

EVOLUCIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD TOTAL DE FACTORES EN CHILE



Síntesis Metodológica

Existe en la actualidad un diagnóstico preocupante sobre las escasas ganancias de Productividad Total de los Factores (PTF) en la economía chilena. El tema adquiere mayor importancia al considerar que la evidencia internacional muestra que no existe país que haya alcanzado el desarrollo sin un crecimiento sostenido de su productividad. En el presente documento se revisa la literatura nacional e internacional sobre la determinación de la PTF, rescatando las mejores prácticas para su cálculo. Luego, tras comprobar la disponibilidad de datos de publicación periódica, se propone un cálculo de productividad agregada y sectorial para Chile, y, por último, se presentan los principales resultados de los índices propuestos en términos de su evolución. Los dos grandes objetivos de este trabajo, son proponer un cálculo periódico de distintos índices de PTF para Chile -que se transforme en una valiosa herramienta de control de la gestión económica del país- y fomentar la investigación de este importante tópico.

Este libro constituye un excelente aporte a la medición de la productividad total de factores (PTF) en Chile, que presenta notables avances metodológicos y resultados novedosos. El foco del libro tiene una doble justificación. Primero, la experiencia internacional muestra que el incremento sistemático de la productividad de los procesos productivos es una condición necesaria y esencial para lograr un crecimiento sustentable del PIB y para lograr el desarrollo económico. Segundo, el aumento de la PTF muestra a partir de 1997 una caída extraordinaria, situando a Chile entre los países del mundo con las menores ganancias de productividad agregada en los últimos 15 años. Por sus serias implicancias de política económica, este resultado requiere de una medición cuantitativa más detallada, que es precisamente lo que aporta este estudio.

El estudio innova sobre los escasos estudios realizados previamente para Chile en cuatro dimensiones: utiliza una adaptación de la metodología OCDE, presenta medidas de PTF sin y con ajustes por calidad del trabajo y utilización del trabajo y del capital, construye series agregadas y sectoriales para más de dos décadas y presenta todas las series para frecuencias anuales y trimestrales. Particularmente los resultados de la evolución de la PTF a nivel sectorial son muy valiosos, mostrando una extraordinaria dispersión intersectorial y en el tiempo. Aunque los autores aventuran algunas explicaciones para dichas diferencias, la identificación causal de dichas explicaciones debe abordarse en trabajos futuros.

El estudio, apoyado por CORFO y la U. Adolfo Ibáñez, es de la mayor importancia para identificar y luego comprender el proceso de crecimiento en Chile en sus variables fundamentales. Contando con estas series y los posteriores estudios que identifiquen las falencias de políticas que están detrás del pobrísimo desempeño de la PTF en Chile, permitirá extraer las correspondientes conclusiones de política económica. Por lo tanto, este libro debería ser lectura obligatoria de investigadores, analistas económicos y ministros de estado – en fin, de todas las personas e instituciones preocupadas por el desarrollo económico de Chile.

Klaus Schmidt-Hebbel
Profesor, Universidad Católica de Chile
Director General, Res Publica Chile

La productividad es un tema de extrema importancia para Chile; son numerosos los trabajos que han encontrado una desaceleración en el crecimiento de la productividad a partir de fines de los 90. La mayoría de los autores concuerdan en que esa desaceleración es un problema importante porque podría significar que Chile no consiga las tasas de crecimiento requeridas para conseguir los aumentos en el PIB per cápita deseados. Sin embargo, a pesar de la importancia del tema, hasta la fecha no había mediciones de productividad que abarquen a la totalidad de la economía, que cuenten con amplia desagregación sectorial, que estén basados en estándares internacionales, sean replicables y estén disponibles para todos los investigadores. Este libro es un paso muy importante para llenar ese vacío. Probablemente, como los autores plantean, algunas de las cifras serán mejoradas en el futuro. Sin embargo, las contribuciones serán marginales comparadas con la contribución inicial de este trabajo. La disponibilidad de datos es un bien público con numerosas externalidades. Estos datos seguramente motivarán a otros investigadores a estudiar las causas de la desaceleración de la productividad y por lo tanto serán la base para el diseño de políticas que permitan devolver a Chile a la senda de años anteriores.

Rodolfo Stucchi
Banco Interamericano del Desarrollo, Santiago

Evolución de la Productividad Total de Factores en Chile

Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	- 1 -
2. MEDICIÓN DE LA PTF: MEJORES PRÁCTICAS INTERNACIONALES	- 3 -
2.1. PRODUCTO	- 3 -
2.2. FACTORES PRODUCTIVOS	- 3 -
2.2.1 El factor trabajo.....	- 3 -
2.2.2 El factor capital.....	- 4 -
3. REVISIÓN DE LOS PRINCIPALES ESTUDIOS PARA CHILE	- 6 -
3.1. PRODUCTO A NIVEL AGREGADO.....	- 6 -
3.2. FACTORES PRODUCTIVOS A NIVEL AGREGADO.....	- 6 -
3.2.1 Cálculo de la medida de trabajo	- 6 -
3.2.2 Cálculo de la medida de capital	- 7 -
3.3. CÁLCULOS SECTORIALES DE LA PTF	- 9 -
4. HACIA UNA MEDICIÓN DE LA PTF AGREGADA Y SECTORIAL.....	- 12 -
4.1. SOBRE LA MEDIDA DE PTF	- 12 -
4.2. SOBRE LA PRODUCCIÓN	- 12 -
4.3. EL FACTOR TRABAJO.....	- 12 -
4.3.1 Factor trabajo a nivel agregado.....	- 12 -
4.3.2 Factor trabajo a nivel sectorial	- 15 -
4.4. EL FACTOR CAPITAL.....	- 16 -
4.4.1 El factor capital a nivel agregado	- 16 -
4.4.2 El factor capital a nivel sectorial	- 18 -
4.5. STOCK DE RECURSOS NATURALES	- 18 -
4.6. PARTICIPACIÓN DEL CAPITAL Y TRABAJO	- 18 -
5. RESULTADOS: VEINTE AÑOS DE EVOLUCIÓN DE LA PTF EN CHILE.....	- 19 -
5.1. EVOLUCIÓN DE LA PTF AGREGADA EN CHILE.....	- 19 -
5.2. EVOLUCIÓN DE LA PTF SECTORIAL EN CHILE	- 22 -
5.2.1 Sector Agricultura, caza y pesca.....	- 22 -
5.2.2 Sector Minería.....	- 23 -
5.2.3 Sector Industria	- 24 -
5.2.4 Sector Electricidad, gas y agua	- 25 -
5.2.5 Sector Construcción y obras de ingeniería	- 26 -
5.2.6 Sector Comercio, restaurantes y hoteles.....	- 27 -
5.2.7 Sector Transporte y comunicaciones.....	- 28 -
5.2.8 Sector Servicios financieros y empresariales.....	- 29 -

REFERENCIAS Y LECTURAS COMPLEMENTARIAS	- 32 -
ANEXO: MEMORIA DE CÁLCULO	- 38 -
PRODUCTIVIDAD TOTAL DE FACTORES (PTF)	- 38 -
PRODUCTO INTERNO BRUTO Y VALOR AGREGADO (Y)	- 38 -
EMPLEO EFECTIVO (LE)	- 38 -
STOCK DE CAPITAL UTILIZADO (KUT)	- 40 -
PARTICIPACIÓN DEL CAPITAL (α)	- 43 -
ESTIMACIÓN DE LA PTF SIN CONSIDERAR LOS RECURSOS NATURALES	- 44 -

Gráficos

GRÁFICO 4.1: TOTAL DE HORAS TRABAJADAS	13 -
GRÁFICO 4.2: COMPOSICIÓN DE LA MANO DE OBRA OCUPADA POR NIVEL EDUCACIONAL	14 -
GRÁFICO 4.3: EVOLUCIÓN DEL PREMIO POR EDUCACIÓN AGREGADO.....	15 -
GRÁFICO 4.4: EVOLUCIÓN DEL PREMIO POR EDUCACIÓN SECTORIAL	16 -
GRÁFICO 4.5: UTILIZACIÓN DEL STOCK DE CAPITAL PARA CHILE EN BASE AL CONSUMO DE ENERGÍA Y A LA TASA DE DESEMPLEO.-	17 -
GRÁFICO 4.6: EVOLUCIÓN DEL STOCK DE CAPITAL Y DEL STOCK DE CAPITAL AJUSTADO POR UTILIZACIÓN	17 -
GRÁFICO 5.1: EVOLUCIÓN ANUAL DE LA CONTRIBUCIÓN DE FACTORES AL CRECIMIENTO AGREGADO	19 -
GRÁFICO 5.2: VARIACIÓN PTF AGREGADA CON Y SIN AJUSTES	20 -
GRÁFICO 5.3: VARIACIÓN PTF AGREGADA CON AJUSTES Y ESTIMACIÓN DEL COMITÉ CONSULTIVO PIB TENDENCIAL.....	20 -
GRÁFICO 5.4: PTF AGREGADA TOTAL Y EXCLUYENDO SECTORES MÁS LIGADOS A RECURSOS NATURALES	21 -
GRÁFICO 5.5: VARIACIÓN TRIMESTRAL DE LA PTF AGREGADA.....	21 -
GRÁFICO 5.6: EVOLUCIÓN ANUAL DE LA CONTRIBUCIÓN DE FACTORES AL CRECIMIENTO DEL SECTOR AGRICULTURA, CAZA Y PESCA -	22 -
GRÁFICO 5.7: EVOLUCIÓN DE LA PTF TRIMESTRAL DEL SECTOR AGRICULTURA, CAZA Y PESCA	22 -
GRÁFICO 5.8: EVOLUCIÓN ANUAL DE LA CONTRIBUCIÓN DE FACTORES AL CRECIMIENTO DEL SECTOR MINERÍA.....	23 -
GRÁFICO 5.9: EVOLUCIÓN DE LA PTF TRIMESTRAL DEL SECTOR MINERÍA	23 -
GRÁFICO 5.10: EVOLUCIÓN ANUAL DE LA CONTRIBUCIÓN DE FACTORES AL CRECIMIENTO DEL SECTOR INDUSTRIA.....	24 -
GRÁFICO 5.11: EVOLUCIÓN DE LA PTF TRIMESTRAL DEL SECTOR INDUSTRIA	24 -
GRÁFICO 5.12: EVOLUCIÓN ANUAL DE LA CONTRIBUCIÓN DE FACTORES AL CRECIMIENTO SECTOR ELECTRICIDAD, GAS Y AGUA -	25 -
GRÁFICO 5.13: EVOLUCIÓN DE LA PTF TRIMESTRAL DEL SECTOR ELECTRICIDAD, GAS Y AGUA.....	25 -
GRÁFICO 5.14: EVOLUCIÓN ANUAL DE LA CONTRIBUCIÓN DE FACTORES AL CRECIMIENTO DEL SECTOR CONSTRUCCIÓN Y OBRAS DE INGENIERÍA	26 -
GRÁFICO 5.15: EVOLUCIÓN DE LA PTF TRIMESTRAL DEL SECTOR CONSTRUCCIÓN Y OBRAS DE INGENIERÍA.....	26 -
GRÁFICO 5.16: EVOLUCIÓN ANUAL DE LA CONTRIBUCIÓN DE FACTORES AL CRECIMIENTO DEL SECTOR COMERCIO, RESTAURANTES Y HOTELES	27 -
GRÁFICO 5.17: EVOLUCIÓN DE LA PTF TRIMESTRAL DEL SECTOR COMERCIO, RESTAURANTES Y HOTELES.....	27 -
GRÁFICO 5.18: EVOLUCIÓN ANUAL DE LA CONTRIBUCIÓN DE FACTORES AL CRECIMIENTO SECTOR TRANSPORTE Y COMUNICACIONES	28 -
GRÁFICO 5.19: EVOLUCIÓN DE LA PTF TRIMESTRAL DEL SECTOR TRANSPORTE Y COMUNICACIONES	28 -
GRÁFICO 5.20: EVOLUCIÓN ANUAL DE LA CONTRIBUCIÓN DE FACTORES AL CRECIMIENTO SECTOR SERVICIOS FINANCIEROS Y EMPRESARIALES	29 -
GRÁFICO 5.21: EVOLUCIÓN DE LA PTF TRIMESTRAL DEL SECTOR SERVICIOS FINANCIEROS Y EMPRESARIALES	29 -

Tablas

TABLA 1: CRECIMIENTO DEL PIB Y LA PTF	- 1 -
TABLA 2: RECOMENDACIONES DE LA OCDE PARA MEDIR LOS FACTORES CAPITAL Y TRABAJO	- 5 -
TABLA 3: RESUMEN DE LA LITERATURA RELATIVA A PTF A NIVEL AGREGADO EN CHILE	- 8 -
TABLA 4: RESUMEN DE LA LITERATURA RELATIVA A PTF A NIVEL SECTORIAL EN CHILE.....	- 11 -
TABLA 5: PREMIO POR EDUCACIÓN	- 14 -

1. INTRODUCCIÓN

Hoy existe un diagnóstico preocupante y compartido sobre las escasas ganancias de Productividad Total de los Factores¹ (PTF) en la economía chilena. Como se puede observar en la tabla 1.1, de acuerdo con la estimación del Comité Consultivo de PIB Tendencial², la Productividad Total de los Factores -de aquí en adelante PTF o, simplemente, productividad- creció en promedio 3,2% entre 1991 y 1997, periodo en que la economía creció 8,2% promedio por año, pero se estancó a partir de 1998. El mismo Comité proyecta que la PTF crecerá moderadamente entre los años 2012 y 2017.

TABLA 1: CRECIMIENTO DEL PIB Y LA PTF

Según Comité de Expertos del PIB tendencial del Ministerio de Hacienda
(Promedios anuales, %)

	PTF	PIB
1991-1997	3,24	8,18
1998-2011	-0,02	3,92
2012-2017 (p)	0,39	n.d.

(p): Proyección.

(n.d.): Información no disponible

Fuente: Acta de resultados del Comité Consultivo del PIB tendencial Agosto, 2012, DIPRES.

Si bien hay consenso en cuanto a que el rápido crecimiento de Chile en la época dorada se explicaría por las reformas estructurales realizadas en las décadas de los '70 y '80, las políticas económicas posteriores y la existencia de un escenario externo favorable, no hay un acuerdo amplio respecto de las causas de su deterioro posterior.

Para algunos, la caída de la PTF obedece a factores transitorios y exógenos a la economía, tales como el encarecimiento de la energía, la crisis asiática o el boom del cobre. Para otros, la falta de políticas públicas adecuadas habría permitido un estancamiento de la PTF de carácter más estructural. Entre éstas, podemos mencionar aquellas relacionadas con la falta de flexibilidad microeconómica, la escasez de capital humano o la falta de competencia.

En este contexto, se han realizado diversos estudios que utilizan distintas metodologías para relacionar productividad con un amplio abanico de variables. Entre estos, destacan: De Gregorio (1997), Rojas et al. (1997), Roldós (1997), Coeymans (1999), Chumacero y Fuentes (2002), Bergoeing et al. (2002), Beyer y Vergara (2002), Contreras y García

¹ La Productividad Total de los Factores (PTF) mide la parte del crecimiento económico que NO se puede explicar por aumentos de las horas trabajadas, aumentos en la cantidad y uso de capital físico o aumentos en la cantidad de capital humano. En otras palabras, la PTF captura incrementos de esfuerzo que permiten producir más con los mismos factores. De acuerdo con las teorías clásica y neoclásica de crecimiento, no es posible sostener tasas de crecimiento del PIB sin aumentos de productividad. En esos modelos, la única fuente de crecimiento per cápita en el largo plazo es la productividad. Las teorías de desarrollo endógeno, en tanto, ponen énfasis en procesos de retroalimentación o círculos virtuosos, muchas veces relacionados con el capital humano.

² El Comité Consultivo está constituido por un grupo de expertos seleccionados año a año por el Ministerio de Hacienda que, además de determinar el crecimiento del PIB tendencial para efectos de la regla de gasto fiscal, entrega proyecciones de la PTF obtenidas a partir de una función de producción Cobb-Douglas.

(2002), Gallego y Loayza (2002), Solimano y Soto (2004), Álvarez y Fuentes (2004), Álvarez y López (2005), Fuentes et al (2006), Vergara y Rivero (2006), Álvarez et al. (2008), Schwellnus, C. (2010).

Si bien los aportes de estos estudios son innegables, su análisis ha dejado en evidencia que incluso una medición estandarizada de PTF a nivel agregado, es insuficiente para comprender este fenómeno. Por ejemplo, se requieren desagregaciones sectoriales para estudiar temas relacionados con la reasignación de recursos entre dichos sectores o desagregaciones según tamaño de las firmas para analizar y comparar los efectos de la innovación y el gasto en investigación y desarrollo. La medición periódica, por su parte, permite una alerta temprana sobre problemas de productividad en la economía.

A continuación se presenta una propuesta metodológica para el cálculo de la PTF agregada y sectorial, que si bien tiene algunas limitaciones que se espera abordar en una siguiente etapa, fue analizada y validada por los más destacados académicos e investigadores estudiosos de la materia, y por *policy makers* vinculados a la productividad del país³.

³ A septiembre de 2013, se realizaron tres seminarios en los que se discutió no sólo la metodología de medición, sino también los alcances de sus resultados.

2. MEDICIÓN DE LA PTF: MEJORES PRÁCTICAS INTERNACIONALES

En esta sección se revisan las prácticas utilizadas para la medición de la PTF en Estados Unidos, el Reino Unido y Canadá, así como las recomendaciones realizadas por la OCDE.

Tanto el Manual de Mejores Prácticas para Medir Productividad de la OCDE como las actividades realizadas para la estimación de la PTF agregada y sectorial por parte del Instituto de Estadísticas Laborales de Estados Unidos (Bureau of Labor Statistics, BLS), el Instituto de Estadísticas de Canadá (Statistics Canada, SC) y el Instituto de Estadísticas Nacionales (Office for National Statistics, ONS), del Reino Unido, plantean una metodología distinta para las estimaciones agregada y sectorial.

2.1. Producto

En todos los casos citados, la medida a nivel agregado de producción corresponde al Producto Interno Bruto (PIB). Las medidas a nivel desagregado contemplan el uso del PIB sectorial, así como el valor agregado. La diferencia entre ambas es el costo de los insumos intermedios comprados a otros sectores.

