

Impacto Macro del Aumento del Gasto en Alimentación óptima: el caso de Chile

Carlos J. García*

Ilades-Georgetown University y Universidad Alberto Hurtado

Enero 2015

Resumen

Si bien son conocidas las consecuencias a nivel individual de los efectos positivos de una buena alimentación, no son tan conocidos los efectos a nivel agregado o macroeconómico de un aumento del gasto en alimentación a nivel laboral. En este estudio proponemos que existe una relación simbiótica entre alimentación y productividad. El presente estudio cuantifica el impacto agregado usando para ello un modelo estándar para el análisis macroeconómico DSGE que permite identificar adecuadamente la conexión entre un aumento en el gasto en alimentación, la productividad y la evolución de las principales variables macroeconómicas de la economía Chilena. Los resultados indican que un 1 % del gasto óptimo en alimentación (20 calorías aprox.) tiene un efecto positivo de 0,1 % en la productividad acumulada en los próximos 5 años. En consecuencia, los efectos sobre el PIB son del 0,3 % en 5 años. Esto equivale a casi 6,000 millones de dólares extra para la economía y 1,100 millones extra de más presupuesto fiscal.

Keywords: Productivity, Optimal nutrition, DSGE, Bayesian econometrics.

JEL Classification Numbers: I15, E24, E32.

*Erasmus Escala 1835, Santiago, Chile. Tel: 56-2-8897366. Fax: 56-2-6920303. E-mail: *cgarcia@uahurtado.cl*. Académico de ILADES, Universidad Alberto Hurtado. Se agradece la colaboración como ayudante de investigación a Sebastián Olate. También los comentarios de la Mesa de Trabajo de Alimentación Laboral, a Mauricio Araneda por su colaboración y especialmente a Marta Manríquez por sus aclaraciones y comentarios. Como es tradicional en este tipo de estudios, cualquier error es de exclusiva responsabilidad del autor de este estudio.

Índice

1. Introducción	4
2. Literatura	6
3. Gasto en Alimentación Real Per Cápita	8
4. Alimentación, Calidad y Productividad	13
5. Metodología	17
5.1. Gasto en Alimentación y productividad	17
5.2. Sectores Productivos	19
5.3. Consumo	19
5.4. Inversión	20
5.5. Inflación de Precios y Salarios	20
5.6. Cuenta Corriente	20
5.7. Política Económica	20
5.8. Aspectos Destacados de la Modelación	21
6. Resultado de las Estimaciones	24
7. Conclusiones	29
8. Referencias	31
9. Anexos	34
9.1. Anexo 1: Modelo DSGE	34
9.1.1. Hogares	34
9.1.2. Intermediarios Financieros	35
9.1.3. Firmas de Bienes Intermedios	35
9.1.4. Firmas Productoras de Capital	37

9.1.5. Firmas de Retail	37
9.1.6. Gobierno	38
9.1.7. Política Monetaria	39
9.1.8. Exportaciones no mineras	39
9.1.9. Riesgo País	40
9.1.10. Sector Minero	40
9.1.11. Equilibrio General de la Economía.	42
9.1.12. Ajustes en el modelo	44
9.2. Anexo 2: Convergencias y parámetros estimados.	45
9.3. Anexo 3	47
9.4. Anexo 4: Estimación Bayesiana	51

Resumen no Técnico

Si bien son conocidas las consecuencias a nivel individual de los efectos positivos de una buena alimentación, no son tan conocidos los efectos a nivel agregado o macroeconómico de un aumento del gasto en alimentación a nivel laboral. En este estudio proponemos que existe una relación simbiótica entre alimentación y productividad. El presente estudio cuantifica el impacto agregado usando para ello un modelo estándar para el análisis macroeconómico DSGE que permite identificar adecuadamente la conexión entre un aumento en el gasto en alimentación, la productividad y la evolución de las principales variables macroeconómicas de la economía Chilena. Los resultados indican que un 1 % del gasto óptimo en alimentación (20 calorías aprox.) tiene un efecto positivo de 0,1 % en la productividad acumulada en los próximos 5 años. En consecuencia, los efectos sobre el PIB son del 0,3 % en 5 años. Esto equivale a casi 6,000 millones de dólares extra para la economía y 1,100 millones extra de más presupuesto fiscal.

1. Introducción

Según Wanjek (2005), en un documento oficial de la OIT, con frecuencia, la alimentación en el trabajo es considerada como un elemento secundario por parte de algunos empleadores, y es entonces una "oportunidad perdida" de aumentar la productividad. Si bien existen varias alternativas de alimentación para el trabajador, algunas de estas pueden adolecer de deficiencias: los comedores pueden ofrecer a veces una selección rutinaria y escasamente variada. Ciertas máquinas expendedoras ofrecen alternativas poco saludables. Los restaurantes cercanos pueden resultar caros o escasos. Algunos alimentos vendidos en puestos callejeros podrían estar expuestos a contaminación por bacterias. Además un porcentaje de los trabajadores no tienen tiempo para comer, o un lugar donde hacerlo, o el dinero suficiente para comprar comida.

Sin embargo, se debe reconocer que son los propios lugares de trabajo el emplazamiento

natural y lógico para la intervención en materia sanitaria y de nutrición, que son materia de interés en el ámbito de la salud y la seguridad en el trabajo. Muchos trabajadores pasan en su lugar de trabajo una fracción importante de su tiempo, por lo que, los lugares de trabajo brindan la oportunidad de proporcionar a los empleados lo que puede constituir su única comida saludable del día. Con excesiva frecuencia, tal oportunidad se desaprovecha, por ejemplo ¿Cuántos trabajadores carecen de acceso a un comedor o a un restaurante adecuado, o de un lugar para almacenar alimentos en condiciones de seguridad? ¿Cuántos se ven rodeados por opciones limitadas a la comida rápida o a alimentos vendidos en puestos callejeros de una seguridad cuestionable? ¿A cuántos trabajadores no se les concede un descanso para comer? ¿Cuántos se saltan el almuerzo? Etc.

En Chile, Zarate et al (2009) demuestra que una inadecuada alimentación que produce obesidad causaría importantes costos económicos. Este estudio encuentra que el costo en salud promedio anual para los trabajadores obesos fue un 17% mayor, respecto a los trabajadores con peso normal. Además, el promedio de días de licencia médica aumentó en un 25% en los obesos. Por lo tanto, con una sana alimentación no sólo se gana más productividad sino produce ahorro para las familias, las empresas y el gobierno. Al respecto la OIT aconseja distribuir comida sana en el trabajo, al menos una vez al día.

Si bien son claras las consecuencias a nivel individual de los efectos de una buena alimentación, son más desconocido los efectos a nivel agregado o macroeconómico de un aumento del gasto en alimentación. En este estudio avanzamos en esa dirección, midiendo para toda la economía Chilena los efectos de un aumento de la alimentación sana en varios indicadores macroeconómicos: productividad, PIB, el empleo, el consumo, los salarios reales, recaudación fiscal etc.

Con propósito de cumplir este objetivo, el presente estudio cuantifica este impacto agregado usando para ello un modelo macroeconómico estándar que permite identificar adecuadamente la conexión entre un aumento en el gasto en alimentación, la productividad y la evolución de las principales variables macroeconómicas de la economía Chilena.

En resumen, los resultados del estudio son:

- Un 1 % del gasto óptimo en alimentación adicional (20 calorías aprox.) tiene un efecto positivo de 0,1 % en la productividad acumulada en los próximos 5 años.
- Los efectos sobre el PIB son del 0,3 % en 5 años. Esto equivale a casi 6,000 millones de dólares extra para la economía y 1,100 millones extra de más presupuesto fiscal.

El estudio se organiza de la siguiente forma. Primero se revisa la literatura internacional sobre este tema. Segundo se calcula la serie agregada gasto en alimentación real per cápita, al respecto toda la información de los datos utilizados en este estudio se encuentran en el Anexo 3. Tercero, se presenta la metodología que se usa para modelar y estimar el impacto de la alimentación en la productividad y en otras variables económicas. Cuarto, se presentan los resultados. Finalmente se resumen los resultados y se entregan las principales conclusiones del estudio.

2. Literatura

Existen muy pocos estudios en que analice el efecto la alimentación en la productividad laboral a nivel macroeconómico. La literatura disponible por lo general plantean modelos econométricos de evaluación de programas o simples observaciones entre grupos de control, en los cuales se extrapolan los efectos expansivos de políticas de alimentación sobre la economía (i) a través de la contabilidad que se puede obtener de la matriz insumo producto, (ii) a través de mediciones directa del aumento de la productividad de solo un grupo de trabajadores (y por tanto sin considerar mediciones sobre otras variables macroeconómicas y su interacción) o (iii) argumentos sólo cualitativos.

Trejos et al. (2013) es uno de pocos trabajos que relaciona alimentación y desempeño macroeconómico. En base a un modelo de evaluación de impacto, el autor plantea los beneficios y costos que incurre una política de alimentación por parte de las empresas. Para las

empresas existe un costo de implementación del programa, pero simultáneamente él autor propone que la empresa obtiene beneficios por aumentos de productividad. Para el Estado, existe un costo implícito de reducción de recaudación fiscal (puesto que los gastos en alimentación no son considerados tributables), pero en el largo plazo, argumentan los autores, se obtendrán mayores beneficios tributarios por los aumentos de productividad y el aumento de la actividad económica.

Trejos et al. (2013) propone un modelo que incluye una aproximación del gasto en alimentos y bebidas no alcohólicas, para la población activa que no dispone beneficio de alimentación. Para realizar las simulaciones se consideran dos modalidades alternativas: otorgar un subsidio para la obtención de insumos en alimentación o hacer una transferencia directa a los trabajadores para que estos compren alimentos preparados en establecimientos especializados. En ambos casos, se trata de un beneficio que está restringido para la compra de alimentos, ya sea de insumos para ser preparados o para comida lista para consumir. Los resultados del estudio indican que el subsidio permite en comparación a la transferencia directa mayores aumentos, aunque ambos producen beneficios por sobre los costos, del consumo y la producción, demanda de alimentos y mayor inversión, pero menor aumento empleo y recaudación.

Omotor (2009) analiza la situación alimentaria y nutricional de Nigeria, en relación a algunos de los factores socioeconómicos, como el precio, los ingresos, el empleo y la demografía. Existe un gran porcentaje de nigerianos bajo el umbral de la pobreza y la inseguridad alimentaria, lo cual tiene implicaciones sobre el estado de salud de muchos nigerianos. Entre los efectos indirectos de la baja calidad alimenticia son la capacidad de trabajo reducida, la baja productividad y la baja esperanza de vida. Omotor (2009) postula que el apoyo a la investigación, el uso eficiente de los fondos adecuados presupuestados para fines agrícolas, las instituciones fuertes, mejoras en los servicios de información, la mecanización y la provisión de infraestructura básica son requisitos previos para el logro de la seguridad alimentaria y el crecimiento en Nigeria.

