los coeficientes recursivos permanecen al interior de la banda construida en torno a los valores ex ante (± 2 desviaciones estándar), confirmando razonablemente la estabilidad de los parámetros (ver figura N° 4).



Figura N° 4: Estimación Recursiva del Residuo del Modelo Dinámico Parsimonioso



Nota: Las figuras muestran los residuos recursivos en torno a la línea cero, ± 2 desviaciones estándar. El gráfico superior corresponde a la estimación sin la variable *dummy*, en tanto, el inferior incluye la variable *dummy* que considera los efectos de las crisis asiática (“*dummy 98*”).

VI. Conclusiones

El propósito de este trabajo ha sido evaluar el impacto de las variaciones de los precios de la energía sobre la tasa de crecimiento, en el contexto de la evolución económica de Chile por un periodo de 15 años. Los resultados indican que la mayoría de las series son integradas de primer orden y que cointegran, confirmando la existencia de una relación o equilibrio de largo plazo entre las

variables. Esto implica que la tasa de crecimiento de la economía chilena no es independiente de los precios de la energía.

La relación obtenida sugiere que en el largo plazo el PIB depende positivamente del *stock* de capital, trabajo y patentes, y negativamente del precio de la energía. La elasticidad precio del PIB fluctúa entre -0,027 y -0,04, dependiendo del modelo especificado. Esto significa que incrementos sostenidos en el precio de la energía en torno al 100% podrían restar a la tasa de crecimiento de largo plazo aproximadamente un rango de 2 a 4%. Sin embargo, en el corto plazo la tasa de crecimiento del PIB no depende del precio de la energía. Además, los resultados del modelo dinámico indican que la economía se ajusta lentamente a los *shocks* externos.

¿Cuáles son las implicancias de estos resultados en relación al diseño de políticas energéticas y ambientales? En primer lugar, la tasa de crecimiento de la economía se determina fundamentalmente en el corto plazo por la acumulación de factores de producción, en particular trabajo. Variaciones transitorias en el precio de la energía no tendrían efectos significativos sobre el producto. Esto sugiere que el uso de mecanismos estabilizadores de corto plazo de los precios no tendría efectos significativos directos sobre la tasa de crecimiento.

Además, es sumamente necesario seguir la evolución de los costos de generación eléctrica e implementar medidas que aseguren que los cambios regulatorios no afectarán mayormente el precio de la matriz energética. Más aún, medidas que fortalezcan la competencia y que permitan reducir los precios de largo plazo permitirán adicionalmente incrementar la tasa de crecimiento de largo plazo de la economía.

En relación al efecto del cambio tecnológico sobre el crecimiento, medidas que tiendan a fomentar las innovaciones tendrán efectos significativos y positivos sobre las variaciones del producto en el largo plazo, por lo que es fundamental promover la innovación, ya sea mediante la adopción de tecnologías importadas, o bien, fomentando el proceso de invención y licenciamiento en los científicos nacionales.

Otro hallazgo interesante es la lentitud con que se ajusta

la economía a los *shocks*, aunque esto posiblemente tiene que ver más con las posibilidades de reasignación de factores productivos que con los cambios en los precios de la energía. Iniciativas que fomenten la flexibilidad en la reasignación de factores tendrían un positivo impacto en la capacidad de respuesta de la economía.

Una posible línea de investigación que surge a partir de este trabajo es la estimación de los impactos sociales (empleo, pobreza y distribución del ingreso) que genera la reducción de la tasa de crecimiento del producto, debido a las alzas de los precios de la energía.

VII. Referencias Bibliográficas

- Akarca, A. T. y T. Long (1979). "Energy and employment: a time-series analysis of the causal relationship." *Resources and Energy* **2**(2-3): 151-162.
- Akinlo, A. E. (2008). "Energy consumption and economic growth: Evidence from 11 Sub-Sahara African countries." *Energy Economics* **30**: 2391-2400.
- Alam, M. S. (2006). "Economic growth with energy." MPRA paper: 1-25.
- Asafu-Adjaye, J. (2000). "The relationship between energy consumption, energy prices and economic growth: time series evidence from Asian developing countries." *Energy Economics* **22**(6): 615-625.
- Bohi, D. R. (1989). *Energy price shocks and macroeconomic performance*. Washington, D.C., Resource for the Future.
- Boyd, R. y T. Caporale (1996). "Scarcity, resource price uncertainty, and economic growth." *Land Economics* **72**(3): 326-335.
- Burbidge, J. y A. Harrison (1984). "Testing for the effects of oil-price rises using vector autoregressions." *International Economic Review* **25**(2): 459-484.
- CNE (2008). *Energy Statistics, National Energy Commission*.
- Chontanawat, J., L. C. Hunt, et al. (2008). "Does energy consumption cause economic growth?: Evidence from a systematic study." *Journal of Policy Modeling* **30**(2): 209-220.
- Darby, M. R. (1982). "The price of oil and world inflation and recession." *The American Economic Review* **72**(4): 738-751.
- Engle, R. F. y C. W. J. Granger (1987). "Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing." *Econometrica* **55**(2): 25.
- Engle, R. F. y B. S. Yoo (1987). "Forecasting and testing in co-integrated systems." *Journal of Econometrics* **35**(1).
- Erol, U. y E. S. H. Yu (1987). "On the causal relationship between energy and income for industrialized countries." *Journal of Energy and Development* **13**: 113-122.
- Finn, M. G. (1995). "Variance properties of Solow's productivity residual and their cyclical implications." *Journal of Economic Dynamics and Control* **19**(5-7): 1249-1281.
- 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.
- Galetovic, A. y C. Muñoz (2008). "Energías renovables no convencionales: ¿Cuánto nos van a costar?" (1-46).
- Galetovic, A. y C. Muñoz (2009). "Estimating deficit probabilities with price-responsive demand in contract-based electricity markets." *Energy Policy* **37**(2): 560-569.
- Gardner, T. A. y F. L. Joutz (1996). "Economic growth, energy prices and technological innovation." *Southern Economic Journal* **62**(3): 653-666.
- Ghali, K. H. y M. I. T. El-Sakka (2004). "Energy use and output growth in Canada: a multivariate cointegration analysis." *Energy Economics* **26**(2): 225-238.
- Glasure, Y. U. (2002). "Energy and national income in