La producción bruta puede ser una buena medida a nivel agregado, pero no necesariamente a nivel sectorial. Esto se debe a que el PIB sectorial no se hace cargo de la doble contabilidad generada por transacción de insumos intermedios entre sectores. En este sentido, la utilización del valor agregado a nivel sectorial es una mejor alternativa, ya que permite incluso la suma de sectores.

Una vez identificada la medida utilizada respecto al producto, se requiere hacer un supuesto para la función de producción, es decir, utilizar una aproximación matemática a la forma en que se combinan los factores en la producción de bienes y servicios. La práctica generalizada es utilizar una función del tipo Cobb-Douglas.

2.2. Factores productivos

2.2.1 El factor trabajo

Tal como lo recomienda el manual de la OCDE, en todos los casos analizados se utiliza el total de horas trabajadas “efectivas”. Para esto es necesario corregir las horas trabajadas por calidad o productividad del trabajo. Este cálculo se realiza a partir de la mayor desagregación posible (por nivel de educación, experiencia laboral y género), ponderadas por sus remuneraciones como aproximación de la productividad de cada clase de trabajadores. Bajo el supuesto que cada trabajador recibe una remuneración por su aporte marginal a la producción, esta ponderación corrige el factor trabajo por su calidad, es decir, incorpora también el capital humano.

Esta corrección se realiza para el agregado de la economía y para cada uno de los sectores. Así, la variación en este factor corresponde tanto al cambio del total de horas trabajadas como a cambios (mejoras) de productividad laboral.

2.2.2 El factor capital

En los países analizados, el tratamiento del aporte del factor capital a la producción es similar al tratamiento del factor trabajo y se construye, también, en concordancia con las recomendaciones de la OCDE.

La primera tarea es calcular el stock de capital. Para esto se realiza una apertura lo más detallada y desagregada posible de la inversión en activos fijos (formación bruta de capital fijo, FBK). Para cada uno de estos activos se supone una tasa de depreciación y se calcula el stock de capital utilizando el método de inventarios perpetuos⁴. La tasa de depreciación se determina a partir de supuestos sobre la vida útil de cada tipo de activo fijo.

Los stocks de capital de los distintos tipos de activos (maquinarias, equipos computacionales, otros equipos, edificios, etc.) son agregados dependiendo del valor de su servicio (servicios de capital). Esto se mide a través del “costo de arriendo” o “costo de uso”, el cual considera el precio relativo del capital, la tasa de interés relevante (costo de fondeo), la tasa de depreciación y las ganancias de capital esperadas (por lo general el supuesto es que este componente es nulo). Al multiplicar este costo de uso por el stock de capital se obtienen cifras del insumo de capital corregido por su calidad o, dicho de otro modo, por su aporte marginal al proceso productivo. En la medida que el capital se hace más productivo (de mejor calidad) su costo de arriendo debiera subir.

El manual de la OCDE recomienda dos métodos alternativos para realizar este cálculo. El primero, y más utilizado en la práctica, corresponde al método “endógeno” en el que se utilizan datos *ex post* de cada periodo para el retorno del capital (se calcula por residuo, en base a información del ingreso total menos el ingreso del trabajo), la tasa de depreciación, y las ganancias o pérdidas reales de capital (cambio en el precio relativo del capital). El segundo es el método “exógeno”, en el que se utiliza una suavización de alguna medida disponible de tasa de interés real *ex ante* como proxy del retorno del capital, un supuesto anticipado de las ganancias de capital esperadas (que usualmente se supone nulo) y la tasa de depreciación. Este método es preferible cuando la información es incompleta e insuficiente para utilizar el método endógeno. En ambos casos se deben considerar, además, los impuestos relevantes.

Respecto de la tasa de utilización del capital, generalmente no existe información que permita diferenciar qué tipo de capital se está utilizando y en qué proporción. Por lo tanto, esta tasa se obtiene a través de la aplicación de encuestas.

La tabla 2.1 resume las recomendaciones de la OCDE para medir los factores capital y trabajo.

⁴ El método de inventarios perpetuos calcula el stock de capital K en un periodo t como:

$$K_t = K_{t-1} \times (1-\delta) + FBK_t,$$

donde δ representa la tasa de depreciación (que en general se supone constante) y FBK la formación bruta de capital fijo. Este método precisa de un stock de capital inicial, pero es fácil demostrar que si el periodo inicial está alejado en el pasado, este supuesto es irrelevante.

TABLA 2: RECOMENDACIONES DE LA OCDE PARA MEDIR LOS FACTORES CAPITAL Y TRABAJO

	Factor trabajo	Factor capital
Medida de stock	Capital humano	Capital físico
Cantidad	Servicios del trabajo, medido como el total de horas hombre trabajadas.	Servicios del capital, medido como el total de horas máquina (típicamente se supone que es proporcional al stock de capital).
Precio	Compensación por hora.	Costo de arriendo del capital por unidad de servicio.
Diferenciación	Por industria y por tipo de trabajador.	Por industria y por tipo de capital.
Costo o ingreso del factor	Compensación por hora multiplicada por el total de horas trabajadas.	Costo de arriendo multiplicado por los servicios productivos del capital.
Ponderación para la agregación	Participación en el total del ingreso de cada clasificación por industria y tipo de trabajador.	Participación en el total del costo de arriendo de cada clasificación por industria y tipo de capital.

Fuente: Elaborado en base a manual OCDE (2001a, 2001b).

3. REVISIÓN DE LOS PRINCIPALES ESTUDIOS PARA CHILE

Como se mencionó antes, pese a la relevancia de la Productividad Total de Factores en el desarrollo de los países, no son muchos los trabajos que proponen medidas de PTF para Chile (Coeymans, 1999; Beyer y Vergara, 2002; Fuentes et al., 2004; Vergara y Rivero, 2006 y Álvarez y Fuentes, 2004). Si bien estos estudios se destacan por el aporte metodológico, desarrollo de hipótesis y apertura de distintas líneas de investigación, sus esfuerzos se concentran principalmente en la estimación a nivel agregado y la utilización de información que muchas veces es difícil de replicar.

3.1. Producto a nivel agregado

Para el cálculo de la PTF agregada, la mayoría de los trabajos utilizan una función de producción simple del tipo Cobb-Douglas:

$$(3.1) \quad Y = AK^\alpha L^{(1-\alpha)}$$

Donde Y representa la producción agregada del país (el PIB), K el stock de capital utilizado, L la cantidad de trabajo utilizado y α la participación de cada factor en los ingresos totales. En esta representación de la economía, la variable A captura toda aquella parte de la producción que no se explica por los factores productivos K y L, es decir, la PTF.

Todos los trabajos citados, con excepción de Coeymans (1999), utilizan una cifra calibrada para el parámetro α que, bajo la especificación Cobb-Douglas, determina la distribución del ingreso entre los ingresos del capital y del salario⁵. El valor de α propuesto por Beyer y Vergara, 2002 y Fuentes et al., 2004 es 0,6. Coeymans (1999), en cambio, estima el parámetro α utilizando un método de regresión. Este parámetro varía entre 0,17 y 0,33, dependiendo del tipo de estimación realizada.

3.2. Factores productivos a nivel agregado

3.2.1 Cálculo de la medida de trabajo

Fuentes et al. (2004) desarrollan el tratamiento más completo de esta variable, utilizando como medida base el número de ocupados informado por el INE y corrigen esta cifra tanto por el número de horas trabajadas como por la calidad del empleo. Con esta corrección se evita interpretar como fluctuaciones en la productividad aquellas variaciones correspondientes a las horas efectivamente trabajadas y a la calidad del trabajo. Así, lo que se busca es aproximar una medida de horas trabajadas por unidad de trabajo productiva.

Para determinar el número de horas trabajadas Fuentes et al. (2004) utilizan las horas trabajadas promedio reportadas por la encuesta de empleo de la Universidad de Chile (que abarca sólo Santiago). Para ajustar por la calidad del trabajo, los autores utilizan dos medidas: la primera es ajustar las horas trabajadas por los años de escolaridad promedio de la población, reportados en la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional del

⁵ Esto equivale a suponer que existen retornos constantes a escalas y que el costo de uso del capital es constante en el tiempo. Si bien asumir que no hay ganancias económicas es un supuesto bastante fuerte, esto simplifica considerablemente los cálculos.

Ministerio de Desarrollo Social (Casen) y la encuesta de empleo de la Universidad de Chile. La segunda medida construida por los autores, corresponde a un índice de calidad del trabajo propuesto por Jorgenson y Griliches (1967) que clasifica a los trabajadores en grupos por nivel educacional y los pondera por el salario relativo, bajo el supuesto que los diferenciales de salario reflejan correctamente las diferencias en productividad de los trabajadores.

El trabajo de Beyer y Vergara (2002) utiliza la población total como proxy del factor trabajo, por lo que las fluctuaciones en la tasa de empleo y la tasa de participación pueden ser interpretadas erróneamente como fluctuaciones en la PTF. Coeymans (1999), en tanto, no especifica la variable usada ni su fuente.

3.2.2 Cálculo de la medida de capital

En cuanto a la medida de stock de capital utilizado, Coeymans (1999) cuenta con datos desde 1961, pero, tal como con el factor trabajo, no especifica su fuente ni metodología de construcción. Algo similar ocurre con Beyer y Vergara (2002) y los datos para el periodo 1980-2000: si bien precisan que el stock de capital es aproximadamente 2,5 veces el PIB, no se indican fuente ni metodología de construcción de esta variable.

Por otra parte, Fuentes et al. (2004) utilizan distintos antecedentes para completar el stock de capital en el periodo 1960-2003⁶ que usan el método de inventarios perpetuos basado en las cifras de formación bruta de capital fijo (FBK) publicadas por el Banco Central de Chile.

Es importante no sólo medir el stock de capital, sino ajustarlo por la calidad del mismo. Si no se hacen estos ajustes, la medición de la PTF se distorsiona. Fuentes et al. (2004) construyen dos medidas para ajustar por calidad (Jorgenson y Griliches, 1967; Greenwood y Jovanovic, 2001). No obstante, tras analizar los resultados, los autores sugieren la existencia de “un serio problema de medición” y se abstienen de utilizarlos.

Tal como para el factor trabajo, también es importante ajustar el stock de capital por su utilización. Fuentes et al. (2004) son los únicos que introducen ajustes por utilización mediante dos métodos: uno, bajo el supuesto de que el trabajo y el capital son altamente complementarios y están altamente correlacionados (en este caso, se puede usar la tasa de desempleo como proxy de la utilización del capital); y el segundo, basado en la propuesta de Costello (1993), quien plantea utilizar las fluctuaciones cíclicas del consumo agregado de energía. Esta medida se basa en el supuesto de que el consumo de energía es mayoritariamente para uso productivo y que el capital y la energía son altamente complementarios en la producción.

⁶ Hoffman (2000), Pérez (2003) y cálculos no públicos del Banco Central

TABLA 3: RESUMEN DE LA LITERATURA RELATIVA A PTF A NIVEL AGREGADO EN CHILE

	Coeymans, 1999	Beyer y Vergara, 2002	Fuentes et al., 2004
1- α : participación del trabajo	0,17 a 0,33. Estimaciones con método de regresiones.	0,6. No fundamentada. Coherente con rentabilidad del capital "razonable".	0,6. A partir de cifras de Cuentas Nacionales ajustadas.
Stock de capital	No especifica fuente o metodología.	No especifica fuente o metodología.	Hoffman (2000), Pérez (2003) y cálculos internos no públicos del Banco Central de Chile en base al método de inventarios perpetuos
Ajuste por calidad del capital	No	No	Lo calculan, pero descartan su utilización por problemas de medición
Ajuste por utilización del capital	No	No	Utilizan dos medidas aproximadas: desempleo y consumo de energía
Empleo	No especifica fuente o metodología	Población total	Número de ocupados reportado por el INE
Ajuste por horas trabajadas	No	No	Horas trabajadas promedio, encuesta Universidad de Chile.
Ajustes por calidad del trabajo	No	No	Utilizan dos medidas: años de escolaridad promedio y el índice de calidad Jorgenson y Griliches (1967).

Fuente: Elaborado en base a estudios de Coeymans (1999), Beyer y Vergara (2002) y Fuentes et al. (2004)

3.3. Cálculos sectoriales de la PTF

Se encontraron tres trabajos que proveen medidas desagregadas de PTF para Chile. El trabajo realizado por Vergara y Rivero (2006) que calcula la PTF para seis sectores; el de Álvarez y Fuentes (2004) que proporciona medidas de PTF a nivel de transables y no transables; y el de Marshall y Rodríguez (2010) que replica estos últimos resultados.

Para el cálculo de la PTF a nivel sectorial, Vergara y Rivero (2006) utilizan la función de producción Cobb-Douglas, permitiendo que la participación del capital (α) y del trabajo ($1-\alpha$) varíe entre sectores. Según su planteamiento, si la función de producción de cada sector es del tipo Cobb-Douglas y los mercados son eficientes, entonces estos parámetros se pueden calcular como la razón entre el pago a cada factor y el valor agregado generado por el sector. Para cada sector utilizan datos de Cuentas Nacionales (CCNN) y del INE calculando la participación del capital como:

$$\alpha_s = 1 - (w_s \times L_s / VA_s)$$

donde w_s es el salario promedio en el sector s reportado por el INE, L_s es el número de ocupados en el sector s reportado por el INE y VA_s es el valor agregado del sector s reportado por Cuentas Nacionales en el periodo 1996-2001. Las participaciones del trabajo así calculadas van desde 0,23 para el sector de Electricidad, gas y agua hasta 0,73 para el sector Comercio, restaurantes y hoteles.

Uno de los aportes importantes del trabajo de Vergara y Rivero (2006) es calcular el stock de capital sectorial para el periodo 1986 a 1995. Para ello, los autores utilizan una agregación de la Matriz Insumo-Producto (MIP) de los años base 1986 y 1996 de Cuentas Nacionales. Esta matriz entrega la proporción de distintos tipos de activos que se invierten en los distintos sectores de la economía. Para calcular las proporciones para aquellos años en que no existe una Matriz Insumo-Producto (1987 a 1995) utilizan el supuesto que la proporción en cada sector converge linealmente desde la que se obtiene en el año 1986 a la que se obtiene en el año 1996. Luego, asignan los datos anuales de inversión en cada activo a cada sector, de modo de obtener una inversión total por sector. Para el periodo 1996 a 2001 utilizan la medida compilada por Pérez (2003). Al igual que para el stock de capital agregado, se utiliza el método de inventarios perpetuos.

Respecto de la tasa de depreciación por sector, los autores utilizan una combinación de datos de depreciación de activos imputada por el Servicio de Impuestos Internos (SII) y las tasas de depreciación utilizadas en la contabilidad de las empresas. Es decir, utilizan una aproximación más bien contable de la tasa de depreciación. La depreciación que obtienen fluctúa entre 2,5% anual para los servicios comunales y 12,2% anual para la construcción. Los autores suponen esta tasa como constante a lo largo de la muestra. Vergara y Rivero (2006) no realizan corrección alguna por calidad del capital. Para corregir por la utilización del capital, recurren a la tasa de desocupación agregada, es decir, suponen que ésta es la misma en todos los sectores.

Para el factor empleo, Vergara y Rivero (2006) utilizan el número de ocupados en cada sector según lo reportado por el INE. En este trabajo no se corrige por las fluctuaciones en horas trabajadas, ya que este dato no está disponible a nivel sectorial. Sin embargo, sí

realizan un ajuste por calidad del trabajo, similar al que realizan Fuentes et al. (2004) a nivel agregado (bajo los mismos supuestos ya planteados) y en línea con la propuesta de Jorgenson y Griliches (1967). En cada sector, corrigen el empleo por el diferencial de salarios promedio del sector con el promedio agregado de la economía. El PIB sectorial lo obtienen de las cifras de Cuentas Nacionales, utilizando un empalme simple para los distintos años base.

Álvarez y Fuentes (2004) también calculan PTF utilizando una función de producción Cobb-Douglas para cada sector, donde fijan la participación del capital (α) en 0,5 para el sector transable y 0,36 para el sector no transable, sobre la base del trabajo de Chumacero et al. (2004). Para el PIB sectorial y para el empleo sectorial, utilizan datos de Cuentas Nacionales y del INE, respectivamente. En estos casos, agregan los sectores usualmente reportados: el sector transable corresponde a la suma de los sectores silvoagropecuario, minería e industria, y la suma del resto de los sectores corresponde al sector no transable. Para calcular el stock de capital sectorial, los autores utilizan el stock de capital total de Fuentes et al. (2004) y lo asignan a ambos bajo el supuesto de que el valor de la productividad marginal del capital debe ser la misma. El valor de la productividad marginal en los sectores puede obtenerse a partir de los datos de producto y empleo sectorial, además de un cálculo de precios relativos, el cual se genera a través de los deflatores implícitos de Cuentas Nacionales.

TABLA 4: RESUMEN DE LA LITERATURA RELATIVA A PTF A NIVEL SECTORIAL EN CHILE

	Álvarez y Fuentes, 2004	Vergara y Rivero, 2006
Número de sectores	2	6
1- α : participación del trabajo	Distintos para cada sector, citando a Chumacero et al. (2004)	Distinto para cada sector. Cálculos propios a partir de datos del INE y de CCNN
Stock de capital	Usan sólo el stock total, distribuyen para igualar productividades marginales. Fuente no indicada.	Pérez (2003) más cálculos propios a partir de Matriz Insumo-Producto de CCNN y SII.
Ajuste por calidad del capital	No	No
Ajuste por utilización del capital	No	Utilizando desocupación del empleo a nivel agregado
Empleo	Empleo sectorial del INE.	Empleo sectorial del INE.
Ajuste por horas trabajadas	No	No
Ajustes por calidad del trabajo	No	Utilizando diferencial de salarios promedio respecto del agregado

Fuente: Elaborado en base a estudios de Álvarez y Fuentes (2004) y Vergara y Rivero (2006)

4. HACIA UNA MEDICIÓN DE LA PTF AGREGADA Y SECTORIAL

En la presente sección se describe los supuestos utilizados para la medición sistemática de la PTF en Chile, donde se ponderan las mejores prácticas internacionales, con los avances metodológicos desarrollados para Chile y la disponibilidad de datos oficiales.

4.1. Sobre la medida de PTF

En cuanto a la metodología para el cálculo de la PTF agregada, se propone utilizar una función de producción simple del tipo Cobb-Douglas, donde la variable A captura toda aquella parte de la producción que no se explica por los factores productivos K y L , lo que se identifica como la Productividad Total de los Factores.