La Organización Internacional del Trabajo (2012) postula en un estudio cualitativo para Chile, que un consumo saludable de alimentación aumenta la productividad de los trabajadores, ya que minimiza enfermedades y tendría un efecto positivo en la rentabilidad de las empresas y la recaudación fiscal. El estudio encuentra grandes déficits y debilidades en el actual sistema de alimentación en Chile y propone la intervención del estado y la inversión de las empresas no como un gasto, sino como una inversión para las mejoras productivas y la salud física y mental de los trabajadores.

Al respecto, Brasil tiene un proyecto que consta de 38 años, denominado Programa de Alimentación del Trabajador (PAT) que beneficia a el sector activo de la población hasta 5 sueldos mínimos, cuyo objetivo es paliar las deficiencias crónicas de alimentación en dicho país (Mazzon, 2001). El PAT es un acuerdo tripartito de financiamiento de la alimentación. Así, el Estado y las empresas asumen un rol fundamental en la implementación de este programa. Por un lado el estado debe renunciar a recaudación tributaria y las empresas asumen el costo de ejecución del programa. Al mismo tiempo, los trabajadores deben aceptar la disminución de parte de su sueldo para la mejora de su condición nutricional. Mazzon (2001) indica que se ha constatado que durante los años 1991 a 1998, que la productividad aumentó un 2,5% en los sectores industriales que estaban acogidos por el programa de alimentación a los trabajadores respecto de los trabajadores no acogidos al PAT.

3. Gasto en Alimentación Real Per Cápita

La primera tarea del estudio fue obtener una variable para medir el gasto en alimentación. Al respecto, la variable gasto en alimentación debe expresarse en términos reales y per cápita, es decir, al gasto en términos nominales se debe descontar tanto el efecto de la inflación como el efecto del crecimiento de la población. Así, éste corresponde a la razón entre el gasto en alimentación, el IPC y la población (ecuación (1)):

$$\frac{1}{N_t} \frac{P_t^A C_t^A}{P_t} = \phi_t \quad (1)$$

Donde:

- $P_t^A C_t^A$ = Gasto en alimentación.
- $P_t = IPC_t$
- ϕ_t = Gasto real.
- N_t = Población.

La principal dificultad para calcular directamente (1) es que parte de la información de la ecuación (1) no está disponible para toda la muestra, en específico el gasto en alimentación $P_t^A C_t^A$. Sin embargo, usando la teoría básica de la demanda para el consumidor, es decir, que las cantidades demandadas dependen negativamente de los precios y positivamente del ingreso, podemos reconstruir (1) bajo ciertos supuestos.

En efecto, los cambios en el gasto real $\phi_{i,t}$ por tipo de alimento se pueden obtener en función de elasticidades como se indica en la ecuación (2). En otras palabras, la ecuación (2) nos dice cómo cambia el gasto real de un tipo de alimento i en función de los cambios en los precios y el crecimiento de la economía en el tiempo, ambos ponderados por las respectivas elasticidades.

$$\left(\frac{\Delta \phi_{i,t+1}}{\phi_{i,t}} \right)^E = \eta_i^P \frac{\Delta P_{i,t+1}}{P_{i,t}} + \eta_i^{PIB} \frac{\Delta PIB_{t+1}}{PIB_t} \quad (2)$$

Donde:

- η_i^P = Elasticidad precio / demanda del alimento i .
- η_i^{PIB} = Elasticidad ingreso del alimento i
- $\frac{\Delta P_{i,t}}{P_{i,t}}$ = Variación porcentual precio del alimento a precios relativos.
- $\frac{\Delta PIB}{PIB}$ = Crecimiento del PIB real per cápita.

- $\frac{\Delta\phi_{i,t}}{\phi_{i,t}} =$ Crecimiento del gasto real del alimento i .

Cuadro 1: Elasticidades por tipo de alimento

Elasticidades		
Alimento	Elasticidad Precio	Elasticidad ingreso
Carnes	-0,59345	0,73382
Lácteos	-0,66641	0,82405
Aceites	-0,32602	0,40315
Pan y Cereales	-0,30669	0,37924
Frutas y Verduras	-0,66641	0,82405
Pescados y Mariscos	-0,66542	0,82283

Fuente: Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA)¹

Entonces nuestra estrategia es calcular el cambio en el gasto de grupos de alimentos y luego, conociendo una canasta de consumo en el tiempo (que corresponde a la del 2008), calculamos las participaciones, y los niveles, de varios tipos de gasto para finalmente obtener el nivel agregado de gasto real per cápita trimestral para la economía chilena del período 2003-2013.

En el uso de la ecuación (2) es vital re-construir el IPC por tipo de alimentos $P_{i,t}$ en los últimos 10 años. Puesto que no tenemos esa información para antes del 2008, usamos datos de precios **trimestrales** entre 2003-2008 obtenidos de ODEPA. Al respecto, se dividieron los alimentos en los siguientes tipos: (i) carnes, (ii) lácteos, (iii) pescados y mariscos, (iv) pan y cereales, (v) frutas y verduras y (vi) aceites. Se decidió esta división simplemente porque se tenía esa información sobre las elasticidades. Ya que cada alimento comprende muchas subclases, por ejemplo para carnes tenemos pollos, vacunos y cerdos, se tuvo que realizar una simplificación y obtener un promedio en relación a los ponderadores del IPC por alimento/subclase encontrados en el Banco Central de Chile y que corresponde a la canasta del 2008. Para el resto de la muestra, 2009-2013, la información se encuentra en forma directa

¹<http://www.ers.usda.gov/data-products/commodity-and-food-elasticities/demand-elasticities-from-literature.aspx#.U-pluPl5OSo>

en el sitio WEB del Banco Central de Chile. De la misma forma, los datos de crecimiento de la población y del PIB fueron obtenidos de este sitio.

Luego, usando elasticidades precios η_i^P , ingreso η_i^{PIB} , obtenidas en el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) para la economía chilena (ver **Cuadro 1**), y la ecuación (2) se obtiene finalmente el cambio del gasto real per cápita por tipo de alimento $\phi_{i,t}$.

Utilizando la canasta del IPC 2008², luego obtenemos las participaciones de cada clase de alimento del tercer trimestre 2008. Tomando como punto de referencia estas participaciones, obtenemos, capitalizando, el resto de las participaciones, en base a las siguientes formulas:

Para $t < 2008,3$:

$$S\phi_{i,t-1} = \frac{S\phi_{i,t}}{\left(1 + \left(\frac{\Delta\phi_{i,t}}{\phi_{i,t-1}}\right)^E\right)} \quad (3)$$

Para $t > 2008,3$:

$$S\phi_{i,t+1} = S\phi_{i,t} \left(1 + \frac{\Delta\phi_{i,t+1}}{\phi_{i,t}}\right)^E \quad (4)$$

Donde:

$$S\phi_{i,t+1} = \text{participación del alimento } i \text{ en el periodo } t+1$$

Una vez obtenida las participaciones, se pueden inferir directamente los niveles reales de gasto tanto por tipo de alimento como el agregado para toda la muestra.

La **Figura 1 y 2** muestra la evolución de los diferentes tipos de gasto en alimentación en los últimos 10 años. En el **Anexo 3** se presenta toda la información de gasto y precio en base 2003.1=100.

²Instituto Nacional de Estadísticas.

Figura 1: Series de gasto de alimentación real y per cápita por tipo de alimento (2003.1 = 100).

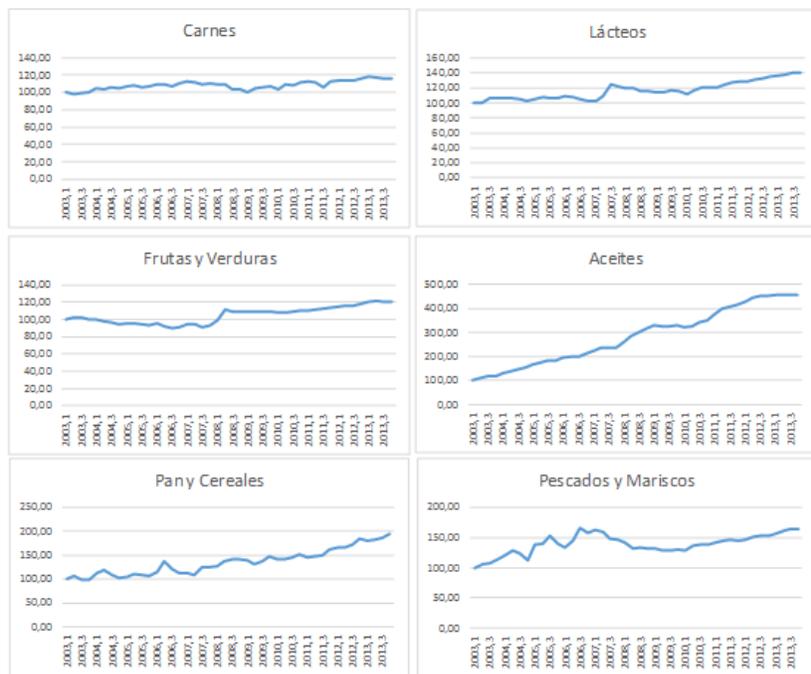
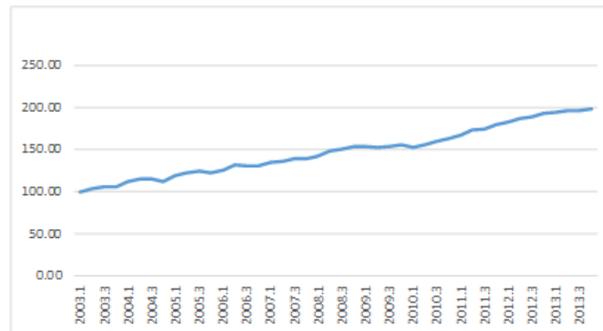


Figura 2: Serie de gasto agregado real y per cápita por tipo de alimento (2003.1 = 100).



Fuente: el autor en base a metodología de la Sección II.

4. Alimentación, Calidad y Productividad

En la introducción se explicó que el efecto de la alimentación en la productividad laboral depende en forma crucial de la calidad de esta alimentación. Así, un exceso de alimentación debe tener el efecto contrario al esperado: la productividad cae por un aumento del gasto en alimentación.