- Korea: further evidence on the role of omitted variables." *Energy Economics* **24**(4): 355-365.
- Glasure, Y. U. y A.-R. Lee (1997). "Cointegration, error-correction, and the relationship between GDP and energy: The case of South Korea and Singapore." *Resource and Energy Economics* **20**(1): 17-25.
- Gujarati, D. N. (2004). *Basic Econometrics, Fourth Edition*, The McGraw-Hill Companies.
- Hamilton, J. D. (1983). "Oil and the macroeconomy since world war II." *The Journal of Political Economy* **91**(2): 228-248.
- Johansen, S. y K. Juselius (1990). "Maximum likelihood estimation and inference on cointegration - with applications to the demand for money." *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* **52**(2): 43.
- Jumbe, C. B. L. (2004). "Cointegration and causality between electricity consumption and GDP: empirical evidence from Malawi." *Energy Economics* **26**(1): 61-68.
- Kraft, J. y A. Kraft (1978). "On the relationship between energy and GNP." *Journal of Energy and Development* **3**: 401-403.
- Lee, C.-C. y C.-P. Chang (2008). "Energy consumption and economic growth in Asian economies: A more comprehensive analysis using panel data." *Resource and Energy Economics* **30**(1): 50-65.
- Lee, C.-C., C.-P. Chang, et al. (2008). "Energy-income causality in OECD countries revisited: The key role of capital stock." *Energy Economics* **30**(5): 2359-2373.
- Narayan, P. K. y R. Smyth (2008). "Energy consumption and real GDP in G7 countries: New evidence from panel cointegration with structural breaks." *Energy Economics* **30**(5): 2331-2341.
- Rasche, R. H. y J. A. Tatom (1981). *Energy price shocks, aggregate supply and monetary policy: The theory and the international evidence*. Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy, North-Holland Publishing Company.
- Rotemberg, J. y M. Woodford (1996). "Imperfect competition and the effects of energy price increases on economic activity." *Journal of Money, Credit & Banking* **28**(4): 549-577.
- Saunders, H. D. (1984). "The macrodynamics of energy shocks, short- and long-run." *Energy Economics* **6**(1): 21-34.
- Saunders, H. D. (1992). "The khazzoom-brookes postulate and neoclassical growth." *The Energy Journal* **13**(4).
- Solow, R. M. (1956). "A contribution to the theory of economic growth." *The Quarterly Journal of Economics* **70**(1): 65-94.
- Soytas, U. y R. Sari (2006). "Can China contribute more to the fight against global warming?" *Journal of Policy Modeling* **28**(8): 837-846.
- Stern, D. I. (1997). "Limits to substitution and irreversibility in production and consumption: a neoclassical interpretation of ecological economics." *Ecological Economics* **21**(3): 197-215.
- Stern, D. I. (2000). "A multivariate cointegration analysis of the role of energy in the US macroeconomy." *Energy Economics* **22**(2): 267-283.
- Stern, D. I. y C. J. Cleveland (2004). "Energy and economic growth." *Working Papers in Economics*(0410): 1-41.
- Tatom, J. A. (1987). "The macroeconomic effects of the recent fall in oil prices." *The Federal Reserve Bank of St. Louis Review* June/July: 34-45.
- Tatom, J. A. (1988). "Macroeconomic Effects of the 1986 Oil Price Decline." *Contemporary Policy Issues* **VI**.
- Tatom, J. A. (1991). "The 1990 oil price hike in perspective." *The Federal Reserve Bank of St. Louis Review* November/December: 3-18.
- Tokman, M. (2008). *Política energética: nuevos lineamientos. Transformando la crisis energética en una nueva oportunidad*, Comisión Nacional de Energía.



Wolde-Rufael, Y. (2008). *"The long-run relationship between petroleum imports and economic growth: The case of Cyprus."* Resource, and Energy and Development **5**: 95-103.

Wolde-Rufael, Y. (2009). *"Energy consumption and economic growth: The experience of African countries revisited."* Energy Economics **31**(2): 217-224.

Yang, H.-Y. (2000). *"A note on the causal relationship between energy and GDP in Taiwan."* Energy Economics

20: 309-317.

Yu, E. S. H. y J. Y. Choi (1985). *"The causal relationship between energy and GNP: an international comparison."* Journal of Energy and Development **10**: 249-272.

Yuan, J.-H., J.-G. Kang, et al. (2008). *"Energy consumption and economic growth: Evidence from China at both aggregated and disaggregated levels."* Energy Economics **30**(6): 3077-3094.



Serie Informe Económico

Últimas Publicaciones

- N° 205** **Latinoamérica 2010 y su Heterogéneo
Panorama Económico (2ª Parte)**
Francisco Garcés
Mayo 2010
- N° 204** **Latinoamérica 2010 y su Heterogéneo
Panorama Económico (1ª Parte)**
Francisco Garcés
Abril 2010
- N° 203** **Evaluación del Impacto y
Calidad de las Políticas Públicas**
Alejandro Ferreiro y Felipe Silva
Febrero 2010