Esta medida residual, puede expresarse como:

$$(4.1) \quad A=Y/(K^\alpha L^{(1-\alpha)})$$

La ventaja de esta medida es que todas las variables necesarias son observables, a diferencia de la productividad misma. Sin embargo, cabe hacer notar que A captura no sólo todo aquello que no medimos correctamente como variación en los factores de producción, sino también errores en la especificación de la función de producción.

4.2. Sobre la producción

Las Cuentas Nacionales elaboradas por el Banco Central no sólo reportan el PIB nacional, sino también el valor agregado para trece sectores de la economía. Estos sectores son: Agropecuario-silvícola, Pesca, Minería, Industria manufacturera, Electricidad, gas y agua, Construcción, Comercio, restaurantes y hoteles, Transporte, Comunicaciones, Servicios financieros y empresariales, Propiedad de vivienda, Servicios personales y Administración pública.

Por otra parte, dado que se cuenta con datos de empleo sólo para ocho sectores de la economía, se propone trabajar con: i) Agropecuario-silvícola y pesca, ii) Minería, iii) Industria manufacturera, iv) Electricidad, gas y agua, v) Construcción, vi) Comercio, restaurantes y hoteles, vii) Transporte y comunicaciones, y viii) Servicios financieros y empresariales⁷.

4.3. El factor trabajo

4.3.1 Factor trabajo a nivel agregado

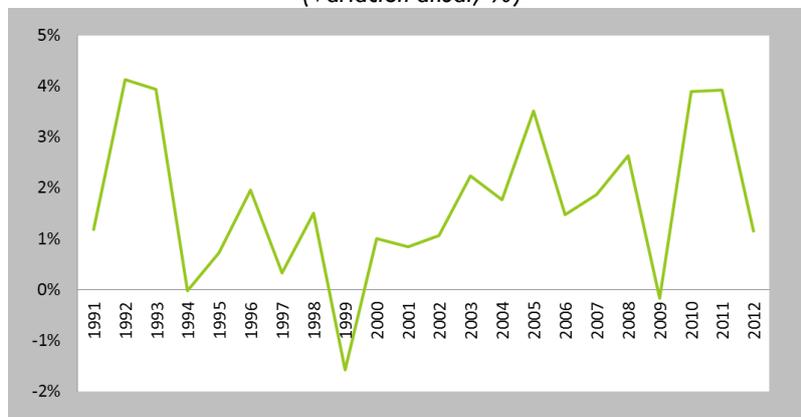
En el caso del factor trabajo, se propone medir las horas trabajadas ajustadas por “calidad” de la mano de obra. El ajuste por calidad tiene relación con las diferencias en productividad entre trabajadores con distintos niveles de capital humano.

Para medir el total de horas trabajadas en un periodo dado ($H \times N$), se cuenta con datos de las Encuestas de Empleo del INE respecto del número de trabajadores empleados (N), así

⁷ Los posibles problemas de coherencia sectorial producto de las distintas clasificaciones y nivel de desagregación utilizadas por las fuentes oficiales de información (Banco Central, INE, CNE, etc.) serán abordados en una próxima actualización metodológica.

como del promedio de horas trabajadas (H). Como se observa en el Gráfico 4.1, el número total de horas trabajadas en el periodo 1990-2012 ha aumentado 1,7% por año, con caídas importantes durante los años de crisis.

GRÁFICO 4.1: TOTAL DE HORAS TRABAJADAS
(Variación anual, %)



Fuente: Cálculo en base a información del Instituto Nacional de Estadísticas.

Para capturar la calidad del trabajo, se supone que, en promedio, el diferencial de salarios de un trabajador con educación formal respecto de un trabajador sin educación corresponde a su mayor productividad, lo que se denomina el “premio por educación”. Así, al corregir las horas trabajadas por la calidad de la mano de obra se obtiene el concepto de “horas efectivas trabajadas” (LE), las que corresponden a:

$$(4.2) \quad LE = \sum H_i \times N_i \times W_i / W_0$$

donde H_i es el total de horas trabajadas por los trabajadores tipo i , N_i corresponde al número total de trabajadores i , W_i al salario promedio de estos trabajadores y W_0 el salario promedio de los trabajadores sin educación formal. De este modo, cada trabajador es valorado en el equivalente al número de trabajadores sin educación. Esta metodología es una adaptación de la metodología propuesta por la OCDE, dada la disponibilidad limitada de datos para el caso de Chile⁸. Para realizar este cálculo se ha utilizado la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (Casen), que entrega el salario promedio según el nivel de estudios de los trabajadores, divididos en siete categorías que van desde “Sin educación formal” hasta “Superior Completa”.

La Tabla 4.1 muestra el premio promedio por nivel educacional para cada año en que se realizó la encuesta Casen, observándose razones más bien estables a lo largo de los años.

⁸ Las mejores prácticas sugieren utilizar el mayor grado de desagregación posible. Por esto, en un comienzo se utilizaron siete categorías de educación, cinco grupos etarios y la diferencia entre hombres y mujeres. Estos 70 grupos se compararon con los resultados obtenidos para las primeras siete categorías de educación. Si bien hay diferencias en el intercepto y pendiente entre estos dos últimos cálculos, no tienen efecto perceptible en el cálculo de la variación de la PTF. Considerando los resultados obtenidos se procedió a utilizar sólo los siete grupos educacionales, de manera de hacer el cálculo menos costoso y más fácil de replicar.

TABLA 5: PREMIO POR EDUCACIÓN
(Veces el salario de un trabajador sin educación formal)

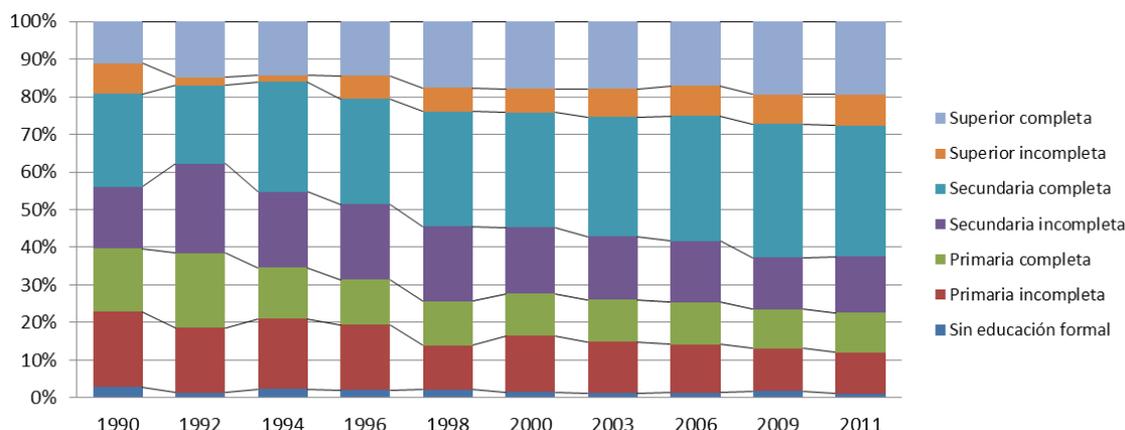
	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2003	2006	2009	2011	Promedio
Primaria incompleta	1,01	1,12	1,19	1,21	0,96	1,16	1,19	1,23	1,00	1,19	1,13
Primaria completa	1,23	1,43	1,54	1,48	1,22	1,41	1,42	1,37	1,09	1,28	1,35
Secundaria incompleta	1,34	1,53	1,81	2,04	1,59	1,60	1,64	1,60	1,22	1,49	1,59
Secundaria completa	1,86	2,11	2,40	2,37	2,01	2,14	2,12	1,82	1,48	1,71	2,00
Superior incompleta	2,75	3,06	2,05	3,73	3,20	3,80	3,30	2,49	2,12	2,41	2,89
Superior completa	4,18	5,44	5,97	6,02	5,41	6,36	6,25	5,11	4,31	4,70	5,37

Fuente: Elaborado en base a datos de la Encuesta CASEN del Ministerio de Desarrollo Social.

Una vez obtenido el premio por educación, se calcula la composición de la mano de obra (N_i/N). Este cálculo permitirá analizar la evolución de esta variable y, como se verá a continuación, resolver la falta de información para el cálculo de las horas efectivas trabajadas (LE).

El Gráfico 4.2 muestra que la participación de los niveles más altos de educación ha ido creciendo en el tiempo, en especial el segmento con educación media completa.

GRÁFICO 4.2: COMPOSICIÓN DE LA MANO DE OBRA OCUPADA POR NIVEL EDUCACIONAL



Fuente: Elaborado en base a datos de la Encuesta CASEN del Ministerio de Desarrollo Social.

De acuerdo a la ecuación 4.2, para calcular las horas efectivas trabajadas necesitamos conocer las horas trabajadas (N_i), número de trabajadores (H_i) y salario relativo en términos de los trabajadores sin educación formal (W_i/W_0) para cada segmento educacional. Dado que el INE no cuenta con información de las horas trabajadas en promedio por segmento educacional del trabajador (H_i), ni tampoco con el número de trabajadores por cada

⁹ En 1992 y 1994 se preguntó por el nivel educacional superior completo e incompleto, pero no se especificó que la distinción estaba dada por la obtención y no obtención del título. Por esta razón, el número de personas con educación superior incompleta estaría subestimada en aquellos años.

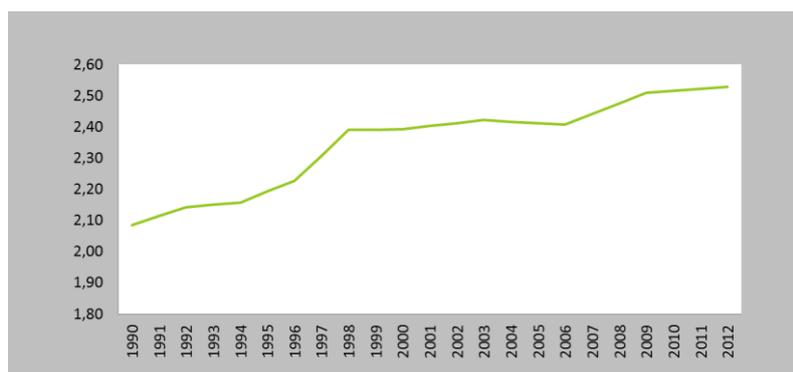
segmento, se asume que el promedio de horas trabajadas es igual para todos los trabajadores y se divide y multiplica la ecuación de horas efectivas trabajadas por el número total de trabajadores. Así, la ecuación 4.2 puede describirse como:

$$(4.3) \quad LE = H \times N \times \sum (N_i/N) \times (W_i/W_0) = H \times N \times \sum \Omega_i = H \times N \times \Omega$$

De esta forma, si dividimos este total de horas efectivas por el total de horas sin corregir, podemos obtener un premio por educación implícito a nivel agregado.

GRÁFICO 4.3: EVOLUCIÓN DEL PREMIO POR EDUCACIÓN AGREGADO

(Veces la productividad de trabajadores sin educación formal¹⁰)



Fuente: Elaborado en base a datos de la Encuesta Casen del Ministerio de Desarrollo Social.

4.3.2 Factor trabajo a nivel sectorial

Al igual que a nivel agregado, el INE reporta los ocupados por rama de actividad económica. La apertura del INE es algo más amplia que la de Cuentas Nacionales, lo que permite calcular el número de trabajadores para cada uno de los sectores para los cuales el Banco Central publica el valor agregado. Sin embargo, el INE no informa las horas trabajadas por rama de actividad.

Respecto del ajuste por calidad del trabajo, se opera bajo el mismo supuesto con el que construimos el ajuste a nivel agregado: que la razón de las productividades es igual a la razón de salarios. La encuesta de salarios del INE permite calcular el salario relativo promedio de siete sectores respecto del total de la economía. Estos sectores son: Minería; Industria manufacturera; Electricidad, gas y agua; Construcción; Comercio; Transporte y comunicaciones; y Servicios financieros. Para el sector Agricultura, caza y pesca se utilizan datos de la Casen con una interpolación lineal para aquellos periodos en que no se realiza la encuesta. Si bien el INE entrega datos para este sector, las cifras son volátiles y no se conciben con la intuición casuística (los salarios para el sector en cuestión son demasiado elevados en relación con el resto de la economía). Los datos utilizados fueron cotejados con dos fuentes adicionales: la encuesta de empleo de la Universidad de Chile y los datos del sistema de administradoras de fondos de pensiones entregados por la Superintendencia de

¹⁰ Para los años que no son cubiertos por la encuesta CASEN se interpola linealmente.

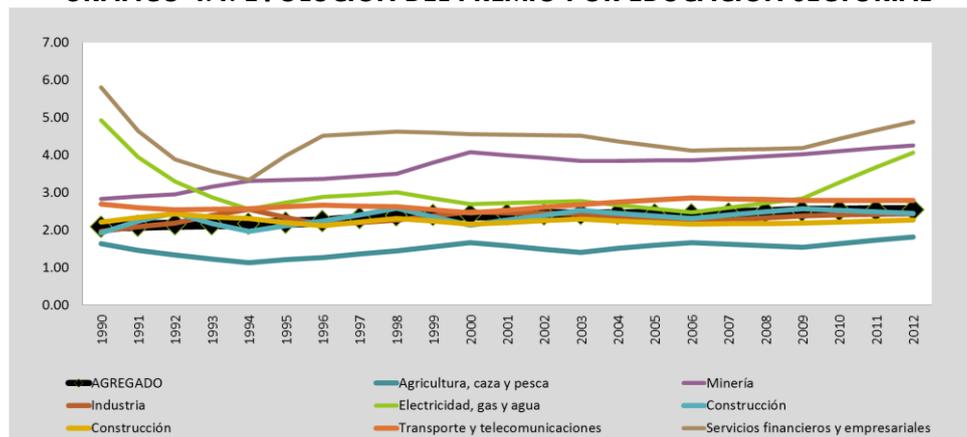
Pensiones. Los niveles y tendencias son similares, pero los datos del INE tienen mejor cobertura.

Para cada sector s el ajuste por calidad (Ω_s) está dado por:

$$(4.4) \quad \Omega_s = \Omega \times W_s/W$$

donde W_s corresponde al salario promedio en el sector s y W es el salario promedio de la economía. Como se aprecia en los gráficos 4.4, los sectores con mayores salarios relativos son Minería y Servicios financieros. El sector Construcción, comercio e industria se acercan más al promedio, mientras el sector Agricultura, caza y pesca ha tenido sistemáticamente los salarios más bajos. En general, la estructura de salarios relativos es bastante estable en el tiempo.

GRÁFICO 4.4: EVOLUCIÓN DEL PREMIO POR EDUCACIÓN SECTORIAL



Fuente: Elaborado en base a datos del INE y del Ministerio de Desarrollo Social

4.4. El factor capital

4.4.1 El factor capital a nivel agregado

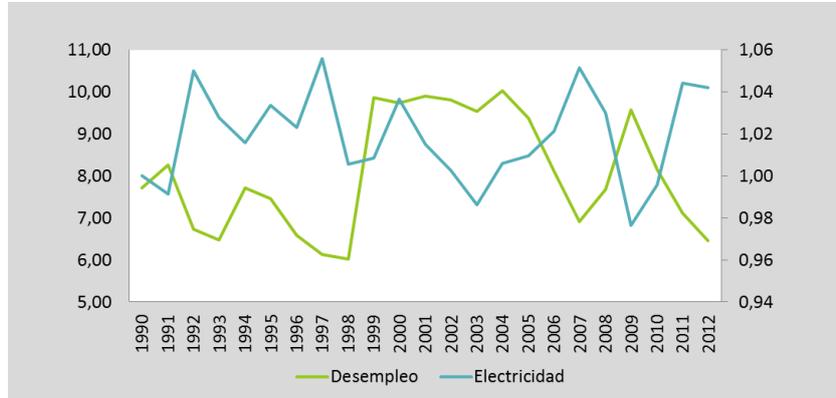
Medir el stock de capital para el agregado de la economía no reviste problemas, ya que se encuentra información suficiente en las Cuentas Nacionales del Banco Central. La serie de datos disponible cubre el periodo 1985-2012.

Desafortunadamente, no se puede decir lo mismo respecto a la estimación del stock de capital utilizado en el proceso productivo. Dado que en Chile no se cuenta con encuestas de utilización del capital, se plantea como alternativa recurrir a la tasa de desempleo o al consumo de energía. Sin embargo, la tasa de desempleo no necesariamente es una buena aproximación, ya que los factores trabajo y capital pueden sustituirse a lo largo del ciclo económico. Por lo tanto, es preferible utilizar información del consumo de energía. En el Gráfico 4.5 se presenta la estimación del nivel de utilización del stock de capital para Chile, usando el consumo energético como proxy, por un lado, y la evolución del desempleo, por el otro. De esta manera, se aprecia que si bien existe una correlación entre ambas, distan de ser idénticas. Además, aplicamos la misma metodología para el caso de Estados Unidos y se

contrastan los resultados con la utilización obtenida de encuestas, verificando que existe una alta correlación entre ambas.

GRÁFICO 4.5: UTILIZACIÓN DEL STOCK DE CAPITAL PARA CHILE EN BASE AL CONSUMO DE ENERGÍA Y A LA TASA DE DESEMPLEO

(Desempleo en % y % de utilización relativo al promedio del periodo)



Fuente: Elaborado en base a datos del Banco Central, CNE e INE

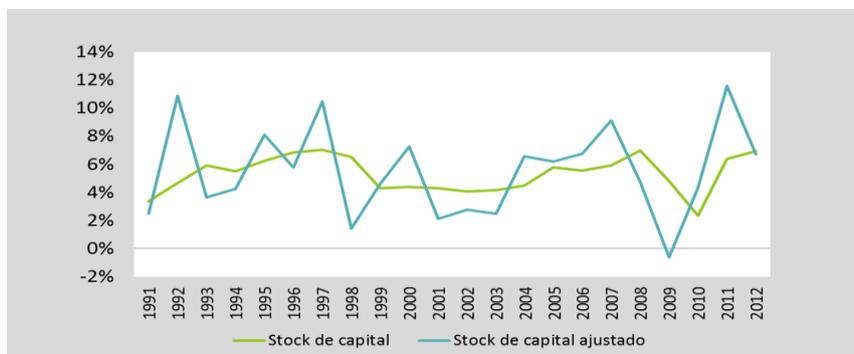
Por lo tanto, se asume que la mayor parte del consumo de energía en el país (y sus fluctuaciones) es utilizado por el sector productivo para darle vida al capital. Bajo este supuesto, existiría una proporcionalidad entre las fluctuaciones en el consumo de energía, el stock de capital y la utilización del capital, que definimos de la siguiente manera:

$$(4.5) \quad \text{LN}(CE) = \alpha + \beta \times \text{LN}(K \times UT)$$

donde CE es el consumo de energía, K es el stock de capital y UT corresponde a las fluctuaciones en el consumo de energía que no se explican por cambios en el stock de capital (el residuo). Por tanto, la utilización de capital (UT) se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$(4.6) \quad UT = \text{EXP}[(\text{LN}(CE) - \alpha - \beta \text{LN}(K_{T-1})) / \beta]$$

GRÁFICO 4.6: EVOLUCIÓN DEL STOCK DE CAPITAL Y DEL STOCK DE CAPITAL AJUSTADO POR UTILIZACIÓN



Fuente: Elaborado en base a datos del Banco Central

Finalmente, se debe mencionar que, al igual que en el trabajo realizado por Fuentes et al. (2004), se recurrió a la metodología de servicios de capital para obtener una medida de calidad del stock de capital. Sin embargo, dada la baja desagregación utilizada por el Banco Central, no se consigue una aproximación coherente y se descarta su inclusión en esta oportunidad.