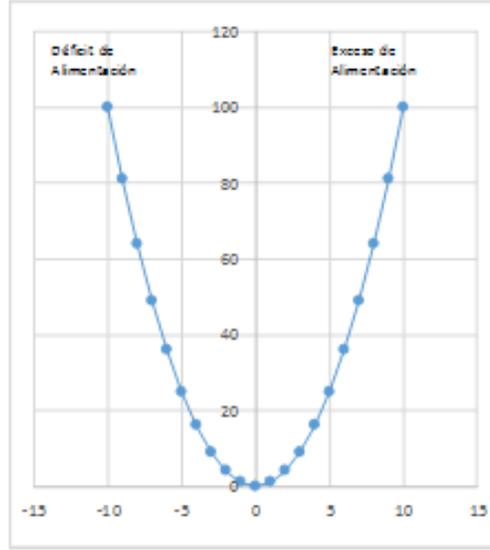
De esta manera proponemos un nuevo indicador para medir el verdadero impacto del gasto en alimentación en la productividad: el gasto efectivo. Este gasto debe calcularse en relación a un gasto óptimo que tiene solo efectos positivos sobre la productividad. Así, si el trabajador excede su consumo en alimentos sobre el nivel óptimo, el gasto efectivo debe caer causando un daño a la productividad. De la misma forma, si el trabajador, consume alimentos por debajo del óptimo, el gasto efectivo debiera también caer y reducir la productividad. Como se observa, en ambos casos, la productividad debiera caer, en un caso por exceso de alimentación y en el otro caso por falta de esta.

La ecuación (3) ilustra en forma precisa cómo funciona el gasto efectivo, el cual llamamos $\tilde{\phi}_{i,t}$. Este tiene efecto positivo sobre la productividad, si este gasto es igual al nivel óptimo o saludable llamado $\phi_{i,t}^*$. En caso contrario, si el gasto real $\phi_{i,t}$ está por encima de ese nivel óptimo, el gasto efectivo cae, penalizándose cuadráticamente (medido por el término al cuadrado $(\eta_i^1/2) (\phi_{i,t} - \eta_i^2 \phi_{i,t}^*)^2$). La **Figura 3** ilustra cómo cambia el castigo cuadrático, suponiendo solo por simplicidad que $\eta_i^1 = \eta_i^2 = 1$. En otras palabras, esto quiere decir que se penaliza fuertemente (al cuadrado) la alimentación que se aleja de la dieta óptima, tanto por exceso como por déficit. De esta forma, tanto un menor nivel de gasto efectivo como un exceso de éste tienen un efecto negativo sobre la productividad del trabajador.

$$\tilde{\phi}_{i,t} = \left[\phi_{i,t} - \frac{\eta_i^1}{2} (\phi_{i,t} - \eta_i^2 \phi_{i,t}^*)^2 \right] \quad (5)$$

Donde el parámetro η_i^1 se define como, la velocidad en que aumenta el castigo para cada

Figura 3: Costos de alejarse de la alimentación óptima



grupo de alimento cuando este es consumido en exceso o en déficit respecto del óptimo $\phi_{i,t}^*$. Este parámetro es aproximado por el valor de la probabilidad de mortalidad causado por enfermedades producto del consumo en exceso o en déficit de cada alimento/clase (ver **Cuadro 2**). Estos datos fueron extraídos del Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA) y del Atlas de la Mortalidad en Chile de la Universidad de Talca. Finalmente, el valor de η_i^2 debe ser cercano a uno, tal que $\phi_{i,t}$ y $\phi_{i,t}^*$ debieran ser directamente comparables. Es importante hacer notar que los parámetros η_i^1 y η_i^2 será estimado en la próxima sección.

Cuadro 2: Probabilidad de mortalidad por diferentes tipos de enfermedades relacionadas por tipos de alimentos

	Enfermedades	Probabilidad de mortalidad	Tipo de Mortalidad
Carnes	Diabetes	0,9375	Exceso
	Hipertensión	3,022625	Exceso
	Enfermedades isquémicas del corazón	7,211	Exceso
	Otras enfermedades del corazón	3,7585	Exceso
	Enfermedades cerebrovasculares	7,808125	Exceso
	suma %	22,73775	
Pan y Cereales	Diabetes	0,9375	Exceso
	Hipertension	3,022625	Exceso
	Enfermedades isquemicas del corazon	7,211	Exceso
	Otras enfermedades del corazon	3,7585	Exceso
	Enfermedades cerebrovasculares	7,808125	Exceso
	suma %	22,73775	
Lácteos	Cáncer de mama	2,23525	Exceso
	Cáncer de próstata	2,99925	Exceso
	Pulmonares y asma	2,728125	Exceso
	Suma %	7,962625	
Aceites	Hipertensión	3,022625	
	Enfermedades isquémicas del corazón	7,211	Exceso
	Otras enfermedades del corazón	3,7585	Exceso
	Enfermedades cerebrovasculares	7,808125	Exceso
	suma %	21,80025	
Frutas y Verduras	Diabetes	0,9375	Exceso
	Hipertension	3,022625	Déficit
	Enfermedades isquemicas del corazon	7,211	Déficit
	Otras enfermedades del corazon	3,7585	Déficit
	Enfermedades cerebrovasculares	7,808125	Déficit
	Cancer de estomago	3,0775	Déficit
	Suma %	25,81525	
Pescados y Mariscos	Hipertensión	3,022625	Déficit
	Enfermedades isquémicas del corazón	7,211	Déficit
	Otras enfermedades del corazón	3,7585	Déficit
	Enfermedades cerebrovasculares	7,808125	Déficit
	Suma %	21,80025	

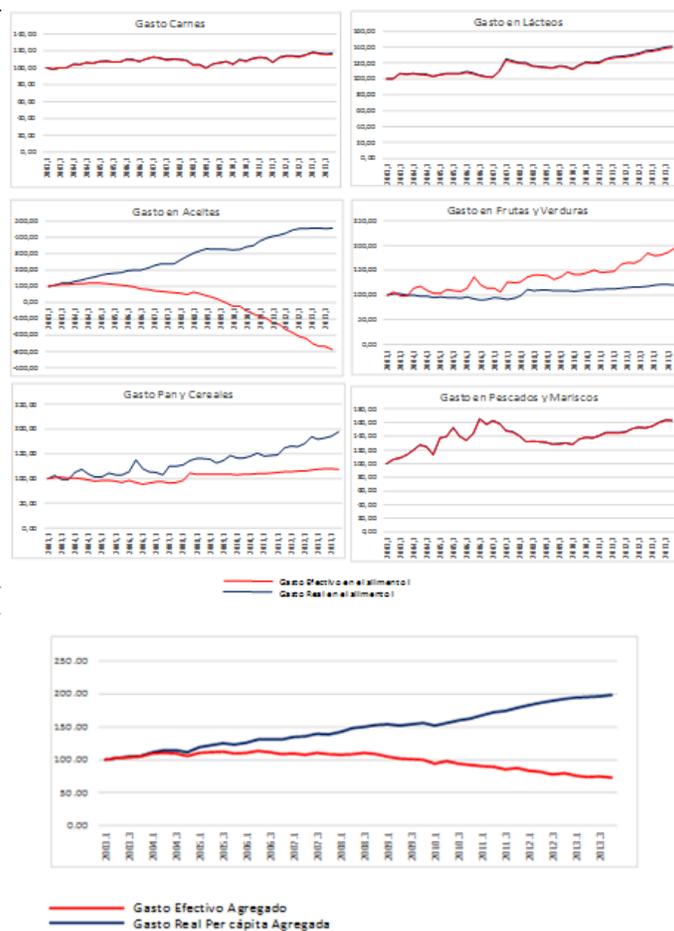
Fuente: Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA) y del Atlas de la Mortalidad en Chile de la Universidad de Talca.

Una limitación del análisis es que no existe en la práctica una serie de gasto en alimentación óptima $\phi_{i,t}^*$, pero si existe una aproximación que es la “canasta básica de alimentos” (CBA). Esta canasta se entiende, como la canasta de alimentación mínima para cubrir las necesidades básicas energéticas, también es usada para medir la línea de la pobreza y otras utilidades. A pesar de ser básica, esta canasta muestra niveles razonables de gasto en alimentación. Para la medición de $\phi_{i,t}^*$ en el tiempo se utilizó la misma metodología que se aplicó para el cálculo de gasto real, de tal manera de reflejar los cambios en el crecimiento económico en la dieta

saludable.

Un ejemplo deja aclarar cómo funciona la ecuación (3). La **Figura 4** muestra el gasto real y el gasto efectivo para diferentes grupos de alimentos. Dependiendo del tipo de alimento se pueden observar excesos o déficit en la alimentación respecto de la dieta óptima. Al respecto, destaca el consumo en aceites del trabajador chileno que está muy por encima del óptimo especialmente en los últimos años. En consecuencia, el consumo efectivo cae fuertemente a través del tiempo por el incremento del castigo producto del exceso en el consumo de aceites.

Figura 4: Series de gasto de alimentación real y efectivo (2003.1=100).



Fuente: los autores en base a metodología de la Sección II.

5. Metodología

La conexión del gasto en alimentación con el resto de la economía se obtiene modelando aspectos claves de la economía chilena, como el consumo privado, la inversión privada, sectores productivos diferentes al minero, la inflación, el desempleo, la política económica y el sector externo (cuenta corriente). Un resumen general de la estructura del modelo es el que se presenta a continuación (ver, además, el **Gráfico 4** que sintetiza los contenidos explicitados). En esencia el modelo de este estudio es similar al de Fuentes y García (2014), pero donde se adiciona el efecto del gasto de alimentación en la productividad. El conjunto de todas las ecuaciones que componen el modelo se encuentra en el Anexo 1. A continuación se hace solo énfasis en la conexión entre alimentación y productividad.

5.1. Gasto en Alimentación y productividad

Se supone que el gasto (real y per cápita) en alimentación se deriva en parte del proceso de minimización de gasto total de los consumidores y en otra parte de las decisiones pasadas (medido por el parámetro $1 - \gamma_\phi$). Por lo tanto, éste depende negativamente de los precios (P_t^A/P_t) y positivamente del consumo total C_t según lo indica la ecuación (6), pero podría existir persistencia en el consumo a través del tiempo, medido por el parámetro $1 - \gamma_\phi$, donde . El parámetro $(1 - \gamma)$ indica la proporción del consumo de alimentos en el consumo total en estado estacionario. Básicamente con esta ecuación se establece que son decisiones privadas de las familias (trabajadores) que a través de una comparación de beneficio y costos (o más formalmente la maximización de la utilidad dados los precios relativos de los alimentos) los que definen los niveles de consumo en alimento.

$$\phi_t = \left((1 - \gamma) \left(\frac{P_t^A}{P_t} \right)^{-\iota} C_t \right)^{\gamma_\phi} (\phi_{t-1})^{1-\gamma_\phi} \quad (6)$$

Por el contrario, suponemos que el nivel de consumo óptimo o saludable ϕ_t^* es exógeno a las decisiones de las familias. En línea con este supuesto, suponemos que los cambios en esta

variable son completamente exógenos (o independientes) al modelo y vienen medido por ε_t^1 . Estos cambios se pueden entender como modificaciones a la dieta alimenticia en función de estándares científicos y de desarrollo económico. Suponemos además, que su evolución debe ser persistente en el tiempo (un ρ_1 cercano a 1).

$$\phi_t^* = (\phi_{t-1}^*)^{\rho_1} e^{\varepsilon_t^1} \quad (7)$$

El gasto efectivo, definido como se explicó anteriormente, es el gasto en alimentación que tiene efecto a nivel macro en la productividad. Repetimos la ecuación (5) pero a nivel agregado (ecuación (8)):

$$\tilde{\phi}_t = \left[\phi_t - \frac{\eta^1}{2} (\phi_t - \eta^2 \phi_t^*)^2 \right] \quad (8)$$

Es importante notar que al linealizar el modelo en torno a su estado estacionario para poder hacer las estimaciones, esta transformación causa que la ecuación (8) para cambios pequeños y positivos en ϕ_t^* signifique aumentos de $\tilde{\phi}_t$. Usaremos esta propiedad para simular un aumento del gasto óptimo en la alimentación sobre la economía.

Suponemos, que el precio de los alimentos comparte un importante elemento común con el resto de los precios de la economía a través de la curva de Phillips (ver Anexo 1, para los detalles). Por lo tanto, las diferencias entre ambos precios P_t^A vs P_t (ó P_t^A/P_t como se escribe en la ecuación (9)) se suponen independientes del modelo y medidos por la variable ε_t^2 . Además suponemos que las diferencias entre ambos precios presenta persistencia en el tiempo ($\rho^2 \in [0, 1]$) y que en definitiva será estimada econométricamente.

$$\frac{P_t^A}{P_t} = \left(\frac{P_{t-1}^A}{P_{t-1}} \right)^{\rho^2} e^{\varepsilon_t^2} \quad (9)$$

Finalmente, la productividad en el sector de bienes intermedios \tilde{A}_t (es decir todos los bienes excepto el minero) y el sector minero \tilde{A}_t^{cu} , dependen del gasto efectivo en alimentación. Los parámetros α y son las participaciones del trabajo en la economía no minera y

minera respectivamente e indica que el gasto en alimentación efectiva afecta directamente la productividad del trabajador (ver Anexo 1, para las definiciones de la funciones de producción de cada sector). Los parámetros ϑ_1 y ϑ_2 indican el impacto directo de ese gasto en la productividad del trabajador, por ejemplo si este parámetro toma el valor de uno, entonces el impacto es de 100 %. En cambio si estos parámetros son ceros, el impacto de la alimentación a la productividad es nulo. Los valores definitivos se obtendrán de la estimación del modelo.

$$\tilde{A}_t = A_t \left(\tilde{\phi}_t \right)^{\alpha \vartheta_1} \quad (10)$$

$$\tilde{A}_t^{cu} = A_t^{cu} \left(\tilde{\phi}_t \right)^{cu \alpha \vartheta_2} \quad (11)$$

En resumen, el conjunto de parámetros de interés que deben ser estimados para cuantificar el impacto de la alimentación en la productividad son: $\{l, \gamma_\phi, \rho_1, \rho_2, \eta^1, \eta^2, \vartheta_1, \vartheta_2\}$.

5.2. Sectores Productivos

La economía básicamente tiene dos sectores productivos. Uno intermedio que produce bienes para el consumo, la inversión, el gasto del gobierno, la exportación (no minera) y la producción de alimentos. Dada la importancia de la minería en la economía chilena, este sector se modela en forma independiente.

5.3. Consumo

El consumo se modela suponiendo la existencia de dos tipos de familias, familias con acceso al mercado del crédito (definidos como optimizadores) y familias que dependen sólo de su ingreso laboral para financiar su consumo (definidos como restringidos). Esto permite una modelación realista del consumo agregado que es aproximadamente un 60 % del PIB.

5.4. Inversión

La inversión privada se modela suponiendo que ésta depende de las expectativas futuras de la economía y de la tasa de interés. Esto permite una modelación realista de la inversión agregada, que es aproximadamente un 20 % del PIB.

5.5. Inflación de Precios y Salarios

Los precios de la economía (IPC) y los salarios se suponen que reaccionan lentamente al ciclo económico, con esto se captura un hecho estilizado de la economía chilena en que los precios de los bienes y los salarios nominales se mantienen a nivel agregado rígidos entre tres y cuatro trimestres.

5.6. Cuenta Corriente

Las exportaciones se separan en cobre y no cobre, de manera similar se considera las importaciones de petróleo y no petróleo. Además se modela las remesas y las transferencias al exterior.

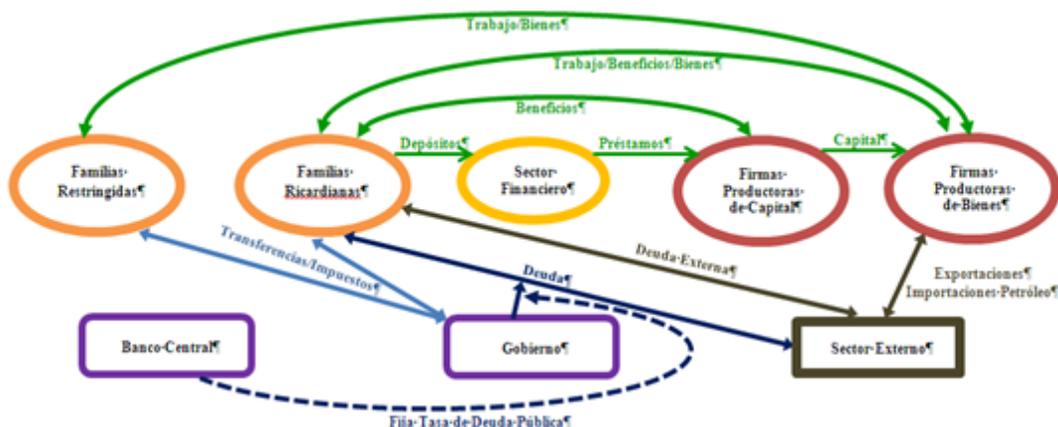
5.7. Política Económica

Se modela el banco central, donde la tasa de política monetaria (TPM) depende de la inflación y el PIB. En cambio el gobierno seguirá en largo plazo una regla estructural basada en el largo plazo en los ingresos estructurales (PIB y precio del Cobre). Se permitirán desviaciones de esa regla fiscal en el corto plazo a través de cambio en la deuda pública. Por otra parte se modela explícitamente los ingresos fiscales, de tal manera de analizar como los cambios de productividad cambian también el presupuesto y el déficit fiscal.

5.8. Aspectos Destacados de la Modelación

Los modelos que describen con detalle las principales conexiones entre sectores y agentes económicos se conocen por modelos DSGE³. Son modelos que usan un enfoque de equilibrio general (es decir, de consistencia) para poner en su interior el conjunto de relaciones económicas más estándares en macroeconomía. Se puede decir que los DSGE representan el lenguaje común entre los macroeconomistas en los últimos años, después de haberse reemplazando el antiguo esquema IS - LM. El enfoque DSGE es una mezcla entre los modelos IS - LM y los RBC⁴, es decir, hereda el realismo del enfoque IS - LM con la consistencia teórica de los RBC o modelos neo-clásicos introducidos a principio de los ochenta del siglo pasado.

Figura 5: Esquema del Modelo de Consistencia



Fuente: García et al (2013)

El **Cuadro 3** presentado más adelante resume las fortalezas y debilidades de sucesivas generaciones de modelos macroeconómicos usados para analizar las fluctuaciones económicas. Dentro de este conjunto de enfoques, la nueva generación de modelos de equilibrio general DSGE corresponde como se ha dicho a una combinación entre los modelos keynesianos y los de ciclos reales (ó RBC).

Los modelos keynesianos tradicionales si bien están muy orientados al análisis de políticas

³Dynamic Stochastic General Equilibrium

⁴Real Business Cycle.

macroeconómicas, tienen importantes debilidades en especial a lo que se refiere a la formación de expectativas y la modelación de la oferta de la economía. El supuesto de expectativas mecánicas (adaptativas) introduce falencias relevantes cuando se simulan nuevas políticas, porque los cambios de política alteran las expectativas y con ellas los valores de los parámetros reducidos del modelo.

En cambio, los modelos de ciclos reales o RBC tienen sólidos fundamentos teóricos, en especial de la oferta, pero con escasa utilidad para el análisis de política, especialmente en países en desarrollo por los supuestos excesivamente simplificadorios sobre la estructura de la economía (precios y salarios flexibles, y equivalencia Ricardiana⁵ entre los más importantes). Con lo cual tanto la política fiscal como la monetaria no tienen efectos reales, supuesto altamente discutible a la hora de elegir un modelo para analizar la estabilización de corto y mediano plazo.

Los DSGE tienen características largamente anheladas por los hacedores de política (*policy makers*); posee una estructura donde se describe con detalle la demanda y la oferta de distintos sectores económicos, y a su vez es útil como sus antecesores para analizar diferentes políticas, shocks y escenarios alternativos. Además, para algunas variables (inflación y crecimiento) se obtienen proyecciones tan buenas como las realizadas por los modelos de series de tiempo (VAR, ARIMA, etc.). Esto permite juntar en una sola metodología buenas explicaciones con proyecciones razonables, con lo cual incrementa las posibilidades de realizar políticas adecuadas tanto del punto de vista monetario como fiscal.

En términos generales, el DSGE que se utilizará en el presente estudio será un modelo de equilibrio general muy usado para el análisis de corto y mediano plazo de las fluctuaciones cíclicas de la economía en muchos bancos centrales (Canadá, Japón, la Reserva Federal de los Estados Unidos, etc.) y oficinas gubernamentales. El modelo está basado en el trabajo seminal desarrollado por los economistas del Banco Central Europeo (ECB) Smets y Wouters (2003, 2007), pero también se fundamenta en el trabajo de Gertler y Kiyotaki (2010), Galí (2008),

⁵Se entiende por equivalencia ricardiana la propiedad de ineffectividad de la política fiscal, en especial de cambios en los impuestos sobre el consumo.