4.4.2 El factor capital a nivel sectorial

La medición del stock de capital a nivel sectorial, igual que para el agregado, es provista por las Cuentas Nacionales del Banco Central. La serie de datos disponible cubre el periodo 1996-2011. Como para el periodo posterior a 2011 el Banco Central no publica la formación bruta de capital fijo a nivel sectorial, se utiliza la ecuación de inventarios perpetuos¹¹.

La tasa de utilización del stock de capital a nivel sectorial se puede obtener a partir de la estimación de la ecuación 4.5. Para ello, se utiliza la información del consumo de energía sectorial que se encuentra con frecuencia anual en el Balance Energético de la Comisión Nacional de Energía.

4.5. Stock de recursos naturales

Chile es un productor relevante de bienes directamente vinculados a los recursos naturales. Por ello, sería importante contar con una estimación del stock de estos recursos, medida que debería incorporarse a la función de producción junto con el stock de capital físico y humano. Al no contar con esta información se debe tener cuidado con que parte de la evolución de la PTF se “confunda” con variaciones en el stock de recursos naturales. Por ejemplo, un menor stock de cobre para extraer hace que la producción de cobre caiga aun si se utiliza el mismo capital y trabajo. Esto se captura como una caída en la PTF cuando en realidad es la caída de un factor productivo: cobre en bruto.

Desafortunadamente, no fue posible obtener una aproximación de esta medida para aquellos sectores donde la dotación de recursos naturales y su participación en la producción es relevante. De esta manera, se debe tener especial cuidado en la interpretación de los resultados obtenidos en sectores como la Minería o la Electricidad, gas y agua.

4.6. Participación del capital y trabajo

La participación del trabajo en la producción $(1-\alpha)$ se obtiene de la composición del PIB publicada por Cuentas Nacionales. Se calcula como la suma de las remuneraciones y los impuestos netos de subvenciones como porcentaje del PIB. La participación del capital (α) se calcula como los excedentes de explotación sobre el PIB.

Para más detalles, ver Anexo: Memoria de Cálculo

¹¹ $K_t = (1 - \delta)K_{t-1} + FBK_t$

donde K_t corresponde al stock de capital de fin del periodo t , δ corresponde a la tasa de depreciación del capital y FBK_t a la inversión en capital fijo durante el periodo $t-1$ a t .

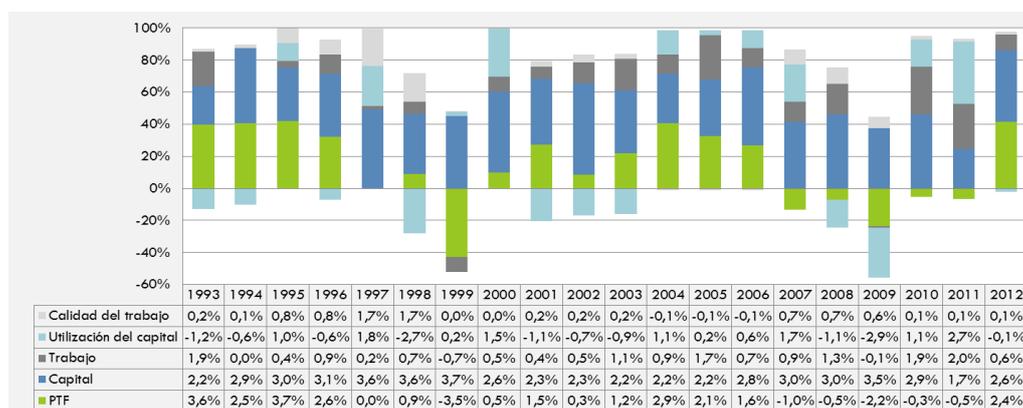
5. RESULTADOS: VEINTE AÑOS DE EVOLUCIÓN DE LA PTF EN CHILE

Las fuentes de datos oficiales, así como las metodologías descritas anteriormente permiten estimar la evolución de la PTF agregada y sectorial en los últimos 20 años. Este cálculo se puede realizar tanto con frecuencia anual, semestral o trimestral, estas dos últimas con aproximadamente un trimestre de rezago¹².

5.1. Evolución de la PTF agregada en Chile

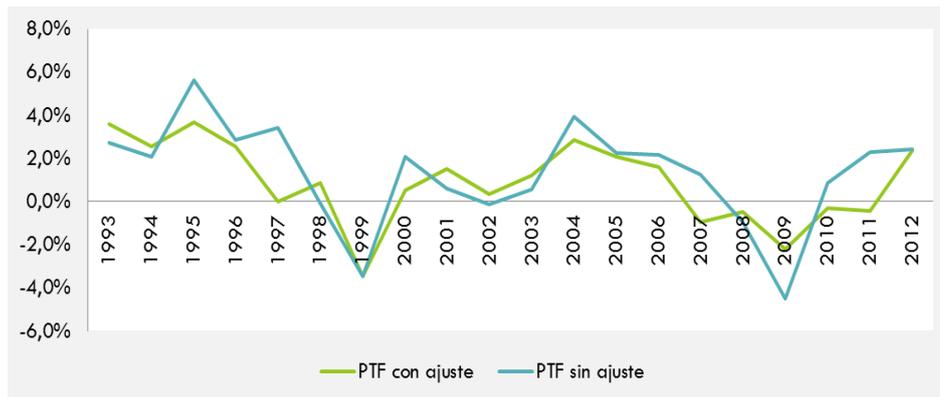
Si se analizan los últimos veinte años, entre 1993 y 2012, la PTF ha crecido en promedio 0,9% por año, mientras que el PIB lo ha hecho en 4,8%. La mayor contribución al crecimiento del PIB ha venido de la inversión y la incorporación de horas trabajadas, las que han contribuido 2,8% y 0,8%, respectivamente. Esta situación no es sostenible en el tiempo debido a la rentabilidad decreciente del capital (mayor stock por trabajador y menor productividad marginal) y la disminución de la fuerza laboral (transición demográfica). De aquí la importancia de monitorear la PTF y procurar políticas públicas destinadas a su aumento sostenido.

GRÁFICO 5.1: EVOLUCIÓN ANUAL DE LA CONTRIBUCIÓN DE FACTORES AL CRECIMIENTO AGREGADO

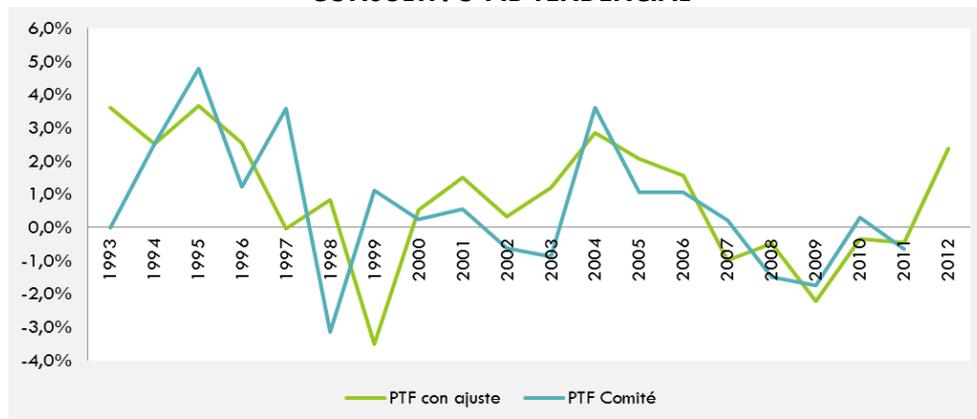


En el gráfico 5.2 se compara el crecimiento anual de la PTF con y sin ajuste por calidad y/o uso de los factores productivos. Si bien muestran fluctuaciones cíclicas similares, la PTF sin ajustar exagera las subidas y bajadas. Esto se explica sobre todo porque la PTF no ajustada no considera que en periodos de menor o mayor crecimiento no es la PTF la que fluctúa, sino la utilización de los factores trabajo y capital.

¹² En base a la información disponible a Mayo de 2013

GRÁFICO 5.2: VARIACIÓN PTF AGREGADA CON Y SIN AJUSTES

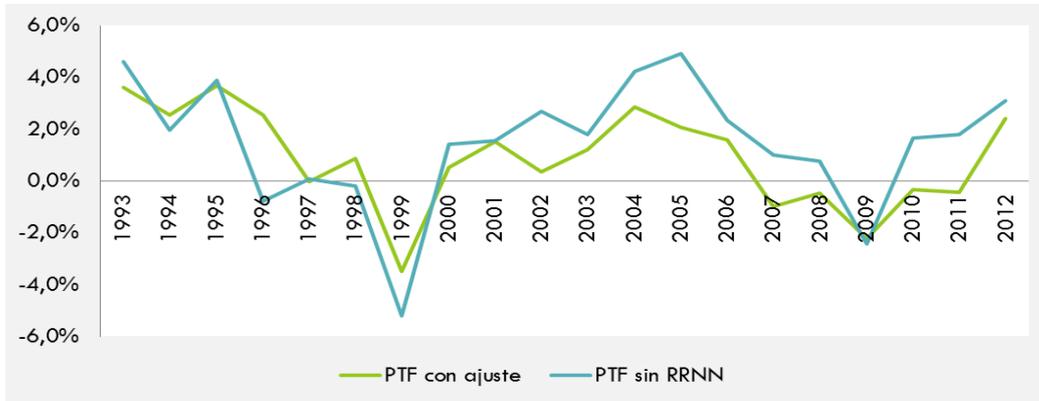
En el gráfico 5.3 se compara el crecimiento anual de la PTF obtenida con la PTF estimada por el Comité Consultivo del PIB Tendencial. Pese a que ambas curvas presentan tendencias y variaciones similares, la PTF ajustada tiende a mostrar mayor “acción” que la calculada por el Comité Consultivo del PIB Tendencial, debido a que considera de mejor manera los cambios en utilización del capital, sin confundirlos con cambios en la PTF. Por ejemplo, la diferencia que se produce el año 1997 se debe a la excesiva utilización del capital a consecuencia del sobrecalentamiento de la economía. Después, en 2010, cae la utilización producto del terremoto, lo que nuevamente explica la diferencia entre ambas estimaciones.

GRÁFICO 5.3: VARIACIÓN PTF AGREGADA CON AJUSTES Y ESTIMACIÓN DEL COMITÉ CONSULTIVO PIB TENDENCIAL

Por otra parte, existen sectores importantes que están especialmente afectados por la evolución del stock de recursos naturales no capturados en la función de producción. En estos casos, las fluctuaciones en los stocks de recursos naturales se confunden con fluctuaciones en la PTF a nivel sectorial y agregado. En términos generales, son dos los sectores que tienen este problema: El sector Minero, donde la producción depende del grado de pureza en que se encuentra el mineral, y la Electricidad, gas y agua, donde la generación eléctrica y la distribución de agua dependen de la disponibilidad de recursos hídricos. En el Gráfico 5.4 se compara la evolución de la PTF agregada total y aquella en que excluyen los sectores

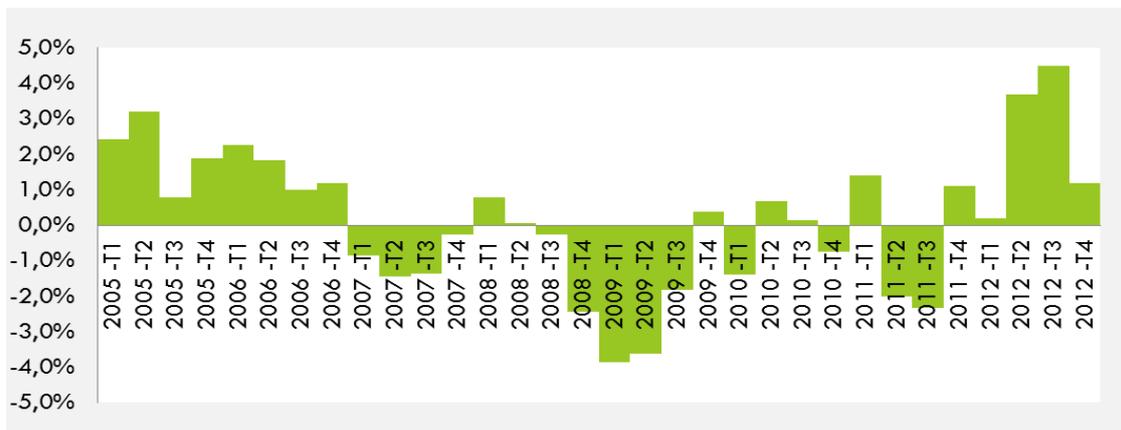
mencionados anteriormente. Si bien la evolución es similar, el crecimiento de la última es levemente menor en los '90 y superior en la década del 2000. Esto, sin duda, está dado por el aumento del peso del sector minero en la economía¹³.

GRÁFICO 5.4: PTF AGREGADA TOTAL Y EXCLUYENDO SECTORES MÁS LIGADOS A RECURSOS NATURALES



A nivel trimestral son visibles fuertes fluctuaciones en la tasa de crecimiento de la PTF a lo largo del periodo 2005-2012. Es interesante notar que en los últimos trimestres la productividad aumenta notoriamente, con crecimientos que no se veían desde 2006. Sin embargo, ésta volvió a descender en el último trimestre de 2012.

GRÁFICO 5.5: VARIACIÓN TRIMESTRAL DE LA PTF AGREGADA



¹³ Aun cuando es recomendable excluir el sector pesca, se decide descartar esta idea debido a la falta de información y la baja participación de este sector en el PIB de la economía nacional.

5.2. Evolución de la PTF sectorial en Chile

A continuación se presenta cada uno de los ocho sectores considerados: i) Agricultura, caza y pesca, ii) Minería, iii) Industria, iv) Electricidad, agua y gas, v) Construcción, vi) Comercio, restaurantes y hoteles, vii) Transporte y comunicaciones, y viii) Servicios financieros y empresariales.

5.2.1 Sector Agricultura, caza y pesca

GRÁFICO 5.6: EVOLUCIÓN ANUAL DE LA CONTRIBUCIÓN DE FACTORES AL CRECIMIENTO DEL SECTOR AGRICULTURA, CAZA Y PESCA

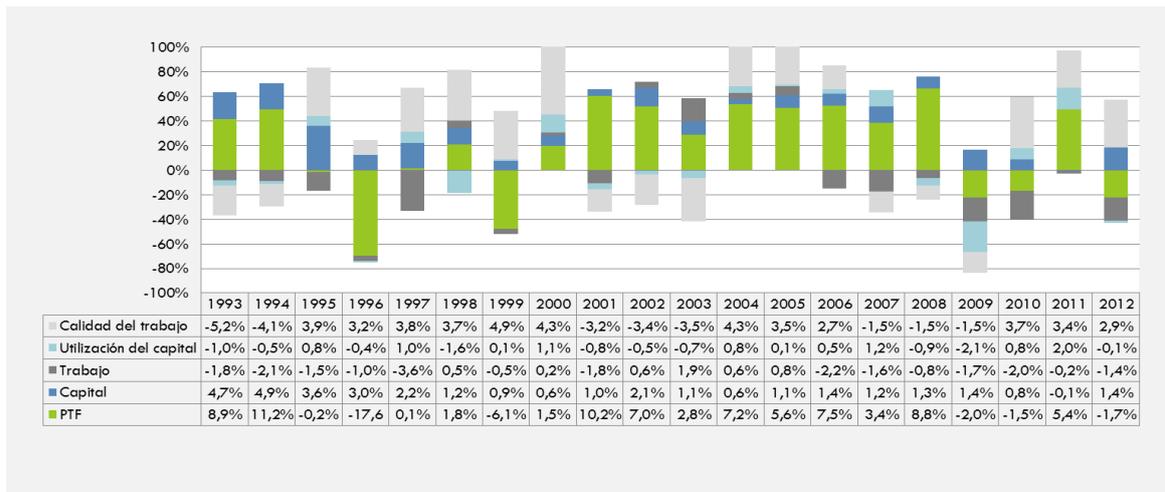
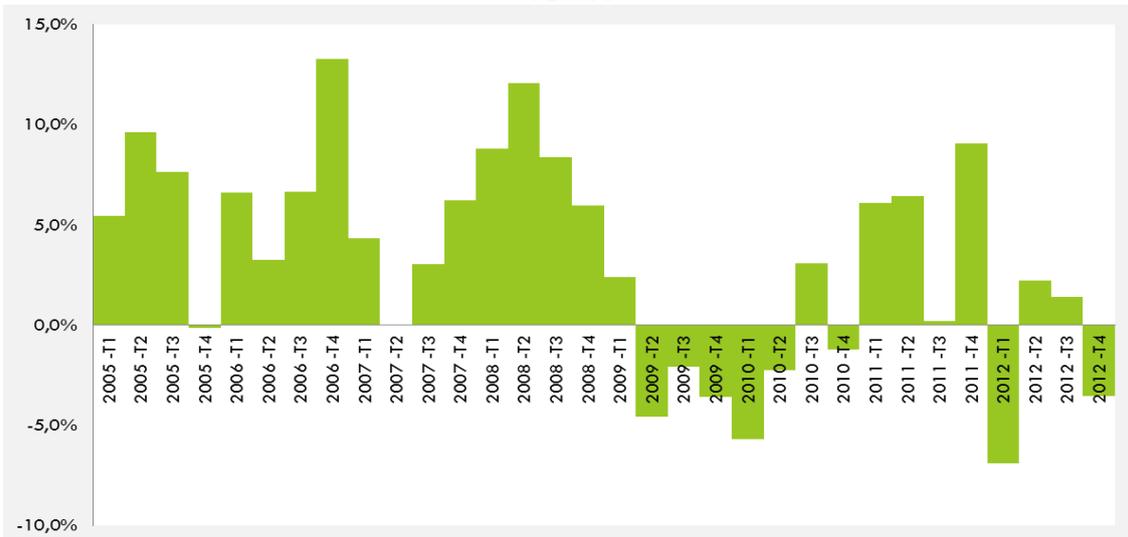