Galí y Gertler (2007), Galí et al (2007), Erce et al (2006), Christiano et al (2005), Galí et al (2004), y Woodford (2003). Los detalles sobre la estimación de estos modelos pueden encontrarse en Dejong y Dave (2011) y An y Schorfheide (2007).

Los modelos DSGE comparten algunas similitudes básicas con otros modelos de equilibrio general; los modelos computables de equilibrio general ó CGE. Sin embargo, estos últimos no han sido usados comúnmente para el análisis macroeconómico por adolecer de una serie problemas relacionados con la formación de expectativas y la falta de un análisis estocásticos y dinámico realista que permita un estudio sensato de los fenómenos macroeconómicos más relevante (inflación, empleo, crecimiento, competitividad, etc.). Este tipo de modelos no pertenecen a la tradición de modelos macro propiamente tal y ellos se han dejado para el análisis del comercio exterior entre países (acuerdos comerciales) y temas ambientales.

Cuadro 3: Resumen de las debilidades y fortalezas de los modelos Macros (*)

Modelos	Keynesiano Expectativas Adaptativas	Keynesiano Expectativas Racionales	Modelo Cielos Reales RBC	Modelo Estocástico de Equilibrio General DSGE
Fortalezas	Permiten analizar de manera unificada impactos de política y otros shocks cíclicos sobre la economía	Generan dinámicas más realista para analizar shocks	Sólidos fundamentos teóricos que mejoran la modelación de la oferta agregada y permite cálculo de bienestar	Integran demanda y oferta a través de fundamentos microeconómicos Incorpora precios y salarios rígidos
Débilidades	Expectativas adaptativas pueden provocar que los policy makers consistentemente caigan en errores y tengan sesgo hacia políticas expansivas	Ausencia de fundamentos teóricos sólidos para analizar el efecto de shocks sobre la oferta agregada	Supuesto de precios flexibles limita el análisis de política macroeconómica	Factibles de construir por avances computacionales

(*) Los modelos de series de tiempo (ARIMA, VAR, etc.) son excluidos de esta tabla. Sus fortalezas son bien conocidas, precisión en las proyecciones pero con una limitada capacidad de interpretación estructural de los resultados.

Un último aspecto que es relevante destacar, es que en Chile los modelos DSGE se han desarrollado desde mediados de la década pasada. Las primeras versiones de DSGE pueden ser encontradas en, Medina y Soto (2006), Caputo et al. (2007), Céspedes et al. (2010), García et al. (2011a,b) y García et al (2013), García y González (2013, 2014) quienes han utilizado estos modelos tanto para hacer proyecciones como análisis económico. En el Banco Central de Chile algunos de estos estudios dieron nacimiento al llamado MAS, modelo DSGE que

complementa las proyecciones que se realizan con múltiples modelos de series de tiempo univariados, VAR y sus derivados, y el MEP, modelo Neo-Keynesiano reducido (Banco Central de Chile, 2003). Además estos modelos han servido para que el Consejo de Banco y sus economistas principales definan los escenarios que se publican periódicamente en el informe de política monetaria de Banco Central de Chile, más conocido por IPoM.

6. Resultado de las Estimaciones

La forma correcta de estimar modelos macro DSGE es con econometría bayesiana, por lo cual, se deben establecer *priors* sobre la distribución de los parámetros (valores *priors*) y luego a través de técnicas econométricas estándares (máxima verosimilitud) y réplicas (simulación) se obtienen las distribuciones de los posteriores o estimaciones finales⁶. Los *priors* de los parámetros estimados fueron tomados de la literatura tradicional de modelos macros (ver Fuentes y García 2014, García y González 2014, García et al 2013)⁷. Para asegurar la calidad de las estimaciones, se realizan dos estimaciones independientes con un número alto de réplicas y se observa que en ambas la distribución de los parámetros converjan a valores similares (ver Anexo N° 2).

La estrategia de estimación del modelo macro consideró dos partes. Una primera, en que se calibran aquellos parámetros relacionados con el estado estacionario, y una segunda, en que se estiman sólo los parámetros relacionados con la dinámica del modelo, es decir, cómo el modelo converge al estado estacionario después de un shock.

En la calibración se replicó el estado estacionario o equilibrio de largo plazo de la economía chilena, medido, por ejemplo, por la razones tales como consumo a PIB, inversión a PIB o gasto de gobierno a PIB, entre otras. En definitiva, la calibración del modelo DSGE produce el siguiente estado estacionario o equilibrio de largo plazo para la economía Chilena, que es coherente con la información que se dispone del Banco Central de Chile (ver **Cuadro 3**).

⁶En el Anexo 4 se discuten los detalles de la estimación Bayesiana.

⁷Los posteriores resultantes fueron obtenidos usando el algoritmo de Metropolis-Hastings basado en una cadena de Markov de 20.000 réplicas para construir la distribución estimada de los parámetros (posteriores).

En esta sección se analizarán los parámetros asociados con el impacto de la alimentación sobre la productividad (toda la información de los parámetros se encuentra en el Anexo 2). El **Cuadro 5** indica las estimaciones de los diferentes parámetros que intervienen directamente en el efecto de la alimentación sobre la productividad. Un resumen de los resultados es el siguiente:

Cuadro 4: Estado estacionario del modelo DSGE

Estado Estacionario	razón sobre PIB
Consumo	0,64
Inversión Intermedios	0,19
Inversión Cobre	0,06
Gasto de Gobierno	0,10
Exportaciones Intermedios	0,27
Importaciones Insumos	0,41
Importaciones Combustibles	0,03
PIB Cobre	0,17
Carga Tributaria	0,18

Fuente: cálculo del autor en base al modelo macro DSGE.

- Como era de esperarse, la elasticidad precio de los alimentos, l , es baja (inelástica) está en torno a 0.37.
- La persistencia del gasto en consumo ($1 - \gamma_\phi$) es baja en torno a 0.15, dependiendo sus cambios, principalmente, del precio relativo de los alimentos y del consumo agregado total en bienes y servicios.
- El gasto óptimo es muy persistente ρ_1 es 0.98.
- El precio relativo de los alimentos también es altamente persistente a través del tiempo, ρ_2 es 0.99.
- Como era de esperar η^2 es cercano a uno. En cambio, la velocidad del castigo η^1 es 0.21. Si bien este es un valor bajo, es suficiente para que los desvíos de la alimentación óptima causen efectos negativos sobre la productividad.

- El resultado más importante es que el gasto efectivo en alimentación tiene un efecto positivo en la productividad tanto en la producción de bienes intermedios ($\vartheta_1 = 0,34$) como la producción de cobre ($\vartheta_2 = 0,46$).

Cuadro 5: Estimaciones Valores Asociados al Efecto de la Alimentación en la productividad

	Prior	Posterior	Intervalo 90 %		Distribucion Prior	Desviación
l	0.53	0.37	0.32	0.42	Gamma	0.05
γ_ϕ	0.9	0.85	0.78	0.93	Beta	0.05
ρ_1	0.9	0.98	0.98	0.99	Beta	0.05
ρ_2	0.9	0.99	0.99	0.99	Beta	0.05
η^1	0.2	0.21	0.12	0.29	Gamma	0.05
η^2	1.0	1.07	0.90	1.24	Gamma	1.0
ϑ_1	0.5	0.34	0.24	0.45	Beta	0.1
ϑ_2	0.5	0.46	0.33	0.57	Beta	0.1

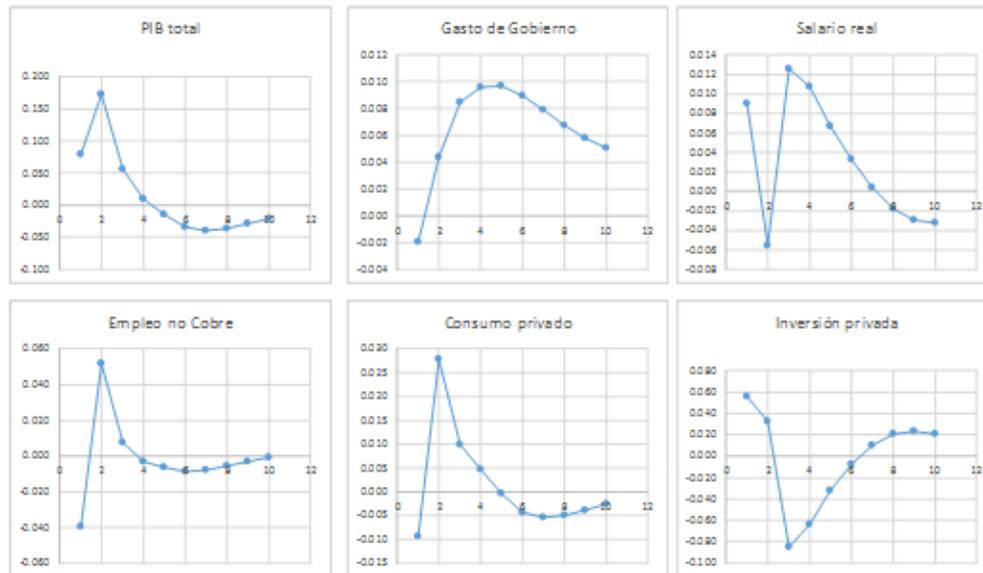
Fuente: Cálculo del autor en base a la estimación del modelo DSGE.

Para entender como el gasto óptimo en alimentación afecta a la economía como un todo, la **Figura 5** muestra las *funciones de impulso respuesta* a un shock en el consumo óptimo en la economía (un aumento imprevisto en esta variable) de un 1 %, aproximadamente equivale 20 calorías extras de buena alimentación⁸. Estas funciones son gráficos que describen a través del tiempo (trimestral) cómo evolucionan las diferentes variables después que ocurre un shock de gasto, es decir, la historia que está detrás de un cambio en la dieta óptima de alimentación suponiendo que ningún otro cambio ocurrió en la economía.

La **Figura 6** está compuesto de sub-gráficos donde se muestra la evolución de diferentes variables macroeconómicas después de un shock del gasto óptimo en alimentación de un 1 % a través de los trimestres.

⁸El INTA de la Universidad de Chile establece que un vaso de leche descremada tiene 65 Kcal http://www.inta.cl/material_educativo/crecer_en_forma.pdf

Figura 6: Efecto sobre la economía de un shock en el gasto óptimo de alimentación



Fuente: el autor en base al modelo DSGE.

Nota: se supone que el Banco Central en su regla de política no responde al incremento del PIB.

Claramente, este shock es expansivo, es decir, éste produce un aumento del crecimiento del PIB, el empleo, los salarios reales y el consumo.

Al respecto, debemos clarificar el siguiente efecto que se observa en los impulsos respuestas. En el primer año, el empleo cae, esto ocurre porque en el modelo los precios son rígidos durante casi un año. En consecuencia el aumento de productividad incrementa los salarios reales, es decir, los costos de contratación sin que las empresas puedan traspasar libremente este aumento de costo a los precios. Por tanto, el resultado es una menor contratación, pero sólo temporal.

Es importante destacar que, considerando la alta persistencia que tienen los cambios en el gasto óptimo de alimentación, los resultados relevantes son los que ocurren en el mediano y largo plazo y no los que suceden durante el primer año (recordemos que esta persistencia es medida por el valor del parámetro que resultó ser 0.98, y que la máxima persistencia posible puede ser de 1.0). Así, el **Cuadro 6** muestra los efectos acumulados hasta 10 años después que ocurrió el shock. Esto nos permite tener una perspectiva más de mediano plazo

de los efectos de un aumento del gasto en alimentación óptima sobre la economía chilena. En resumen, el **Cuadro 6** indica que los efectos indican que la productividad de la economía crece en torno al 0,1 % y el PIB crece hasta 0,3 % en 5 años. Pero en el largo plazo, puesto que el aumento ocurre solo en la calidad del empleo, la inversión tiende a caer porque en términos relativos el capital se vuelve menos productivo que el empleo.

Cuadro 6: Efecto sobre la economía de un shock en el gasto óptimo de alimentación

Años	C	G	INC	ENC	PIB	W	R	PI	A
1	-0,009	-0,002	0,056	-0,039	0,079	0,009	-0,022	-0,030	0,106
2	0,028	0,004	0,032	0,052	0,172	-0,006	-0,009	0,025	0,112
3	0,010	0,009	-0,085	0,008	0,056	0,013	0,000	-0,012	0,114
4	0,005	0,010	-0,064	-0,003	0,009	0,011	-0,002	-0,032	0,112
5	0,000	0,010	-0,032	-0,006	-0,015	0,007	-0,002	-0,031	0,108
6	-0,004	0,009	-0,007	-0,009	-0,035	0,003	-0,001	-0,026	0,103
7	-0,005	0,008	0,010	-0,008	-0,040	0,000	0,000	-0,019	0,097
8	-0,005	0,007	0,021	-0,006	-0,036	-0,002	0,000	-0,012	0,091
9	-0,004	0,006	0,023	-0,003	-0,029	-0,003	0,001	-0,005	0,086
10	-0,003	0,005	0,021	-0,001	-0,021	-0,003	0,001	-0,001	0,081
Acumulado	0,007	0,006	-0,019	0,002	0,060	0,007	-0,007	-0,016	0,111
2	0,018	0,002	0,088	0,012	0,252	0,004	-0,031	-0,006	0,218
5	0,033	0,030	-0,094	0,011	0,302	0,034	-0,035	-0,081	0,554
10	0,011	0,065	-0,026	-0,015	0,141	0,029	-0,034	-0,144	1,016

Notas:

C	Consumo Privado	ENC	Empleo No Cobre
G	Gasto de Gobierno	R	Tasa de Interés
INC	Inversión Privada No Cobre	PI	Inflación
ENC	Empleo No Cobre	W	Salarios Reales No Cobre

Fuente: el autor en base al modelo DSGE estimado.

Concentrándonos en el efecto sobre el PIB y la recaudación fiscal⁹, el efecto medido en millones de dólares, acumulado después de 5 años en el PIB es de casi de 6,000 millones de dólares por un shock de un 1 % en el gasto de alimentación óptima equivalente a 20 calorías. Por otro lado, la recaudación aumenta en tono a los 1, 100 millones de dólares (ver **Cuadro 7**)

⁹Es la recaudación que se obtiene suponiendo que se mantiene constante la razón entre recaudación y PIB, que es replicada por el modelo (ver Tabla 3). Por tanto, incluye todos los impuestos en las proporciones históricas que se observan en la economía chilena.

Cuadro 7: Efecto de un aumento de un 1 % de la alimentación óptima en el PIB y la recaudación fiscal (US\$).

Millones dólares	
PIB	5704
Recaudación	1141

7. Conclusiones

El estudio muestra una importante relación entre gasto óptimo de alimentación, entendido como la alimentación sana, y la productividad en la economía Chilena. Los efectos de la mayor productividad significan en el mediano y largo plazo aumentos del crecimiento del PIB, el consumo y el empleo.

Los resultados son obtenidos con un modelo macro que considera no solo las interacciones entre todos los sectores de la economía sino que también las interacciones que se dan en el tiempo entre estos sectores. En este sentido, el estudio es un aporte a la literatura puesto que considera la interacción de la productividad, causada por aumento del gasto óptimo, con otras variables claves como la inflación, el tipo de cambio real, la tasa de interés y la política económica (monetaria y fiscal) a través del tiempo. La segunda contribución es que el estudio contribuye a una escasísima literatura donde se analiza los efectos de la alimentación a nivel macroeconómico y sus los efectos fiscales.

De esta forma, nuestros resultados indican que un 1 % del gasto óptimo en alimentación (20 calorías aprox.) tiene un efecto positivo de 0,1 % en la productividad acumulada en los próximos 5 años.

En consecuencia, los efectos sobre el PIB son del 0,3 % en 5 años. Esto equivale a casi 6,000 millones de dólares extra para la economía y 1,100 millones extra de más presupuesto fiscal.

De esta forma, del estudio se puede desprender la importancia de establecer claramente que los montos destinados a alimentación deben ser utilizados en alimentación propiamente

tal. En la actualidad en Chile, si bien la alimentación no se considera salario, este monto se incorpora dentro de las liquidaciones de sueldo, considerándose como una retribución salarial más que un beneficio para mejorar la alimentación. Así una adecuada ley de alimentación permitiría “formalizar” la alimentación, asegurando el destino de estos fondos a alimentación de calidad.

8. Referencias

An, S., Schorfheide, F. (2007). “Bayesian Analysis of DSGE Models”, *Econometric Reviews*, Vol. 26(2), pp. 113-172.

Banco Central de Chile (2003). “Modelos macroeconómicos y proyecciones del Banco Central de Chile”, Banco Central de Chile. Santiago, Chile.

Caputo, R., Liendo, F., Medina, J.P., (2007). “New Keynesian Models for Chile in the Inflation-Targeting Period”. En *Monetary Policy under Inflation Targeting*, editado por F. Mishkin y K. Schmidt-Hebbel. Banco Central de Chile.

Céspedes, L.F., Fornero, J., Galí, J., (2010). “Non-Ricardian Aspects of Fiscal Policy in Chile”. Presentado en la Conferencia Anual del Banco Central de Chile, “Política Fiscal y Desempeño Macroeconómico”. 21 y 22 de octubre.

Christiano, L.; Eichenbaum, M., Evans, C., (2005). “Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy”, *Journal of Political Economy*, Vol. 113(1), pp. 1-45.

Dejong, D., Dave, C., (2011), *Structural Econometrics*, Second Edition, Princeton.

Del Negro, M. Schorfheide, F., (2007). “Monetary Policy Analysis with Potentially Misspecified Models,” *NBER Working Papers* 13099, National Bureau of Economic Research, Inc.

Erceg, C. J., Guerrieri, L., Gust, C., (2006). “SIGMA: A New Open Economy Model for Policy Analysis,” *International Journal of Central Banking*, Vol. 2(1), pp. 1-50.

Fuentes, F.; García, C.J., (2014). “Ciclo Económico y Minería del Cobre en Chile”, Documento de trabajo, ILADES-UAH.

Gertler, M., Kiyotaki, N., (2010). “Financial Intermediation and Credit Policy in Business Cycle Analysis”, en B. Friedman y M. Woodford, *Handbook of Monetary Economics*, Vol. 3A, North Holland, Amsterdam.

Galí, J.; López-Salido, D., Vallés, J., (2007). “Understanding the Effects of Government spending on Consumption,” *Journal of the European Economic Association*, Vol. 5, pp. 227-270.

Galí, J., Gertler, M., (2007). “<http://ideas.repec.org/a/aea/jecper/v21y2007i4p25->

46.html Macroeconomic Modeling for Monetary Policy Evaluation,” <http://ideas.repec.org/s/aea/jecper.html> Journal of Economic Perspectives, American Economic Association, vol. 21(4), pages 25-46, Fall.

Galí, J. (2008). Monetary policy, inflation, and the business cycle: an introduction to the new Keynesian framework. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.

Galí, J., (2004). "Modern perspectives on stabilization policies," ^{Ec} Economics Working Papers 830, Department of Economics and Business, Universitat Pompeu Fabra.

García, C.J., González, W., (2014), "Why Does Monetary Policy Respond to the Real Exchange Rate in Small Open Economies? A Bayesian Perspective," Empirical Economics, May.

García, C. J., González, P., Moncado, A., (2013), "Macroeconomic Forecasting in Chile: a Bayesian Structural Approximation," Journal Economía Chilena (the Chilean Economy Journal), Central Bank of Chile, April.

García, C.J., Restrepo, J., Rogoff, S., (2011a) "How much should inflation targeters care about the exchange rate?," Journal of International Money and Finance, 30, 1590-1617.

García, C.J., Restrepo, J., Tanner, E., (2011b) "Fiscal Rules in a volatile world: a welfare-based approach," Journal of Policy Modeling, 33, 649-676.

Mazzon, J., (2001), "Programa de alimentación del trabajador: 25 Años de Contribuciones al Desarrollo de Brasil". Estudio, Facultad de economía, administración y contabilidad de la USP. Mimeo.

Medina, J.P., Soto, C., (2006). "Model for Analysis and Simulations: A New DSGE for the Chilean Economy". Mimeo, Banco Central de Chile.

Omotor, D., (2009), "Food Security and Nutrition trend in Nigeria". MPRA, Paper No. 22669. University of Oxford, disponible en <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/22669/http://mpra.ub.uni-muenchen.de/22669/>.

Organización Internacional del Trabajo, (2012), "Un enfoque integral para mejorar la alimentación y nutrición en el trabajo: Estudio en empresas chilenas y recomendaciones

adaptadas”. Primera edición.

Smets, F., Wouters, R., (2007). “Shocks and Frictions in US Business Cycles: A Bayesian DSGE Approach”, *American Economic Review*, Vol. 97(3), pp. 586-606.

Smets, F., Wouters, R., (2003). “An Estimated Dynamic Stochastic General Equilibrium Model of the Euro Area”, *Journal of the European Economic Association*, Vol. 1(5), pp. 1123–1175.