GRÁFICO 5.7: EVOLUCIÓN DE LA PTF TRIMESTRAL DEL SECTOR AGRICULTURA, CAZA Y PESCA



5.2.2 Sector Minería

GRÁFICO 5.8: EVOLUCIÓN ANUAL DE LA CONTRIBUCIÓN DE FACTORES AL CRECIMIENTO DEL SECTOR MINERÍA

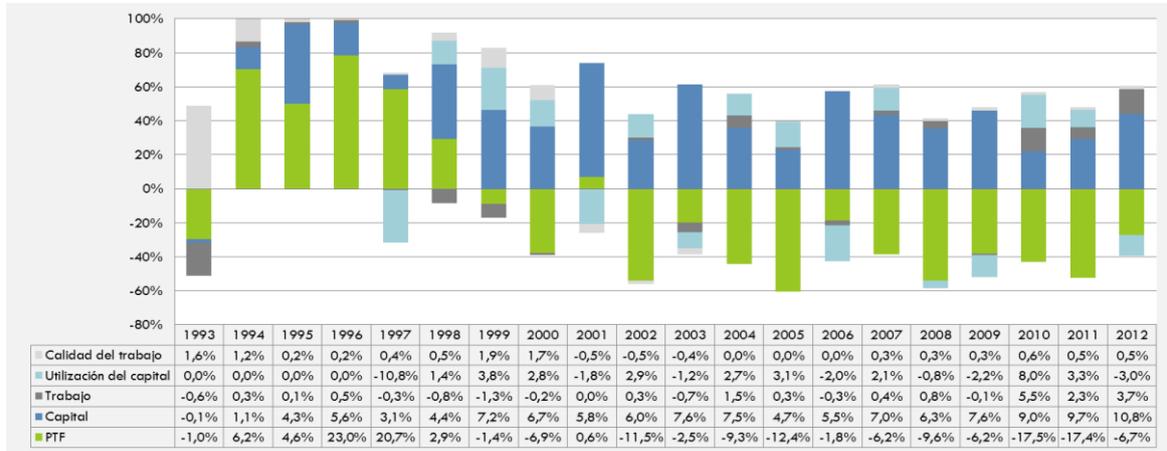
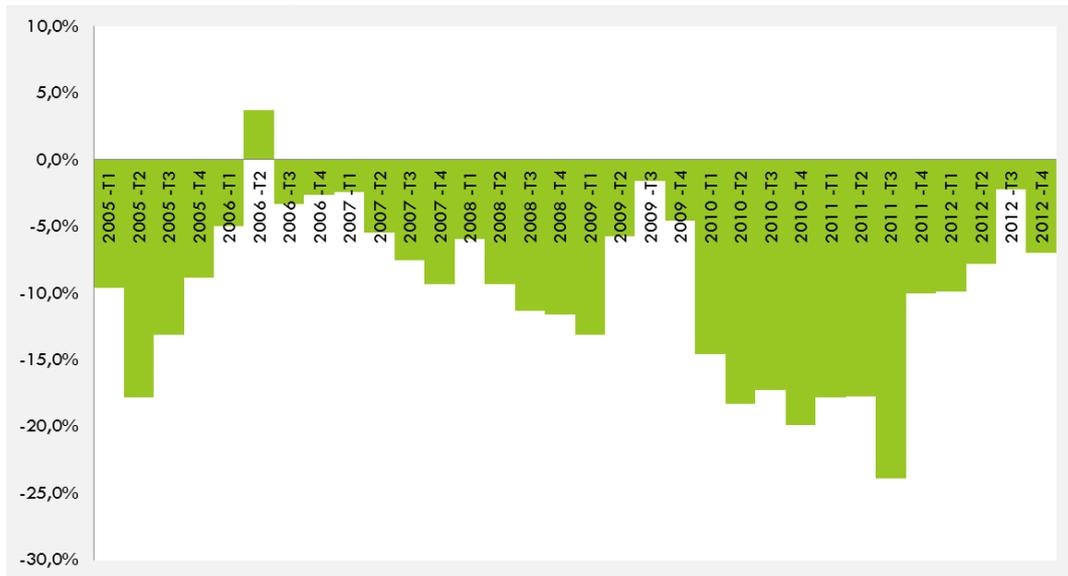


GRÁFICO 5.9: EVOLUCIÓN DE LA PTF TRIMESTRAL DEL SECTOR MINERÍA



5.2.3 Sector Industria

GRÁFICO 5.10: EVOLUCIÓN ANUAL DE LA CONTRIBUCIÓN DE FACTORES AL CRECIMIENTO DEL SECTOR INDUSTRIA

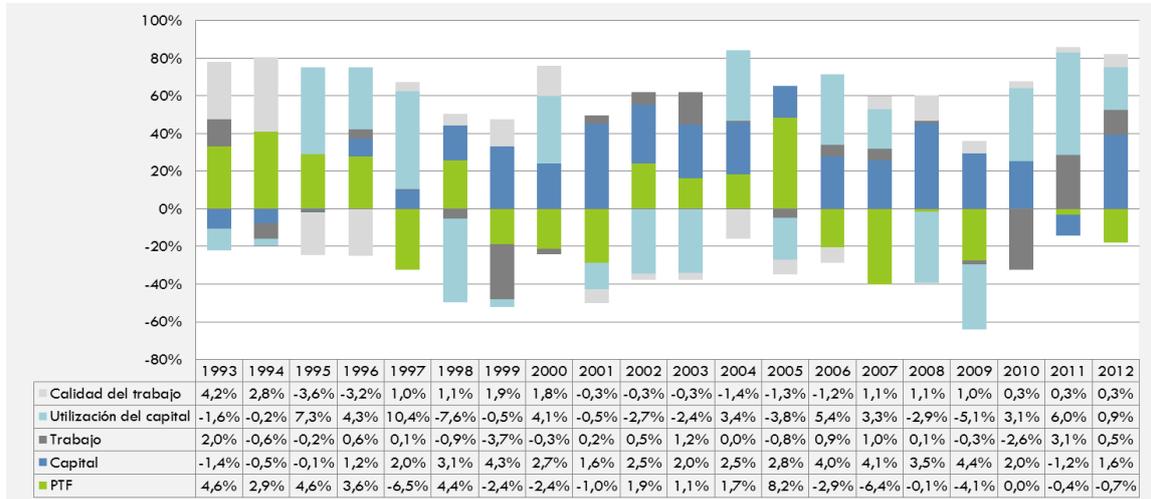
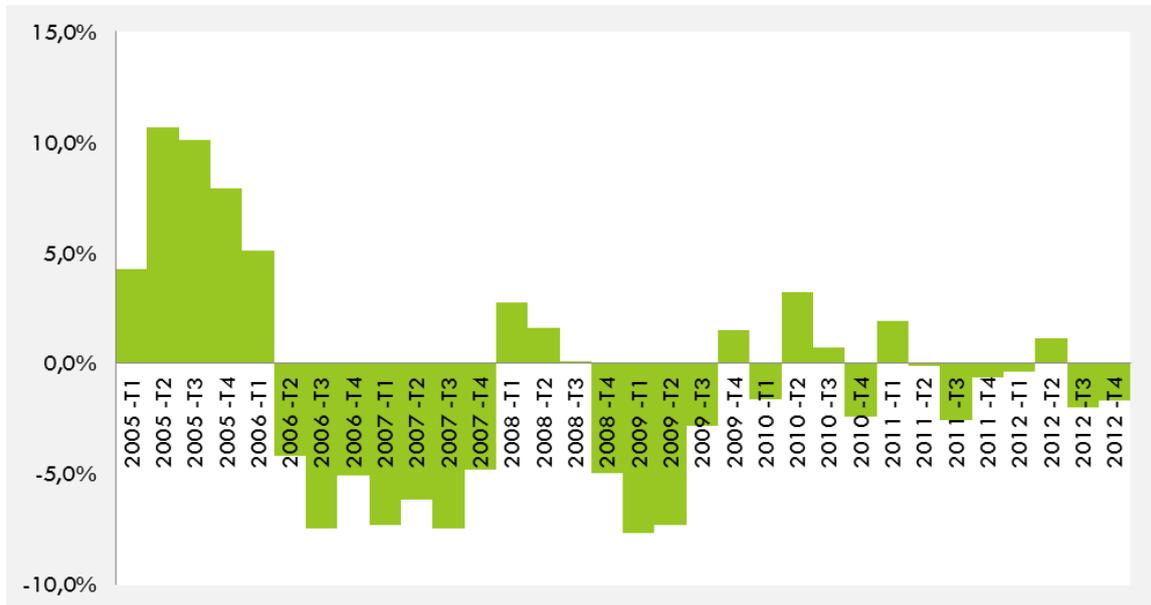


GRÁFICO 5.11: EVOLUCIÓN DE LA PTF TRIMESTRAL DEL SECTOR INDUSTRIA



5.2.4 Sector Electricidad, gas y agua

GRÁFICO 5.12: EVOLUCIÓN ANUAL DE LA CONTRIBUCIÓN DE FACTORES AL CRECIMIENTO SECTOR ELECTRICIDAD, GAS Y AGUA

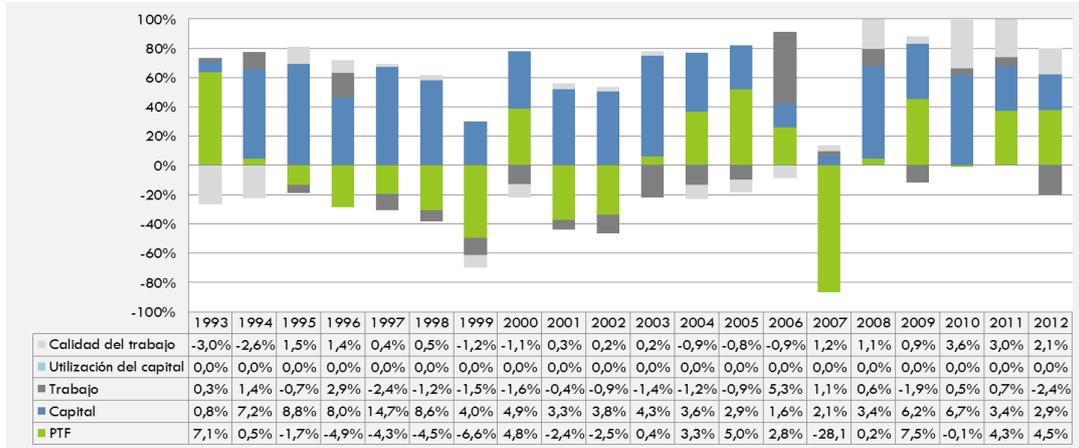
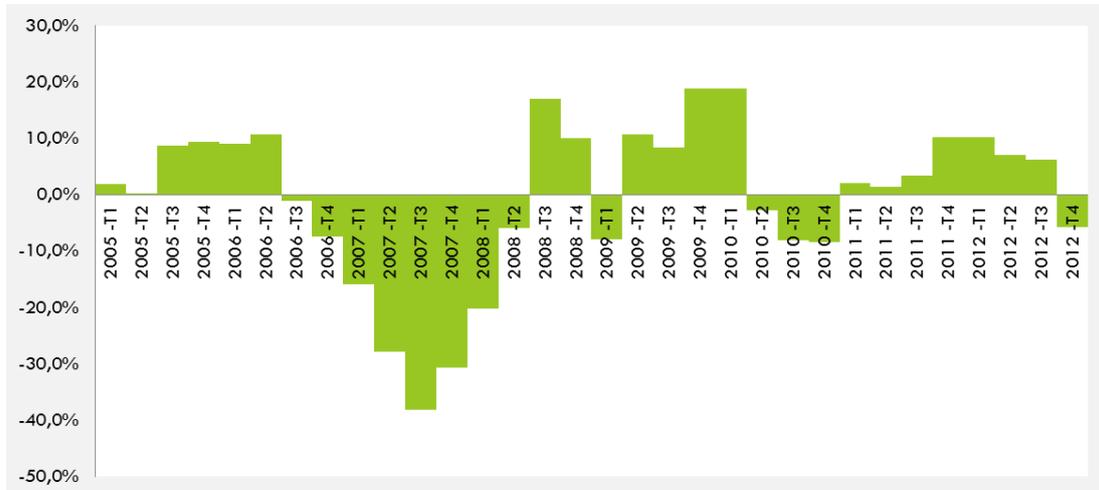


GRÁFICO 5.13: EVOLUCIÓN DE LA PTF TRIMESTRAL DEL SECTOR ELECTRICIDAD, GAS Y AGUA



5.2.5 Sector Construcción y obras de ingeniería

GRÁFICO 5.14: EVOLUCIÓN ANUAL DE LA CONTRIBUCIÓN DE FACTORES AL CRECIMIENTO DEL SECTOR CONSTRUCCIÓN Y OBRAS DE INGENIERÍA

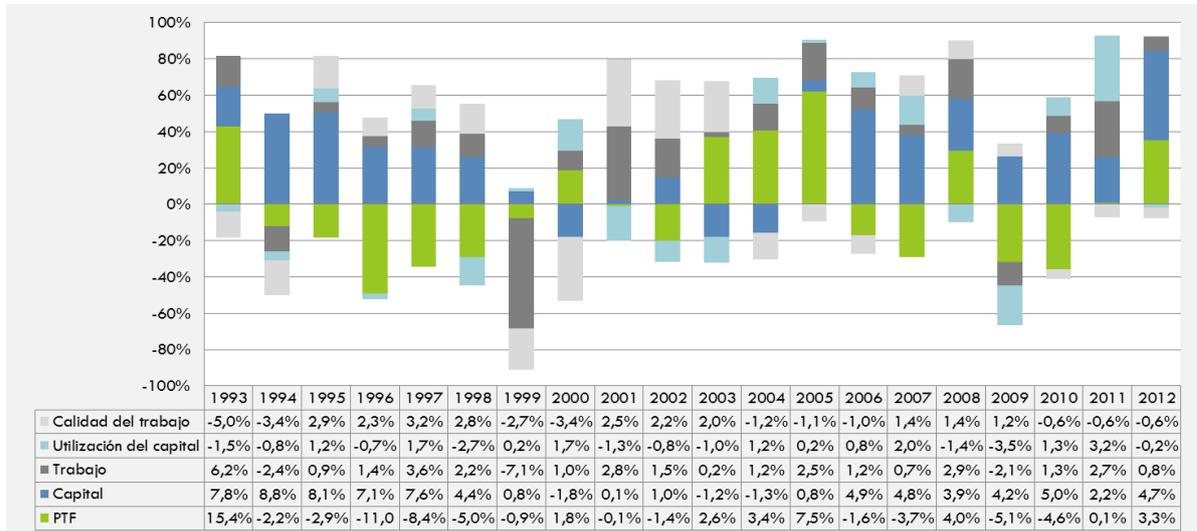
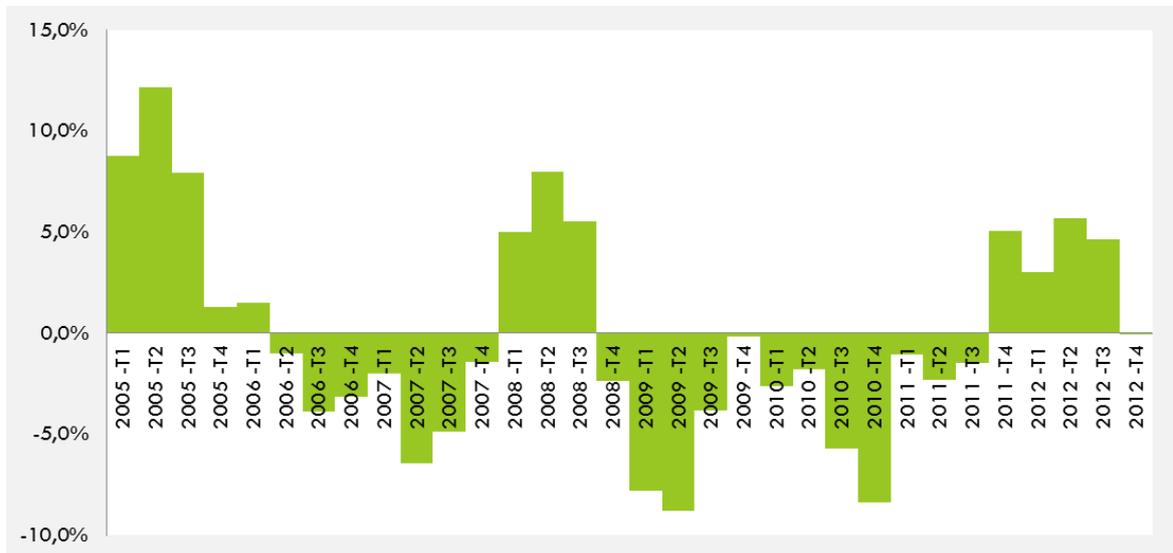