Trejos, J.; Lucke, R., Oviedo, L., (2013), “Evaluación de los efectos macroeconómicos de un programa hipotético de alimentación a los trabajadores de parte de las empresas en Costa Rica (PATECR)”. Mimeo.

Wanjek, C., (2005), “Workplace solutions for malnutrition, obesity and chronic diseases”. Organización Internacional del Trabajo

Woodford, M. (2003). “Interest and Prices: foundations of a theory of monetary policy”. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.

Zarate, A., Crestto, M., Maiz, A., Ravest, G., Pino, M. I., Valdivia, G., Moreno, M., Villarroel, L. (2009). Influencia de la obesidad en los costos en salud y en el ausentismo laboral de causa médica en una cohorte de trabajadores. *Revista médica de Chile*, 137(3), 337-344.

9. Anexos

9.1. Anexo 1: Modelo DSGE

El modelo DSGE en términos generales está en las líneas propuestas por Christiano, Eichenbaum y Evans (2005), Galí et al (2007) y Smets y Wouters (2007). Sin embargo, incorpora además del petróleo y el cobre, la energía eléctrica como insumos productivos. Similares modelos para la economía chilena con énfasis en la política fiscal se encuentran en Céspedes et al (2010) y García et al (2011).

9.1.1. Hogares

Hay un continuo de familias de tamaño unitario, indexadas por $i \in [0, 1]$. En el modelo existen dos tipos de familias: una fracción $(1 - \lambda_c)$ son las familias Ricardianas que tienen acceso al mercado de capitales y una fracción λ_c son las familias restringidas, cuyos ingresos dependen únicamente de su salario laboral. Las preferencias de las familias Ricardianas están dadas por (A.1) donde C_t^o es el consumo y L_t es la oferta laboral de la familia:

$$\max_{\{C_t^o(i), L_t^o(i), B_t^o(i), B_t^{o*}(i)\}_{t=0}^{\infty}} E_t \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t \left(\frac{(C_t^o(i) - hC_{t-1}^o(i))^{1-\sigma}}{1-\sigma} - \frac{L_t^o(i)^{1+\rho_L}}{1+\rho_L} \right) \quad (12)$$

El coeficiente $\sigma > 0$ mide la aversión al riesgo y ρ_L mide la des-utilidad de trabajar, el inverso de este parámetro es también el inverso de la elasticidad de las horas trabajadas al salario real. h mide la formación de hábito para capturar la dinámica del consumo.

La restricción presupuestaria, explicada, en detalle en la Sección 3, de las familias no restringidas está dada por:

$$(1+t_c)P_t C_t^*(i) \leq (1-t_w)W_t(i)L_t^o(i) + B_t^o(i) - SX B_t^{o*}(i) + D_t^o - R_t^{-1} B_{t+1}^o(i) + \left(\Phi \left(\frac{B_{t+1}^{o*}}{PIB_t} \right) R_t^* \right)^{-1} B_{t+1}^{o*}(i) \quad (A2)$$

Las familias restringidas están sujetas a la siguiente restricción presupuestaria (exenta de impuestos a los ingresos):

$$(1 + t_c) P_t C_t^R(i) = W_t(i) L_t^R(i) \quad (\text{A3})$$

9.1.2. Intermediarios Financieros

Los intermediarios financieros prestan fondos S_{jt} obtenidos de las familias a las firmas no-financieras. Estos fondos provienen de la riqueza propia N_{jt} y los fondos obtenidos de las familias B_{jt} .

$$Q_t S_{jt} = N_{jt} + B_{jt} \quad (\text{A4})$$

El objetivo del intermediario financiero es maximizar su riqueza esperada, dada por:

$$\max_{\{N_{t+j+i}\}_{i=0}^{\infty}} E_t \sum_{i=0}^{\infty} (1 - \theta) \theta^i \beta^i \Lambda_{t,t+1+i} [(R_{Ft+1+i} - R_{t+1+i}) Q_{t+i} S_{jt+i} + R_{t+1+i} N_{jt+i}] \quad (\text{A6})$$

Gertler y Kiyotaki, (2010) introducen riesgo moral al problema (A.6), demostrando que en términos agregados:

$$Q_t S_t = \phi_t N_t \quad (\text{A7})$$

La ecuación (A7) indica que la disponibilidad total de crédito privado es la riqueza de los intermediarios multiplicada por un factor que indica el grado de aplacamiento de los intermediarios.

9.1.3. Firmas de Bienes Intermedios

Las firmas de bienes intermedios utilizan capital K_t , trabajo L_t , y bienes importados M_t para producir bienes intermedios Y_t . Al final del período t , las firmas productoras de bienes intermedios compran capital K_{t+1} para utilizarlo en la producción en el período siguiente.

Después de finalizado el proceso productivo, las firmas tienen la opción de vender el capital. Para adquirir los recursos que financian la compra del capital, la firma entrega S_t derechos iguales al número de unidades de capital adquiridas K_{t+1} y el precio de cada derecho es. Esto es, $Q_t K_t$ es el valor del capital adquirido y $Q_t S_t$ es el valor de los derechos contra capital. Luego, se debe satisfacer:

$$Q_t K_{t+1} = Q_t S_t \quad (\text{A8})$$

En cada tiempo t , la firma produce, usando capital, trabajo, bienes importados. Sea la productividad total de factores. Luego, la producción está dada por:

$$Y_t = \tilde{A}_t K_t^\beta L_t^\alpha M_t^{1-\alpha-\beta} \quad (\text{A9})$$

El símbolo \tilde{A} indica que A ya fue ajustada por el efecto de la alimentación sobre la productividad de los trabajadores (ver texto principal).

Sea $P_{m,t+k}$ el precio del bien intermedio. Dado que la decisión de la firma está hecha al final de periodo t , el problema de maximización de la firma que produce bienes intermedios es:

$$\begin{aligned} & \max_{\{K_{t+k}(j), L_{t+k}(j), M_{t+k}(j)\}_{t=0}^{\infty}} \sum_{k=0}^{\infty} \beta^k \Lambda_{t,t+k} E_t \{ (P_{m,t+k} Y_{t+k}(j) + (1 - \delta) K_{t+k}(j) Q_{t+k}) (1 - t_t^u) \} \\ & - \sum_{k=0}^{\infty} \beta^k \Lambda_{t,t+k} E_t \{ (R_{F,t+k} Q_{t+k+1} K_{t+k}(j) + w_{t+k} L_{t+k}(j) + S X_{t+k} M_{t+k}(j)) (1 - t_t^u) \} \quad (\text{A10}) \end{aligned}$$

Los impuestos a los beneficios t_t^u de estas empresas no tienen efectos en la demandas por insumos ni tampoco efectos fiscales por el supuesto de competencia perfecta en la producción de estos bienes que impone beneficios ceros.

9.1.4. Firms Productoras de Capital

Las firmas productoras de capital compran capital de las firmas productoras de bienes intermedios, reparan el capital depreciado, y construyen nuevo capital con el capital reparado. Si definimos a como la inversión, el problema de maximización de las firmas productoras de capital es:

$$\max_{\{I_\tau\}_{\tau=t}^{\infty}} \sum_{\tau=t}^{\infty} \beta^\tau \Lambda_{t,\tau} E_t \left\{ \left(Q_\tau - 1 \right) I_\tau - t_t^u Q_\tau I_\tau - f \left(\frac{I_\tau}{I_{\tau-1}} \right) I_\tau \right\} \quad (\text{A11})$$

En otras palabras, la firma productora de bienes de capital obtiene una ganancia por invertir en cada período de $(Q_\tau - 1) - I_\tau$ menos los costos de ajuste $f(I_\tau/I_{\tau-1})$. Por último son impuestos a las ganancias. La ley de movimiento del capital es dada por:

$$K_{t-1} = (1 - \delta)K_t + I_t \quad (\text{A12})$$

9.1.5. Firms de Retail

El producto final Y_t se obtiene agregando (a través de una función *CES*) la producción de firmas intermedias. Suponemos que esto se hace por parte de otras firmas, que llamamos de retail y que simplemente empacan la producción de bienes intermedios:

$$Y_t = \left(\int_0^1 Y_{ft}^{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}} df \right)^{\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} \quad (\text{A13})$$

Como en Christiano, Eichenbaum y Evans (2005) las firmas de retail enfrentan precios à la Calvo e indexación parcial. Luego, el problema de maximización para una firma de retail j está dado por:

$$\begin{aligned} & \max_{\{P_t^*(j)\}_{t=0}^{\infty}} \sum_{k=0}^{\infty} \theta^k E_t \{ \beta^k \Lambda_{t,t+k} Y_{t+k}(j) (P_t^*(j) \prod_{l=1}^k (\pi_{t+l-1}^k)^{\delta^D} - MC_{t+k}) \} \\ & \text{s.a. } Y_{t+k}(j) \leq \left(\frac{P_t^*(j)}{P_{t+k}} \right)^{-\varepsilon^D} Y_{t+k} \quad (\text{A14}) \end{aligned}$$

Donde MC_{t+k} son los costos marginales de la empresa de retail. En particular, en cada período una firma está dispuesta a ajustar sus precios con probabilidad $(1 - \theta)$. Entre esos períodos, la firma está dispuesta a indexar parcialmente (es decir, $\delta_D \in [0, 1]$) su precio a la tasa de inflación pasada. Con estos supuestos, el nivel de precios evoluciona de acuerdo a

$$P_t = \left((1 - \theta)(P_t^*)^{\frac{1}{1-\varepsilon}} + \theta(\Pi_{t-1}^{\delta_D} P_{t+1})^{\frac{1}{1-\varepsilon}} \right)^{\frac{1}{1-\varepsilon}} \quad (\text{A15})$$

Suponemos que el producto final que es usado por consumidores y firmas es una combinación entre Y_t e importaciones de petróleo para transporte $TOIL_t$.

9.1.6. Gobierno

La regla fiscal establece que el gasto fiscal depende los ingresos estructurales IT , más un ajuste por exceso de deuda pública. En otras palabras si esta deuda es consistente con su valor de largo plazo B^{G^*} , entonces el valor del gasto fiscal es igual a los ingresos estructurales IT .

$$P_t G_t \left(\frac{B_t^{G^*}}{B^{G^*}} \right)^{-\phi^G} IT \quad (\text{A16})$$

La restricción presupuestaria del gobierno, que incluye todos los ingresos de los impuestos más las transferencias del cobre $\gamma^{cu} SX_t P_t^{cu} QCU_t$ es:

$$\underbrace{\underbrace{B_t^G}_{\text{pago deuda pública}} + \underbrace{P_t G_t}_{\text{Gasto en bienes y servicios}}}_{\text{Gastos}} = \underbrace{t_c P_t C_t + t_t^u P_t I_t + t_t^u P_t I_t^{cu} + t_w W_t N_t}_{\text{impuestos}} + \underbrace{\frac{B_{t+1}^G}{R_t}}_{\text{deuda pública}} + \underbrace{\gamma^{cu} SX_t P_t^{cu} QCU_t}_{\text{aporte Cobre}} \quad (\text{A17})$$

Ingresos

Donde B_t^G es la deuda del gobierno y γ^{cu} es el porcentaje del valor total de las exportaciones del cobre que son del gobierno.