GRÁFICO 5.15: EVOLUCIÓN DE LA PTF TRIMESTRAL DEL SECTOR CONSTRUCCIÓN Y OBRAS DE INGENIERÍA



5.2.6 Sector Comercio, restaurantes y hoteles

GRÁFICO 5.16: EVOLUCIÓN ANUAL DE LA CONTRIBUCIÓN DE FACTORES AL CRECIMIENTO DEL SECTOR COMERCIO, RESTAURANTES Y HOTELES

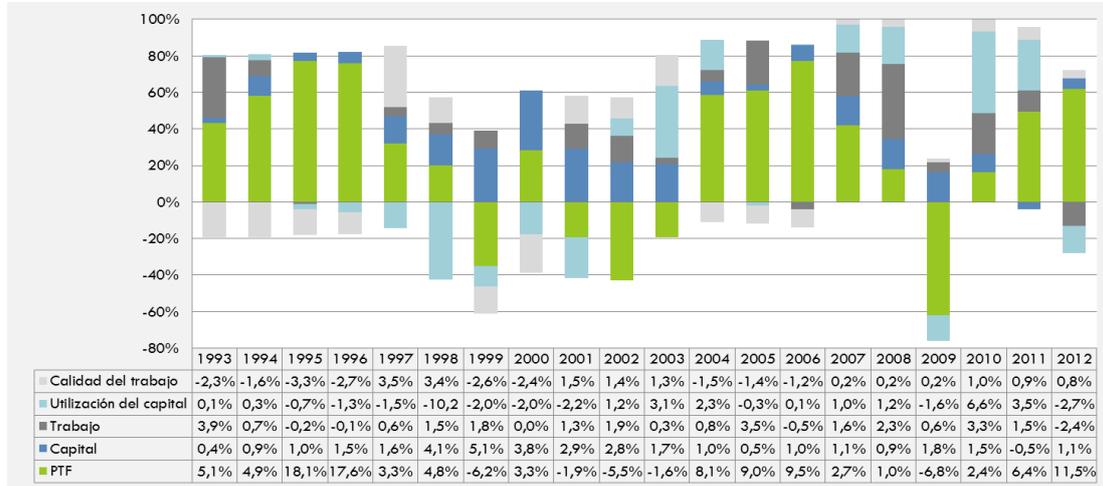
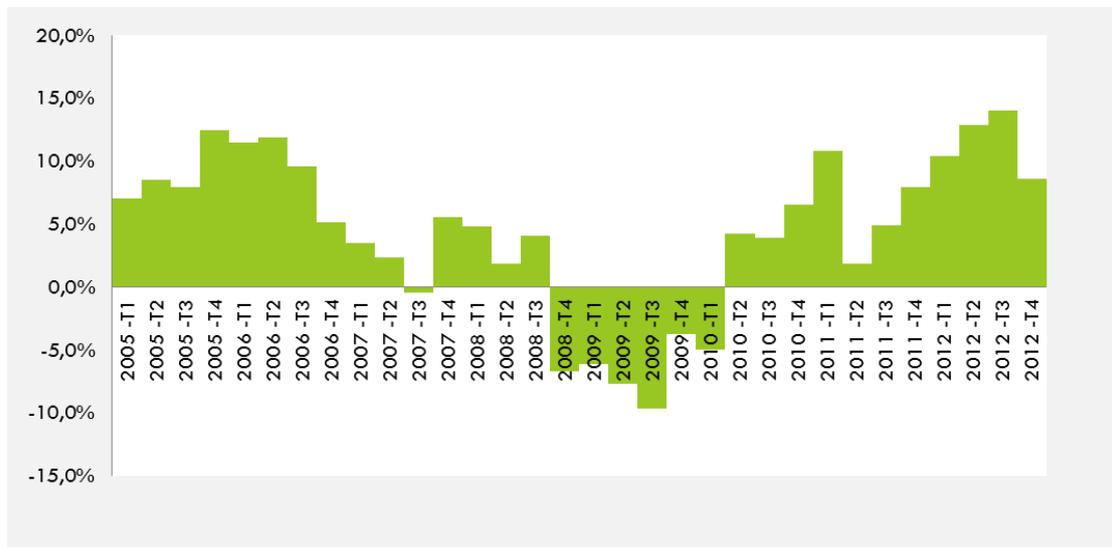


GRÁFICO 5.17: EVOLUCIÓN DE LA PTF TRIMESTRAL DEL SECTOR COMERCIO, RESTAURANTES Y HOTELES



5.2.7 Sector Transporte y comunicaciones

GRÁFICO 5.18: EVOLUCIÓN ANUAL DE LA CONTRIBUCIÓN DE FACTORES AL CRECIMIENTO SECTOR TRANSPORTE Y COMUNICACIONES

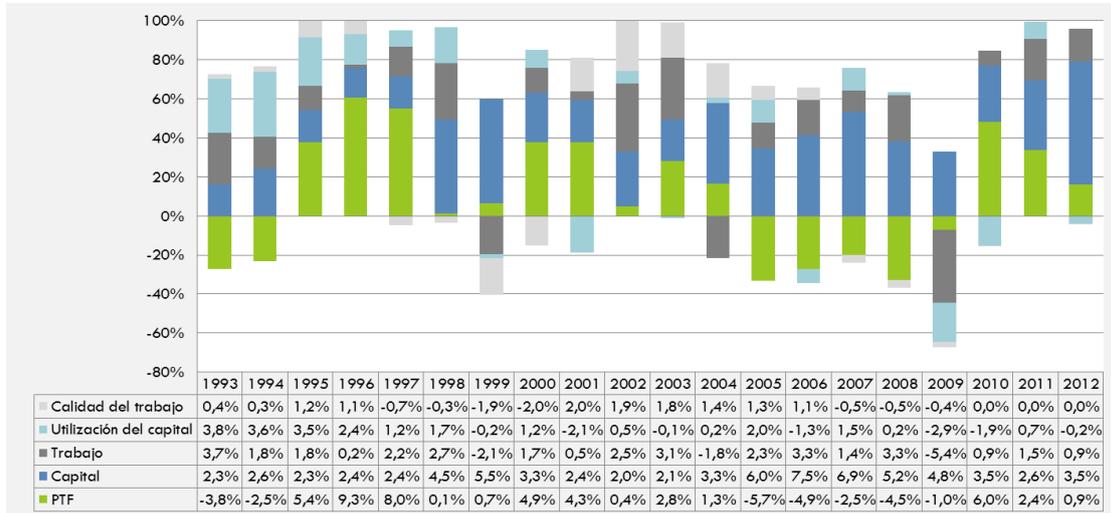
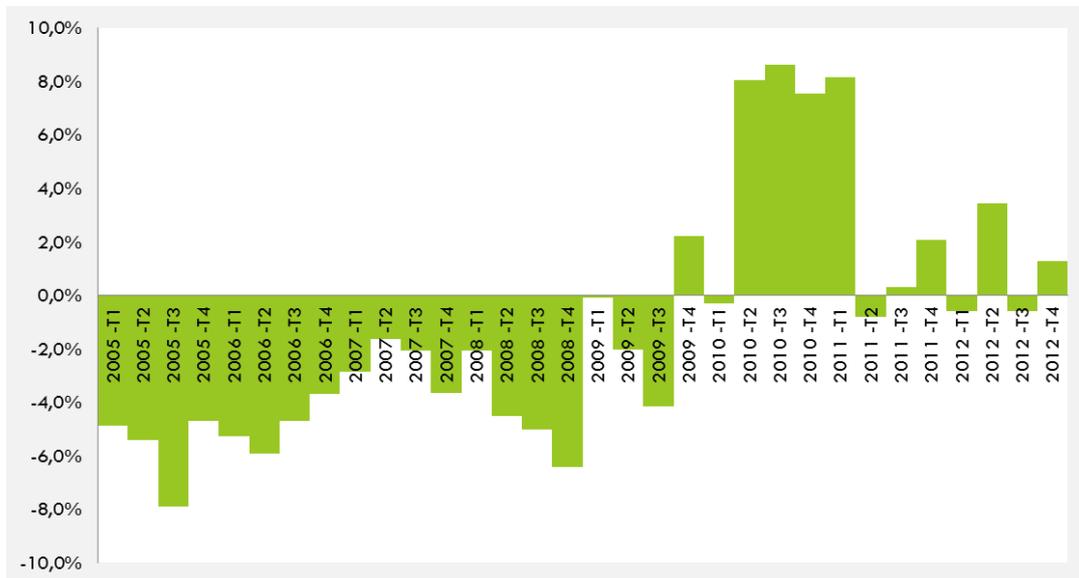


GRÁFICO 5.19: EVOLUCIÓN DE LA PTF TRIMESTRAL DEL SECTOR TRANSPORTE Y COMUNICACIONES



5.2.8 Sector Servicios financieros y empresariales

GRÁFICO 5.20: EVOLUCIÓN ANUAL DE LA CONTRIBUCIÓN DE FACTORES AL CRECIMIENTO SECTOR SERVICIOS FINANCIEROS Y EMPRESARIALES

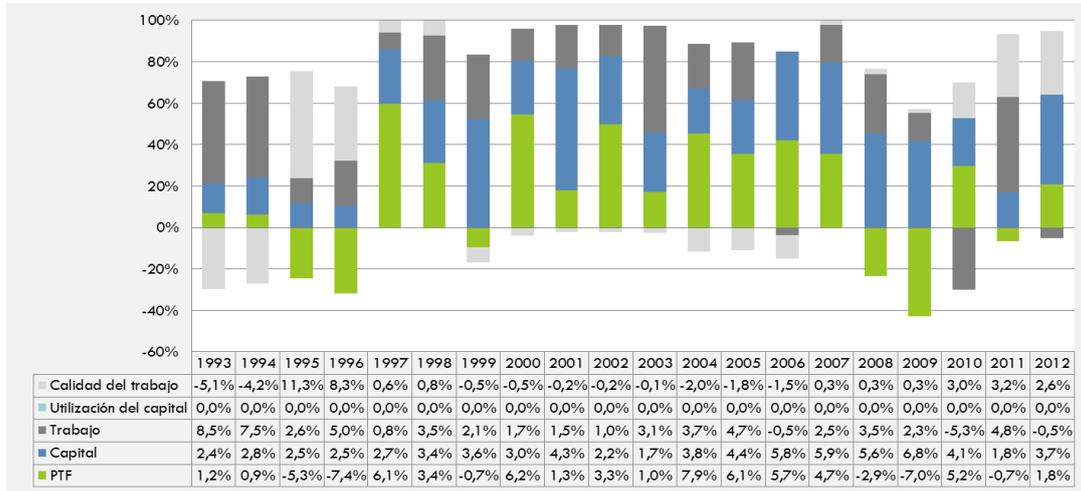
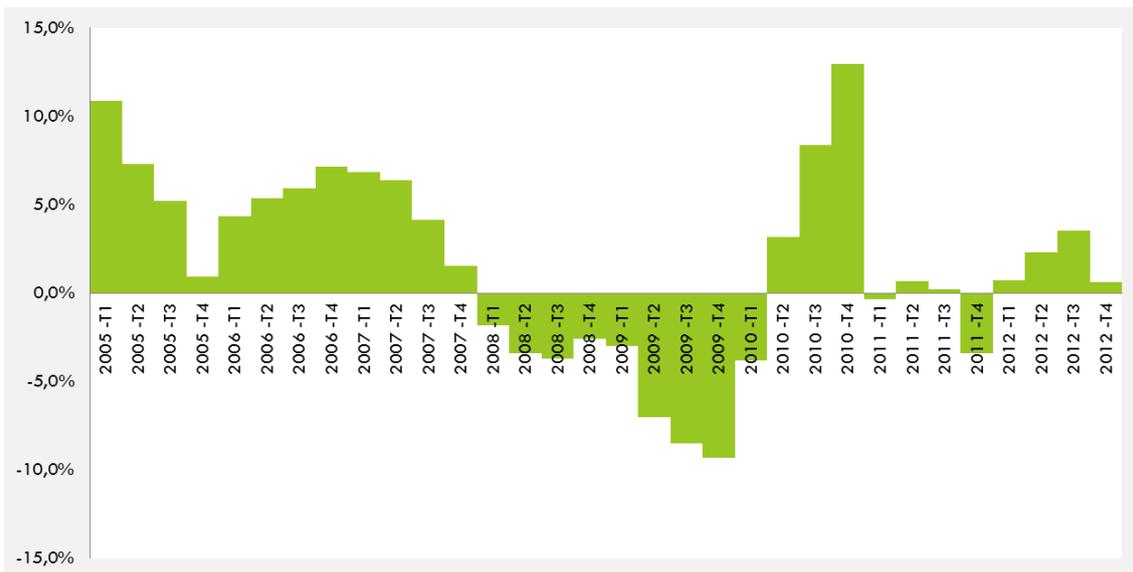


GRÁFICO 5.21: EVOLUCIÓN DE LA PTF TRIMESTRAL DEL SECTOR SERVICIOS FINANCIEROS Y EMPRESARIALES



CONCLUSIONES Y DESAFÍOS

En este trabajo hemos propuesto una medida que utiliza, hasta donde la información disponible lo permite, las mejores prácticas internacionales para la construcción de una medida de productividad total de factores tanto para el agregado de la economía como para los sectores más relevantes. La metodología utilizada se caracteriza no sólo por ser transparente, replicable y comparable, sino también permite su producción periódica.

Este documento hace contribuciones novedosas respecto de construcciones previas de PTF, entre las que destacamos, primero, el uso de datos de consumo energético agregado y sectorial para aproximar la utilización de capital. Esto lo hemos hecho controlando por el incremento del stock de capital, que de por sí demanda más energía. Nuestra medida de utilización corresponde al consumo energético que no puede explicarse por la acumulación de mayores stocks de capital. Este cálculo también considera que se pueden producir ganancias de eficiencia energética en el tiempo y nuestras regresiones así lo corroboran.

Un segundo aporte original es el cálculo que utilizamos para estimar la contribución del capital humano, a nivel agregado y sectorial. El cálculo se basa en el supuesto que diferencias salariales reflejan diferencias de productividad. Para esto hemos utilizado datos del INE y de la encuesta Casen tanto para salarios relativos como para la composición agregada y sectorial de la mano de obra por siete niveles educacionales.

Desde el punto de vista de los resultados se corrobora lo que otros estudios habían detectado: la PTF se desaceleró al comparar los años 2000 a 2008 con los años 1992 a 1997. Esta desaceleración es preocupante y llama a realizar estudios adicionales sobre sus causas. La diversidad de trayectorias de la PTF a nivel sectorial puede arrojar luces importantes para estos efectos.

No obstante, aún queda mucho por avanzar en cuanto a la metodología. En el caso del capital, es importante señalar que se requiere un cálculo permanente de la FBK sectorial (por actividad) para distintos tipos de activos con frecuencia trimestral y anual. Contar regularmente con estas series, permitiría calcular los servicios de capital por sector y tipo de activo tal como se realiza habitualmente en los países de la OCDE. De igual manera, sería muy útil replicar las propuestas de estudios anteriores como, por ejemplo, las matrices insumo-producto, y las encuestas de inversión para desagregar históricamente la FBK por actividad y activos para la economía chilena, de forma de tener una visión más ajustada de la variación de los servicios de capital que los distintos sectores de la economía han experimentado a través del tiempo. Sería recomendable, además, obtener medidas de las inversiones en las áreas de tecnologías de información y comunicaciones por actividad, que se han desarrollado en el último tiempo, para medir su impacto como factor productivo al igual que se ha hecho para Estados Unidos y la OCDE.

A nivel sectorial, algunos de los resultados son poco intuitivos, por lo que se hace necesario avanzar en la eliminación de posibles sesgos en la data, causados, por ejemplo, por pequeñas diferencias en la utilización y niveles de desagregación sectorial o la no inclusión del stock de recursos naturales.

La medición a nivel de subsectores relevantes, así como a nivel de firma¹⁴, podría ayudar a determinar la coherencia de los cálculos presentados y enriquecer aún más la disponibilidad de información de calidad para la identificación de factores causales y, particularmente, las brechas y falencias de política pública que frenan su crecimiento. Los datos que aquí hemos presentado deben constituir la base para futuros estudios de determinantes de la PTF en Chile. Esto permitirá contar con un diagnóstico más certero de lo que está detrás de la desaceleración de esta variable y, en consecuencia, proponer políticas para revertir esta situación y aumentar la capacidad de crecimiento de la economía en el mediano y largo plazo.

¹⁴ Cabe hacer notar que a la fecha se realizado algunos trabajos en este ámbito, a partir de la información proporcionada por la Encuesta Nacional Industrial Anual (ENIA), elaborada por el INE y la Encuesta Longitudinal de Empresas (ELE) a cargo del Ministerio de Economía.

REFERENCIAS Y LECTURAS COMPLEMENTARIAS

1. Aghion, P., Bacchetta, P., Ranciere, R. y Rogoff, K. (2009) *Exchange Rate Volatility and Productivity Growth: The Role of Financial Development*. *Journal of Monetary Economics*, 56(4), pp. 494-513
2. Aguilar, X. y Collinao, M. (2001) *Cálculo del Stock de capital para Chile 1985-2000*. Documento de Trabajo N° 133, Banco Central de Chile.
3. Alvarez, R. (2007): *Explaining Export Success in a Developing Country: Firm Characteristics and Spillover Effects*. *World Development* 35(3): 377-393.
4. Álvarez, R. (2010) *Innovation and Productivity in Chilean Manufacturing Plants*. Mimeo Universidad de Chile.
5. Álvarez, R. y Fuentes, R. (2004) *Patrones de Especialización y Crecimiento Sectorial en Chile*. Documento de Trabajo N° 288, Banco Central de Chile.
6. Alvarez, R. y Fuentes, R. (2005) *Labor Market Regulation and Productivity*, mimeo, Universidad de Chile
7. Álvarez, R. y G. Crespi (2000a) *Efecto de las Políticas de Fomento en el Dinamismo Exportador Chileno*. *El Trimestre Económico*, Vol. 67: 557-577.
8. Álvarez, R. y G. Crespi (2000b) *Exporter Performance and Promotion Instruments: Chilean Empirical Evidence*. *Estudios de Economía*, 27(2): 225-241.
9. Álvarez, R. y J.R. Fuentes (2004) *Reforma Comercial y Productividad en Chile: Una Mirada 15 Años Más Tarde*. *El Trimestre Económico*, LXX (1): 21-41.
10. Alvarez, R. y R. A. Lopez (2005) *Exporting and Performance: Evidence from Chilean Plants*. *Canadian Journal of Economics*. 38(4): 1384-1400.
11. Álvarez, R., García, A. and García, P. (2008) *Shocks de energía y productividad en la industria manufacturera chilena*. Documento de Trabajo N° 482, Banco Central de Chile.
12. Amiti, J and Konings, M. (2007) *Trade liberalization, intermediate inputs, and productivity: Evidence from Indonesia*. *American Economic Review*, 97:1611-1638.
13. Arellano, M.S. Braun, M. (1999) *Stock de Recursos de la Economía Chilena*. Cuadernos de Economía, N° 107, pp. 639-684. Abril
14. Baldwin, J.R. and Gu, W.(2010) *Multifactor Productivity in Canada: An Evaluation of Alternative Methods of Estimating Capital Services*. *The Canadian Productivity Review*, Catalogue no. 15-206-XIE — No. 009.
15. Baldwin, J.R. y W. Gu (2007) *Multifactor Productivity in Canada: An Evaluation of Alternative Methods of Estimating Capital Service*. *Statistics Canada The Canadian Productivity Review*.
16. Bartelsman, M. y Doms, E.J. (2000) *Understanding productivity: Lessons from longitudinal micro-Data*. *Journal of Economic Literature*, vol. 38, pp. 569-594.
17. Baxter, M. and D. Farr (2001). *Variable Factor Utilization and International Business Cycles*. NBER Working Paper 8392.
18. Basu S., J. Fernald, N. Oulton y S. Srinivasan (2003) *The Case of the Missing Productivity Growth: Or, Does Information Technology Explain Why Productivity Accelerated in the United States but not the United Kingdom?* NBER Macroeconomics Annual
19. Benkard C.L., Berry S., Pakes A. y Akerberg, D. (2007) *Econometric Tools for Analyzing Market Outcomes*. Chapter 63 Vol. 6(A), pages 4171-4276. *Handbook of Econometrics*, Amsterdam. North-Holland.
20. Bergoing, R. y Facundo P. (2003) *Innovaciones en Productividad y Dinámica de Plantas*. *Revista de Análisis Económico*, Vol. 18, N°2.
21. Bergoing, R. y F. Morandé (2002) *Crecimiento, Empleo e Impuestos al Trabajo: Chile 1998-2001*. Cuadernos de Economía, Vol. 39 No.117, pp. 157-174.
22. Bergoing, R., Hernando, A. y A. Repetto (2006) *Market Reforms and Efficiency Gains*. Mimeo, Universidad de Chile.

23. Bergoeing, Raphael, Patrick Kehoe, Timothy Kehoe y Raimundo Soto (2002) *Policy-Driven Productivity in Chile and Mexico in the 1980s and 1990s*. American Economic Review, Papers and Proceedings 92(2): 16-21.
24. Beyer, Harald y Vergara, Rodrigo (2002) *Productivity and Economic Growth: The Case of Chile* en N. Loayza y R. Soto (eds.), *Economic Growth: Sources, Trends and Cycles*, Banco Central de Chile.
25. Blümel, G., Domper, M. y Espinoza, R. (2010) *Crecimiento Económico, Precios de la Energía e Innovación Tecnológica*. Serie Informe Económico, Libertad y Desarrollo, Número 206, Junio.
26. Bureau of Labor Statistics (1983) *Trends in Multifactor Productivity, 1948-81*. Bulletin 2178.
27. Bureau of Labor Statistics. (2006) *Overview of Capital Inputs for the BLS Multifactor Productivity Measures*. United States: Bureau of Labor Statistics.
28. Bureau of Labor Statistics. (2007) *Technical Information About the BLS Multifactor Productivity Measures*. United States: Bureau of Labor Statistics.
29. Bureau of Labor Statistics. (2010) *Changes in the Composition of Labor for BLS Multifactor Productivity Measures, 2008*. United States: Bureau of Labor Statistics.
30. Burnside, C., M. Eichenbaum y S. Rebelo (1995) *Capital Utilization and Returns to Scale*, in Bernanke and Rotemberg, eds., *NBER Macroeconomics Annual*, Cambridge: MIT Press.
31. Caballero, R., Engel, E. y A. Micco (2004) *Flexibilidad Microeconómica en América Latina*. Economía Chilena, Banco Central de Chile, 7(2): 5-26, agosto.
32. Camus, D. (2007) *The ONS Productivity Handbook*. Totton, Hampshire: National Statistics.
33. Caves K. y Frazer G. Akerberg, D.A. *Structural identification of production functions*. Unpublished manuscript.
34. Chumacero, R., R. Fuentes y K. Schmidt-Hebbel (2004) *Chile's Free Trade Agreements: How Big is the Deal?* Documentos de Trabajo del Banco Central de Chile, 264.
35. Chumacero, Rómulo y Rodrigo Fuentes (2002) *On the Determinants of the Chilean Economic Growth*. Documento de Trabajo N° 134, Banco Central de Chile.
36. Cobb, M., G. Echavarría y M. Jara (2013) : Series históricas del PIB y componentes del gasto, 1986-2008. Estudios Económicos Estadísticos N°96
37. Coeymans, J. E. (1999) *Determinantes de la Productividad en Chile*. Cuadernos de Economía 107: 597-637.
38. Colecchia A. y Schreyer P. (2001) *ICT Investment and Economic Growth in the 1990s: Is United States a Unique Case?*. OECD STI Working Papers, pp 1-31.
39. Contreras, Gabriela y Pablo García (2002) *Estimating Gaps and Trends for the Chilean Economy*. Revista de Economía Chilena 5(2).
40. Costello, D. M. (1993) *A Cross-Country, Cross-Industry Comparison of Productivity Growth*. Journal of Political Economy 101(2): 207-22
41. Coulombe, S. (2000) *Three Suggestions to Improve Multifactor Productivity Measurement in Canadian Manufacturing*. Paper presented at the CSLS Conference on the Canada-U.S. Manufacturing Productivity Gap, January 21-22, Ottawa Ontario.
42. De Gregorio, J. (1997) *Crecimiento Potencial en Chile: Una Síntesis*, en Morandé y Vergara (eds.), *Análisis Empírico del Crecimiento Económico en Chile*, Centro de Estudios Públicos, ILADES/Georgetown.
43. De Gregorio, J. (2003a) *The Role of Foreign Direct Investment and Natural Resources in Economic Development*. Banco Central de Chile Working Paper N°196.
44. De Gregorio, J. (2003b) *Productivity Growth and Desinflation in Chile*. Banco Central de Chile Working Paper N° 246.
45. De Gregorio, J. (2004) *Economic Growth in Chile: Sources and Prospects*. Banco Central de Chile Working Paper N° 298.

46. De Gregorio, J. (2005) *Crecimiento económico en Chile: Evidencia, fuentes y perspectivas*. Estudios Públicos, 98 (otoño).
47. De Gregorio, J. y Lee, J. (1999) *Economic Growth in Latin America: Sources and Prospects*. Documentos de Trabajo Centro de Economía Aplicada, Universidad de Chile N° 66.
48. De Loecker, J. (2007) *Product differentiation, multi-product firms and estimating the impact of trade liberalization on productivity*. National Bureau of Economic Research, Working Paper Series 13155.
49. Dean, Edwin R. and Michael J. Harper (1998) *The BLS Productivity Measurement Program*. Mimeo Bureau of Labor Statistics.
50. Diewert, E. (2003) *Measuring Capital*. NBER Working Paper Series, N° 9526, February.
51. Diewert, E. D. (2001) *Measuring the Price and Quantity of Capital Services under Alternative Assumptions*. Department of Economics Working Paper No 01-21, University of British Columbia.
52. Diewert, W.E. and A.O. Nakamura (2006) *The Measurement of Aggregate Total Factor Productivity Growth*, in J.J. Heckman and E.E. Leamer eds., *Handbook of Econometrics*, Vol. 6. Amsterdam: Elsevier.
53. Dirección de Presupuesto, Dipres (2010) *Acta de Resultados del Comité Consultivo del PIB Tendencial 2010*.
54. Dipres (2011) *Resultados del Comité Consultivo del PIB Tendencial 2011*, http://www.dipres.gob.cl/572/articles-76637_doc_pdf.pdf
55. Echavarría, G, Jervis, P. y C. Soto. (2008) *Impacto del Costo de la Energía en la Medición del PIB Potencial en el Escenario Central de Proyecciones*. Documento Preliminar, Banco Central de Chile.
56. Fuentes, J. R., Larraín M. y K. Schmidt-Hebbel (2006) *Measuring and Explaining Total Factor Productivity in Chile*. Cuadernos de Economía, Vol. 43, pp. 113-142.
57. Fuentes, R., M. Larraín y K. Schmidt-Hebbel (2004) *Fuentes del Crecimiento y Comportamiento de la Productividad Total de Factores en Chile*. Documentos de Trabajo del Banco Central de Chile, 287.
58. Fukao, K, et al (2007) *Estimation Procedures and TFP Analysis of the JIP Database 2006*. RIETI Discussion Paper Series 07-E-003
59. Gallego, Francisco y Norman Loayza (2002) *The Golden Period for Growth in Chile. Explanations and Forecasts*, en N. Loayza y R. Soto (eds.), *Economic Growth: Sources, Trends and Cycles*, Banco Central de Chile.
60. Gomes da Silva, E. *Capital services estimates in Portuguese industries, 1977–2003*. Portuguese Economic Journal, Vol, N° 1, pp. 35-74
61. Gordon, R. J. (2010) *Revisiting U.S. productivity growth over the past century with a view of the future*. NBER Working Paper Series, Working Paper 15834, <http://www.nber.org/papers/w15834>
62. Greenwood, J., y B. Jovanovic (2001) *Accounting for Growth*, en C.R. Hulten, E.R. Dean y M.J. Harper (editores), *New Developments in Productivity Analysis*, University of Chicago Press, NBER Book Series Studies in Income and Wealth.
63. Griliches, Z. (1970) *Notes on the Role of Education in Production Functions and Growth Accounting*, pp. 71-115 in *Education and Income*, Lee Hansen (ed.), NBER Studies in Income and Wealth, volume 35, New York: Columbia University Press.
64. Groth, Charlotta, Maria Gutierrez-Domenech and Sylaja Srinivasan (2004). *Measuring Total Factor Productivity for the United Kingdom*. Bank of England Quarterly Bulletin.
65. Gu, W. and M. Ho (2000) *A Comparison of Productivity Growth in Manufacturing between Canada and the United States, 1961-95*. Paper presented at the CCLS Conference on the Canada-U.S. Manufacturing Productivity Gap, January 21-22, Ottawa Ontario.
66. Guajardo, J. C. (2007). *La Agenda Minera en Chile: Revisión y Perspectivas*. Recursos Naturales e Infraestructura, 120, 60 pp.

67. Guasch, J.L. y J. Kogan (2001) *Inventories in developing countries: levels and determinants - a red flag for competitiveness and growth*. Policy Research Working Paper Series 2552, The World Bank.
68. Gutiérrez, M. (1983) *Ahorro y Crecimiento Económico en Chile: una visión del proceso desde 1960 a 1981 y proyecciones de mediano plazo*. Serie de estudios económicos, Documentos de investigación, N° 18, Febrero. Banco Central de Chile.
69. Haacker, Markus (2010) *ICT Equipment Investment and Growth in Low- and Lower-Middle-Income Countries*. IMF Working Paper N°10/66.
70. Haindl, E. y Fuentes R. (1986) *Estimación del Stock de Capital en Chile: 1960-1984*. Estudios de Economía, Departamento de Economía Universidad de Chile, Vol, 13. n°1, Abril.
71. Harberger, A. (1972) *Project Evaluation*. University of Chicago Press.
72. Henríquez, C. G. (2008a) *Stock de Capital en Chile (1985-2005): Metodología y Resultados*. Studies in Economic Statistics, Central Bank of Chile, N.° 63
73. Henríquez, C. G. (2008b) *Inversión por actividad económica en Chile periodo 2004-2005*. Studies in Economic Statistics, Central Bank of Chile, N.° 65
74. Hoffman, A. (1991) *The role of capital in Latin America: a comparative perspective of six countries for 1950-1989*. Documentos de trabajo, CEPAL, N° 4, Diciembre.
75. Hoffman, A. (2000) *Standardised Capital Stock Estimates in Latin America: a 1950-94 Update*. Cambridge Journal of Economics 24
76. Hulten, C. R. (1990) *The Measurement of Capital*; in Berndt, Ernst R. and Jack Triplett (eds.) *Fifty Years of Economic Measurement*, University of Chicago Press.
77. Hulten, C. R. (2000) *Total Factor Productivity: A Short Biography*. NBER Working Paper N°7471.
78. Javorcik, B.S.(2004) *Does foreign direct investment increase the productivity of domestic firms? In search of spillovers through backward linkages*. American Economic Review, vol. 94, pp.605-627.
79. Jorgenson D.W. (2001) *Information Technology and the U.S. Economy*. American Economic Review, 91(1), 1-32.
80. Jorgenson D.W. and Stiroh K.J. (2000) *Raising the Speed Limit: U.S. Economic Growth in the Information Age*. Brookings Papers on Economic Activity, (1), 125-211
81. Jorgenson, D. W. (1963) *Capital Theory and Investment Behaviour*. American Economic Review, vol 53, pp. 247-259.
82. Jorgenson, D. W. (1995) *Productivity*. Volumes 1 and 2, MIT Press Cambridge Massachusetts and London England.
83. Jorgenson, D. W., Ho, M. S. and Stiroh, K. J. (2005), *Information Technology and the American Growth Resurgence*. MIT Press, Cambridge,
84. Jorgenson, D.W. (2009) *A New Architecture for the U.S. National Accounts*. Review of Income and Wealth, Volume 55, Issue 1, pages 1–42, March 2009
85. Jorgenson, D.W. y Griliches, Z. (1967) *The Explanation of Productivity Change*. Review of Economic Studies 34.
86. Kharas, Homi, Danny Leipziger, William Maloney, R. Thillainathan and Heiko Hesse (2008) *Chilean Growth through East Asian Eyes*. Commission on Growth and Development Working Paper N°31.
87. Konings, H. & Vandenbussche, J. (2008) *Heterogeneous responses to trade protection*. Journal of International Economics, vol. 76, pp.371-383.
88. Kusum Das, D. and Azeez Erumban, A. (2010) *Capital Service Estimates for Indian Economy: A Sectoral Perspective*. Paper prepared for the 1st World KLEMS conference to be held at Harvard University, Cambridge, USA on August 19-20, 2010.
89. Levinsohn, J. y A. Petrin (2003a) *Estimating Production Functions Using Inputs to Control for Unobservables*. Review of Economic Studies, 70 (3): 317-341.

90. Levinsohn, J. y A. Petrin (2003b) *On the Micro-Foundations of Productivity Growth*. Mimeo, University of Chicago.
91. Levinsohn, J., y A. Petrin (2003) *Estimating Production Functions Using Inputs to Control for Unobservables*. *Review of Economic Studies* 70(2): 317-341.
92. Loayza, N. y Soto, R. (2002) *The Sources of Economic Growth: An Overview*, en N. Loayza y R. Soto (eds.), *Economic Growth: Sources, Trends and Cycles*, Banco Central de Chile.
93. Loko, B. and Diouf, M.A.(2009) *Revisiting the Determinants of Productivity Growth: What's New?*. IMF Working Paper, WP/09/225
94. Long K. y M. Franklin (2010) *Multi-factor productivity: estimates for 1994 to 2008*. *Economic and Labour Market Review* 4(9).
95. Lu S. y Tybout J.R. Katayama, H. (2009) *Firm-level productivity studies: Illusions and a solution*. *International Journal of Industrial Organization*, vol. 27, pp. 403-413.
96. Marshall, J. y Rodríguez, J. (2010) *Análisis del Desarrollo Productivo en Chile: Tendencias y Determinantes*. Serie de Políticas Públicas UDP Documentos de Trabajo N°6.
97. Mas, M., Pérez, F. and Uriel, E. (2000) *Estimation of the stock of capital in Spain*. *Review of Income and Wealth*, Vol 46, Issue 1, pp. 103–116.
98. MIDEPLAN, División Social, *Encuesta CASEN* www.mideplan.cl/casen.
99. Nickel, S. J. (1978) *The Investment Decisions of Firms*. Oxford.
100. OCDE (2001a) *Measuring Productivity – OECD Manual: Measurement of Aggregate and Industry-Level Productivity Growth*, Paris.
101. OCDE (2001b) *Measuring Capital – OECD Manual: Measurement of Capital Stocks, Consumption of Fixed Capital and Capital Services*, Paris.
102. OCDE (2010) *Chile Economic Survey*.
103. Olley, S. y A. Pakes (1996) *The Dynamics of Productivity in the Telecommunications Equipment Industry*. *Econometrica*, 64(5): 1263-1297
104. Pagés, C. (2010) *La era de la productividad: cómo transformar las economías desde sus cimientos*. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington: EE.UU.
105. Pavcnik, N. (2002) *Trade Liberalization, Exit, and Productivity Improvements: Evidence from Chilean Plants*. *Review of Economic Studies* 69(1): 245-276.
106. Pérez, J. (2003) *Stock de Capital de la Economía Chilena y su Distribución Sectorial*. Documento de Trabajo N°233, Banco Central de Chile.
107. Petrin, A., B. P. Poi y J. Levinsohn (2004) *Production Function Estimation in Stata Using Inputs to Control for Unobservables*. En *Stata Journal* 4 (2): 113-12
108. Redding S.J. & Schott P.K. Bernard, A.B. (2009) *Products and productivity*. *Scandinavian Journal of Economics*, vol. 111(4), pp. 681-709.
109. Rojas, Patricio, Eduardo López y Susana Jiménez (1997) *Determinantes del crecimiento y estimación del producto potencial en Chile: El rol del comercio internacional*, en Morandé y Vergara (eds.), *Análisis Empírico del Crecimiento Económico en Chile*, Centro de Estudios Públicos, ILADES/Georgetown.
110. Roldós, Jorge (1997) *El crecimiento del producto potencial en mercados emergentes: El caso de Chile*, en Morandé y Vergara (eds.), *Análisis Empírico del Crecimiento Económico en Chile*, Centro de Estudios Públicos, ILADES/Georgetown.
111. Schreyer, P. (2003) *Capital Stocks, Capital Services and Multi-Factor Productivity Measures*. OECD Economic Studies, No. 37, 2
112. Schreyer, Paul, Pierre-Emanuel Bignon and Julien Dupont (2003) *OECD Capital Services Estimates: Methodology and a First Set of Results*. OECD Statistics Working Paper.
113. Schwellnus, C. (2010) *Chile: Boosting productivity growth by strengthening competition, entrepreneurship and innovation*. OECD Economics Department Working Paper no. 785.

114. Shikher, S. (2004) *Specialization in The Neoclassical Model Allowing For Variable Capital Utilization*. Applied Econometrics and International Development 10-2.
115. Solimano, A and R. Soto (2004) *Latin American Economic Growth in the Late 20th. Century: Evidence and Interpretation*. PUC Economics Institute Working Paper No. 276.
116. Solow, R. M. (1956) *A contribution to the theory of economic growth*. Quarterly Journal of Economics, vol. 70(1), pp. 65-94.
117. Syverson, C (2011) *What Determines Productivity?* Journal of Economic Literature, forthcoming.
118. Tokman, A. (2010) *Gestión y Desempeño: Una Nueva Llave para Mejorar la Productividad*. Santiago, Chile: Instituto de Políticas Públicas Expansiva UDP.
119. Van Beveren, I. (2010) *Total factor productivity estimation: a practical review*. Journal of Economic Surveys, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-6419.2010.00631.x>
120. Van Biesebroeck, J. (2003) *Revisiting Some Productivity Debates*. NBER Working Paper, 10065.
121. Van Biesebroeck, J. (2007) *Robustness of productivity estimates*. Journal of Industrial Economics, Vol. 55, pp. 529-569
122. Vergara Rodrigo, R. y R. Rivero (2006). *Productividad Sectorial en Chile: 1986-2001*. Cuadernos de Economía, Vol. 43, No.127, pp. 143-168.
123. Wölfl, A. (2003) *Productivity Growth in Service Industries: An Assessment of Recent Patterns and the Role of Measurement*. OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 2003/7, OECD Publishing.
124. Wölfl, A. and D. Hajkova (2007) *Measuring Multifactor Productivity Growth*. OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 2007/5, OECD Publishing.
125. Wooldridge, J.M. (2009) *On estimating firm-level production functions using proxy variables to control for unobservables*. Economics Letters, vol. 104(3), pp. 112-114.

ANEXO: MEMORIA DE CÁLCULO

En el presente anexo se describe en detalle cada uno de los supuestos que se ha hecho para la medición de la PTF, los datos utilizados y fuentes disponibles a Mayo de 2013. Esta información es suficiente para replicar los cálculos.

Productividad total de factores (PTF)

Asumiendo una función de producción Cobb-Douglas, tenemos que la PTF es definida como:

$$(1) \quad A = Y / (KUT^\alpha \times LE^{(1-\alpha)})$$

donde A representa la PTF, Y el PIB a nivel agregado y el valor agregado a nivel sectorial, KUT el stock de capital utilizado, LE es empleo efectivo (incluye capital humano) y α la participación del capital en el producto.

Producto interno bruto y valor agregado (Y)

A nivel agregado se utiliza el PIB en volumen a precios del año anterior encadenados, correspondiente al año de referencia 2008. Estas cifras están disponibles en la Base de Datos Estadísticos del Banco Central de Chile anual y trimestralmente desde 1996. Para el periodo 1990-1995 se utilizó la información de la ficha del Banco Central: "Empalme estadístico del PIB y de los componentes del gasto: series anuales y trimestrales 1986-2003, referencia 2008" (Estudios Económicos Estadísticos N°91)

De manera similar, para los siete sectores elegidos se utiliza el valor agregado en volumen a precios del año anterior encadenado correspondiente al año de referencia 2008. Para el periodo 1990-1995, se empalmaron las series utilizando los datos con base de referencia 1986 y se aplicaron las tasas de variación en cuatro trimestres.

Empleo Efectivo (LE)

El factor trabajo, LE corresponde al total de horas trabajadas, corregidas por la calidad de la mano de obra (capital humano). Por tanto, podemos descomponer el trabajo de la siguiente manera:

$$(2) \quad LE = N \times H \times \Omega$$

donde N corresponde al número de trabajadores empleados, H es el número de horas promedio trabajadas por trabajador y Ω corresponde a un factor de ajuste por la calidad de los trabajadores.

La data sobre el número de trabajadores promedio trimestral a nivel agregado (N) y sectorial (N) es generada por el INE. Para el periodo 2009 en adelante se utiliza la Nueva Encuesta Nacional de Empleo. Para el periodo anterior, se agregan 215.000 trabajadores a las cifras con base Censo 2002. A nivel sectorial, se suman las siguientes cantidades:

- Agricultura, caza y pesca: 40.000
- Minería: 65.000
- Electricidad, gas y agua: 25.000

- Comercio, hoteles y restaurantes: 340.000

Para obtener el número de empleo anual, se promediaron los trimestres móviles de enero-marzo, abril-junio, julio-septiembre, octubre-diciembre.

En cuanto a las horas promedio trabajadas a nivel agregado (H), se utilizaron datos del INE respecto de las horas promedio semanales efectivamente trabajadas (se excluye a los ocupados con cero horas trabajadas), multiplicadas por las 13 semanas a nivel trimestral y se suman los cuatro trimestres para obtener la cifra anual. Para el periodo 2009 en adelante, se utilizaron datos de la Nueva Encuesta Nacional de Empleo. Para el periodo anterior a 2009, se utilizaron los datos de la anterior Encuesta Nacional de Empleo y se empalmaron las cifras ajustando el nivel de modo que el cuarto trimestre del 2008 y el primer trimestre del 2009 quedaran iguales.

Como no se dispone de data para las horas trabajadas promedio a nivel sectorial, se utiliza el promedio de horas a nivel agregado.

El factor de calidad Ω , se obtiene del supuesto que diferenciales salariales reflejan diferenciales de productividad. A nivel agregado, se utilizan los salarios y la participación de los trabajadores según el nivel educacional alcanzado. Si definimos que W_0 es el salario del trabajador sin educación formal (como factor de normalización), se puede calcular el ajuste por calidad a nivel agregado como:

$$(3) \quad \Omega = \sum (N_i/N) \times (W_i/W_0)$$

Donde (N_i/N) es la participación del número de trabajadores tipo i sobre el total de trabajadores y W_i/W_0 la razón de salarios.

El factor de calidad a nivel sectorial (Ω_s), por su parte, se obtiene a partir del factor calidad a nivel agregado y la razón entre el salario del sector (W_s) y el salario promedio de la economía (W):

$$(4) \quad \Omega_s = \Omega \times (W_s/W)$$

Para el cálculo a nivel agregado se recurre a la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (Casen), del Ministerio de Desarrollo Social. Los segmentos de trabajadores corresponden a las siguientes siete categorías educacionales: sin educación formal, educación primaria incompleta, educación primaria completa, educación secundaria incompleta, educación secundaria completa, educación superior incompleta y educación superior completa.

Para los años en que no hay encuesta Casen, se interpola linealmente el cálculo final de premio por educación. Los datos a nivel trimestral se obtienen a partir de la opción "quadratic-match average" de EView. Para los años posteriores a la última encuesta, se mantiene el premio por educación de la última encuesta disponible. Para el cálculo a nivel sectorial se utiliza el factor calidad obtenido a partir de los datos de la Casen, y el salario relativo promedio de siete de los ocho sectores elegidos respecto del total de la economía según el INE. Para el sector agrícola se utilizan datos de la Casen con una interpolación lineal en aquellos periodos en que no se realiza la encuesta.

Stock de capital utilizado (KUT)

Para el periodo 1990-2012, se utilizan los datos anuales del stock de capital neto en pesos constantes según ficha actualizada del Banco Central: “Stock de Capital en Chile (1985-2005): Metodología y Resultados” (Estudios Económicos Estadísticos, N°63). Para el periodo posterior al último dato publicado, se utiliza la metodología de inventarios perpetuos para cada tipo de capital: Maquinaria y equipo, por un lado, y Edificación habitacional y resto de construcción, por el otro.

La tasa de depreciación para cada tipo de stock de capital se calcula a partir de los datos de consumo de capital fijo, como proporción del stock de capital, en términos anuales, entregados por el Banco Central. Se utiliza la tasa de depreciación del año 2011 como constante para todos los años.

Para obtener la data trimestral, se considera que el stock publicado al final del año corresponde al cuarto trimestre del mismo. Para completar el resto de los trimestres (del primero al tercero de cada año), se interpola el stock de capital cada tipo i (capital en maquinaria y equipo por un lado y el stock de capital en construcción por otro) con la siguiente fórmula:

$$(5) \quad K_{t,i} = K_{t-1,i} \times (1-\delta_i/4) + FBK_{t,i} + [K_{a+,i} - (K_{a-,i} \times (1-\delta_i/4))^4 + FBK_{t,i}]/4$$

Donde t corresponde al trimestre del año en cuestión, mientras $a+$ corresponde al stock de capital al final del año (cuarto trimestre) y $a-$ al stock de capital al final del año anterior. La segunda parte de la fórmula, entre paréntesis, distribuye homogéneamente los residuos que se producen de la diferencia entre aplicar la fórmula descrita y el stock de capital publicado por el Banco Central. Estas diferencias son pequeñas.

δ_i representa la tasa de depreciación anual de cada uno de los dos tipos de stock de capital. Ésta se calculó a partir de los datos de consumo de capital fijo entregados por el Banco Central de Chile, en la misma fuente mencionada anteriormente, de modo que la tasa de depreciación (en términos anuales) corresponde al consumo de capital fijo como proporción del stock de capital. Se utiliza la tasa de depreciación del año 2011 como constante para todos los años.

Las series de formación bruta de capital fijo para construcción y para maquinaria y equipos, también se obtienen de la Base de Datos Estadísticas del Banco Central de Chile. Se utilizan datos en millones de pesos encadenados con base 2008 y el empalme provisto por el mismo Banco Central desde el año 1996.

Para los años previos a 1995, el stock de capital se interpola linealmente entre el cuarto trimestre del año anterior y el cuarto trimestre del año en cuestión. Por cuestiones estadísticas, al aplicar para cada tipo de stock de capital esta metodología, agregar la serie no corresponde a lo que se obtendría si se interpola directamente el stock agregado. Esta diferencia se distribuye proporcionalmente entre los dos tipos de capital, dependiendo de su participación dentro del stock total y homogéneamente entre los trimestres de cada año.

Las cifras sectoriales del periodo 1996-2011 se obtienen de los datos anuales del stock de capital neto en pesos constantes, disponibles en la ficha actualizada del Banco Central: "Stock de Capital en Chile (1985-2005): Metodología y Resultados" (Estudios Económicos Estadísticos, N°63). Para el periodo posterior al último dato de stock de capital publicado por el Banco Central, se extrapola trimestralmente utilizando el método de inventarios perpetuos para cada tipo de capital, para luego agregarlos y obtener el stock de capital.

Para el periodo anterior a 1996 se procede de la siguiente manera:

- Para los sectores **Agricultura, caza y pesca, Minería, Industria y Construcción**, se utilizan datos empalmados de formación bruta de capital fijo por las variaciones anuales, obtenidos de los anuarios de Cuentas Nacionales. Con estos datos se aplicó, para cada sector s y año t , la ecuación:

$$(6) K_{T,S} = (K_{T+1,S} - FBK_{T,S}) / (1 - \delta_s)$$

- Para **Minería** se utilizaron datos del documento "La agenda minera en Chile: revisión y perspectivas" de J.C. Guajardo (2007).
- Para el sector **Energía, gas y agua** se utilizan datos de la suma de la capacidad instalada para generación eléctrica del SIC y el SING disponible en los Balances Energéticos de la Comisión Nacional de Energía. Se hizo una regresión entre el logaritmo del stock de capital y el logaritmo de la capacidad instalada para el periodo 1996-2011. Se obtuvo un intercepto de 1,16 y una pendiente de -1,66. Estos parámetros se utilizaron para estimar el stock de capital previo a 1996.
- Para el sector **Comercio, restaurantes y hoteles**, se utilizan datos de formación bruta de capital sectorial por tipo de activo. Los siguientes activos fueron agrupados en maquinaria y equipo (M): (i) activos maquinaria y equipo eléctrico y no eléctrico, (ii) equipo de transporte y (iii) resto productos industriales. Así, se calcula la participación de cada tipo de activo en la formación bruta de capital del sector para 2003. Estas mismas proporciones se utilizaron para calcular la formación bruta de capital del sector (FBK_{CRH}) para los años previos a 1996, utilizando las series de stock de capital en Construcción (FBK_C) y en Maquinarias y equipos (FBK_M), para cada año t de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$(7) FBK_{CRH,T} = (FBK_{CRH,2003}/FBK_{C,2003}) \times FBK_{C,T} + (FBK_{CRH,2003}/FBK_{M,2003}) \times FBK_{M,T}$$

Luego, se aplica la ecuación (6)

- Para los sectores **Transporte y comunicaciones** y **Servicios financieros y empresariales**, se utilizó el supuesto que el stock de capital de ambos sectores se construye restando el stock de capital de los sectores calculados en los puntos anteriores al stock de capital total. Luego, se calcula la proporción entre el stock de capital de ambos sectores en 1996, la que se mantiene para construir el periodo 1990-1995.
- La tasa de depreciación para el stock de capital en cada sector, se calculó de igual manera que para los dos tipos de stock de capital.

TABLA A. 1: TASAS DE DEPRECIACIÓN

Componente o sector		Tasas de Depreciación
Componentes	Edificación y OO.II.	3,4%
	Maquinaria y equipo	11,5%
Sector	Agricultura, caza y pesca	7,5%
	Minería	6,4%
	Industria	8,0%
	Electricidad, gas y agua	4,9%
	Construcción	7,2%
	Comercio, restaurantes y hoteles	7,4%
	Transporte y Comunicaciones	7,9%
	Servicios Financieros	3,9%

Fuente: Elaboración en base a datos del Banco Central

Para trimestralizar la data, se realiza el mismo procedimiento establecido para el cálculo del stock de capital a nivel agregado.

La tasa de utilización del stock de capital existente se calcula a partir de la ecuación:

$$(8) \quad \text{LN}(\text{CE}) = \alpha + \beta \times \text{LN}(\text{K} \times \text{UT})$$

donde $\ln(\bullet)$ corresponde al operador de logaritmos naturales y CE al consumo de energía secundaria según los Balances Energéticos de la Comisión Nacional de Energía. Los parámetros se estiman utilizando una regresión de mínimos cuadrados ordinarios. Así, la tasa de utilización corresponde a:

$$(9) \quad \text{UT} = \text{EXP}[(\text{LN}(\text{CE}) - \alpha - \beta \times \text{LN}(\text{KT}-1))]$$

Se considera un quiebre estructural después del año 1997, por lo que se estiman regresiones separadas para el periodo previo a 1997 (inclusive) y posterior a 1997. Estos parámetros son aplicados también a la serie trimestral.

Para los trimestres posteriores al último Balance Nacional Energético publicado, se extrapola utilizando las variaciones trimestrales de los despachos de energía eléctrica publicada por el Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE).

A nivel sectorial, se estima la misma ecuación, introduciendo un quiebre estructural en 1997 para el Comercio, restaurantes y hoteles y Transporte y telecomunicaciones; un quiebre en 1998 para la Industria, y ningún quiebre para la Minería. Para los sectores Agricultura, caza y pesca y Construcción, se ocupa la misma tasa que para el agregado de la

economía. En los sectores Electricidad, gas y agua y Servicios financieros, se asume plena utilización en todos los periodos.

Las variables dependientes e independientes de cada regresión y sus respectivos parámetros se presentan en la siguiente tabla.

TABLA A. 2: RESULTADOS REGRESIONES

Sector	Variable dependiente (ln)	Variable independiente (ln)	Intercepto (α)	Pendiente ¹⁵ (β)
Agregado de la economía	Consumo energía total	Stock de capital agregado	-8,70	1,12
Agricultura, caza y pesca				
Construcción				
Transporte y comunicaciones	Consumo energía transporte	Stock de capital transporte y comunicaciones	-12,90	1,56
Minería	Consumo de energía minería	Stock de capital minería	0,00	0,61
Industria	Consumo de energía industria	Stock de capital industria	-39,41	3,13
Comercio, restaurantes y hoteles	Consumo energía comercio	Stock de capital comercio, restaurantes y hoteles	-8,68	1,12

Fuente: Elaboración en base a estimaciones periodo 1991-2009

Los datos son trimestralizados utilizando la ecuación “quadratic match average” de EView. Para los datos trimestrales posteriores a la publicación del Balance Energético se extrapola a partir de las variaciones trimestrales de los despachos de energía eléctrica publicadas por el Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE).

Participación del capital (α)

La participación del trabajo en la producción α se obtiene de la composición del PIB publicada por Cuentas Nacionales. Se calcula como la suma de las remuneraciones y los impuestos netos de subvenciones como porcentaje del PIB. La participación del capital ($1 - \alpha$) se calcula como los excedentes de explotación sobre el PIB. Se tomó el promedio del periodo 2008-2012

La participación de los factores productivos para cada sector, por su parte, se obtiene del trabajo realizado por Vergara y Rivero (2006).

Para la minería se utiliza la participación del capital en el sector Electricidad, gas y agua (0,77), y para Agricultura, caza y pesca se utiliza la participación de capital en Transporte y telecomunicaciones (0,41)

¹⁵ Se testea raíz unitaria, rechazándose en todos los casos

TABLA A. 3: PARTICIPACIÓN DEL CAPITAL SEGÚN ACTIVIDAD

Sector	Participación del capital (α)
Industria	59%
Electricidad, gas y agua	77%
Construcción	63%
Comercio, restaurantes y hoteles	27%
Transporte y telecomunicaciones	41%
Servicios financieros	44%

Fuente: Vergara y Rivero (2006) en base a datos proporcionados por el INE y Casen

Estimación de la PTF sin considerar los recursos naturales

En el caso de Chile, existen sectores importantes que se ven especialmente influidos por la evolución del stock de recursos naturales que no se captura en esta función de producción. Por lo anterior, fluctuaciones en los stocks de recursos naturales se confunden con fluctuaciones en la PTF a nivel sectorial y agregado. Se estima, entonces, la misma función de producción, excluyendo los sectores Minería y Electricidad, gas y agua de la siguiente manera:

- Se resta del PIB el valor agregado de estos dos sectores.
- Del número total de trabajadores de la economía, se resta el número de trabajadores de ambos sectores.
- Para el número de horas trabajadas y la calidad del capital humano se utilizaron los mismos cálculos que para el agregado de la economía..
- Se resta del stock de capital, el stock de los dos sectores.
- La tasa de utilización se estima restando del total de la demanda energética la del sector Minero y se considera el quiebre estructural en 2007. En la estimación se obtiene una pendiente de 1,24 y un intercepto de -10,89.
- La participación del capital sin estos sectores (α_{SR}) se recalculó como: $\alpha_{SR} = (\alpha - \varphi_{Min}\alpha_{Min} - \varphi_{Ega}\alpha_{Ega}) / (1 - \varphi_{Min} - \varphi_{Ega})$, donde α es la participación del capital en el agregado de la economía, α_{Min} y α_{Ega} son la participación del capital en el sector Minería y Electricidad, gas y agua, respectivamente, y φ_{Min} y φ_{Ega} son las participaciones del valor agregado de los sectores en el PIB el año 2008.