Además, t_t^u , t_c y t_w , son los impuestos a los beneficios, al consumo y a los ingresos del trabajo,

respectivamente.

9.1.7. Política Monetaria

La política monetaria sigue una regla de Taylor que responde ante cambios en el producto, la inflación y el tipo de cambio.

$$R_t^* = \bar{R} \left(\left(\frac{\Pi_{t+1}}{\bar{\Pi}} \right)^{\phi_\pi} \left(\frac{PIB_t}{\overline{PIB}} \right)^{\phi_y} \left(\frac{E_t}{\bar{E}} \right)^{\zeta_e^1} \left(\frac{E_t}{E_{t-1}} \right)^{\zeta_e^2} \right) e^{u_t^R} \quad (\text{A18})$$

$$R_t = (R_{t-1})^{\Omega_R} (R_t^*)^{1-\Omega_R} \quad (\text{A19})$$

Donde \bar{R} es la tasa natural, Π_t es la inflación total, $\bar{\Pi}$ es el objetivo inflacionario, \overline{PIB} es el PIB potencial, E_t es el tipo de cambio real, \bar{E} es el tipo de cambio real de equilibrio y u_t^R es un shock monetario. En las estimaciones de las ecuaciones (A18) y (A19) se utilizó el PIB sin recursos naturales (es decir, sin sector cobre).

9.1.8. Exportaciones no mineras

En el modelo, se supone que las exportaciones X_t dependen del tipo de cambio real E_t , de la actividad económica internacional PIB_t^* y además, presenta cierto grado de inercia Ω . Luego,

$$X_t = (E_t)^{-\eta^*} PIB_t^* \quad (\text{A20})$$

$$X_t = (X_{t-1})^\Omega (X_t)^{1-\Omega} \quad (\text{A21})$$

9.1.9. Riesgo País

Además, como en Schmitt-Grohé y Uribe (2003), para cerrar el modelo se supone que el riesgo país depende de la deuda externa de la siguiente forma:

$$SX_t \left(\Phi \left(\frac{B_{t+1}^*}{PIB_t} \right) R_t^* \right)^{-1} \quad (A22)$$

9.1.10. Sector Minero

Se supuso que la producción de cobre no es exógena. Por el contrario, se asume que la producción de cobre QCU_t depende del trabajo L_t^{CU} , el capital K_t^{CU} y la energía E_t .

$$QCU_t = \tilde{A}_t^{CU} L_t^{CU\tilde{\alpha}} K_t^{CU\tilde{\beta}} E_t^{1-\tilde{\alpha}-\tilde{\beta}} \quad (A23)$$

El símbolo \tilde{A}^{CU} indica que A^{CU} ya fue ajustada por el efecto de la alimentación sobre la productividad de los trabajadores (ver texto principal).

Donde A_t^{CU} representa la disponibilidad del mineral. En términos logarítmicos se supone que esta variable sigue la siguiente forma:

$$a_t = \rho^{CU} a_{t-1} + \varepsilon_t^{EE} \quad (A24)$$

La incorporación de estos tres insumos (L_t^{CU} , K_t^{CU} y E_t^{CU}) complejiza la modelación del modelo DSGE en varias dimensiones. Por lo tanto, se deben realizar una serie de supuestos para poder simplificar la mencionada modelación. Primero, se supuso que el sector minero usa un compuesto de energía, formado por combustible (petróleo) y energía eléctrica. Para ambos insumos, se considera que el sector minero es un tomador de precio.

$$E_t = OI L_t^\delta E E_t^{1-\delta} \quad (A25)$$

Donde, $OILL_t$ es el combustible y EE_t es la energía eléctrica. De este modo, dado un cierto nivel de producción, y por tanto de energía total (E_t), se pueden obtener por separado las demandas de combustible y de energía eléctrica en función de los respectivos precios. En términos logarítmicos se asume que el precio de la energía eléctrica sigue la siguiente forma:

$$p_t^{EE} = \rho^{EE} p_{t-1}^{EE} + \varepsilon_t^{EE} \quad (A26)$$

También se supone por simplicidad que al final de cada período t las firmas productoras de cobre puede revender el capital comprado a las firmas productoras de bienes de capital. De esta manera la función objetivo de la empresa que produce cobre es:

$$\begin{aligned} \max_{\{K_{t+k}^{CU}, I_{t+k}^{CU}, E_{t+k}\}_{k=0}^{\infty}} \sum_{k=0}^{\infty} E_t \left\{ \beta^{t+k} \Lambda_{t,t+k} \left(P_{t+k}^{CU} A_{t+k}^{CU} L_{t+k}^{CU \tilde{\alpha}} K_{t+k}^{CU \tilde{\beta}} E_{t+k}^{1-\tilde{\alpha}-\tilde{\beta}} + (1 - \delta^{CU}) K_{t+k}^{CU} Q_{t+k}^{CU} \right) (1 - t_t^u) \right\} \\ - \sum_{k=0}^{\infty} E_t \left\{ \beta^{t+k} \Lambda_{t,t+k} \left(R_{F,t+k} Q_{t+k-1}^{CU} K_{t+k}^{CU} + W_{t+k}^{CU} L_{t+k}^{CU} + P_{t+k}^E E_{t+k} \right) (1 - t_t^u) \right\} \end{aligned} \quad (A27)$$

Donde $\beta^{t+k} \Lambda_{t,t+k}$ es el factor estocástico de descuento, δ^{CU} la tasa de depreciación, P_{t+k}^{CU} el precio del cobre, W_{t+k}^{CU} los salarios del sector, P_{t+k}^E el precio de la energía (un índice compuesto de los precios del petróleo y de la energía eléctrica), Q_{t+k}^{CU} el precio del capital, $R_{F,t+k}$ es el retorno del capital e t_t^u impuestos a las ganancias.

Por otro lado, las firmas productoras de capital compran el capital usado a las firmas productoras de bienes intermedios, reparan el capital depreciado, y construyen nuevo capital, donde I_t^{cu} es el nuevo capital creado. Luego, el problema de maximización de las firmas productoras de capital es:

$$\max_{\{I_{t+k}^{cu}\}_{k=0}^{\infty}} \sum_{k=0}^{\infty} E_t \left\{ \beta^{t+k} \Lambda_{t,t+k} \left((Q_{t+k}^{CU} - 1) I_{t+k}^{cu} - t_t^u Q_{t+k}^{CU} I_{t+k}^{cu} - f \left(\frac{I_{t+k}^{cu}}{I_{t+k-1}^{cu}} \right) I_{t+k}^{cu} \right) \right\} \quad (A28)$$

Donde f es una función creciente que representa los costos de ajuste de la inversión y la ley de movimiento del capital

$$K_{t+k+1}^{CU} = (1 - \delta^{CU}) K_{t+k}^{CU} + I_{t+k}^{CU} \quad (\text{A29})$$

Tercero, al igual que en el resto de la economía se asume que existe rigidez parcial de los salarios (a la Calvo, por ejemplo ver los detalles en García y González 2014). En otras palabras, los salarios van cambiando a través del tiempo en forma exógena por dos fuentes. La fracción de salarios que se reajusta directamente por cambios en los contratos (definida por `xi_w_COBR`) y, la otra fracción de salarios (definida por `index_w_COBRE`), que siguen vigentes pero que se reajustan según la inflación pasada.

De la modelación de los salarios, se puede derivar una oferta de trabajo. Así, con este supuesto sobre los salarios, más la ecuación de demanda de trabajo proveniente de (A27), se obtiene el empleo y los salarios del sector minero. Sólo por motivos de simplicidad, se asume que la utilidad marginal del consumo las familias que trabajan en el sector minero es igual a la utilidad marginal del resto de las familias de la economía. Este supuesto es inocuo si se considera que el mercado laboral minero tiene efectos marginales en el mercado laboral agregado de la economía Chilena (ver Fuentes y García 2014).

9.1.11. Equilibrio General de la Economía.

En el presente artículo se asume que la inversión del sector minero I_t^{cu} se lleva a cabo en el mercado de bienes domésticos:

$$P_{m,t}Y_t = \underbrace{P_t C_t + P_t I_t + P_t G_t}_{\text{Resto de la economía}} + \underbrace{P_t X_t}_{\text{Sector Externo}} + \underbrace{P_t I_t^{cu}}_{\text{Minería}} \quad (\text{A30})$$

Por último, una vez agregadas cada una de las restricciones de las familias y las firmas, abstrayéndose de la producción de energía eléctrica para la minería, y considerando que el PIB minero (QCU_t) se exporta completamente, se obtiene la restricción total de la economía:

$$\begin{aligned}
 & \underbrace{P_t C_t + P_t I_t + P_t G_t + P_t I_t^{cu}}_{\text{Gasto}} + \underbrace{P_t CAJ_t}_{\text{Costos de Ajuste de Inversión}} \leq \underbrace{P_{m,t}}_{\text{Producción de bienes intermedios}} \\
 & - \underbrace{SX_t M_t - SX_t P_t^{OIL} OIL_t - SX_t P_t^{OIL} OIL_t^{cu}}_{\text{Importación de insumos y combustibles}} + \underbrace{SX_t \frac{B_{t+1}^*}{\tilde{R}_t^*} - S_t B_t^*}_{\text{Cambio en la Deuda Externa}} + \underbrace{\Gamma(SX_t P_t^{cu} QCU_t)}_{\text{Ingresos del cobre}} \quad (A31)
 \end{aligned}$$

Donde SX_t es el tipo de cambio nominal, P_t^{OIL} el precio del petróleo, M_t las importaciones de insumos para la producción de bienes intermedios, B_t^* la deuda externa, \tilde{R}_t^* la tasa de interés externa ajustada por premio por riesgo, y CAJ_t son los costos de ajuste de la inversión (agregados).

En resumen, los gastos de la economía, incluidos los costos de ajustes de la inversión, se financian con la producción de bienes intermedios, neto de importaciones de los insumos para los bienes intermedios y combustibles (incluido la fracción para el cobre), más el cambio en el financiamiento externo (cambios en la deuda externa) y los ingresos del cobre (PIB cobre menos las remesas al exterior).

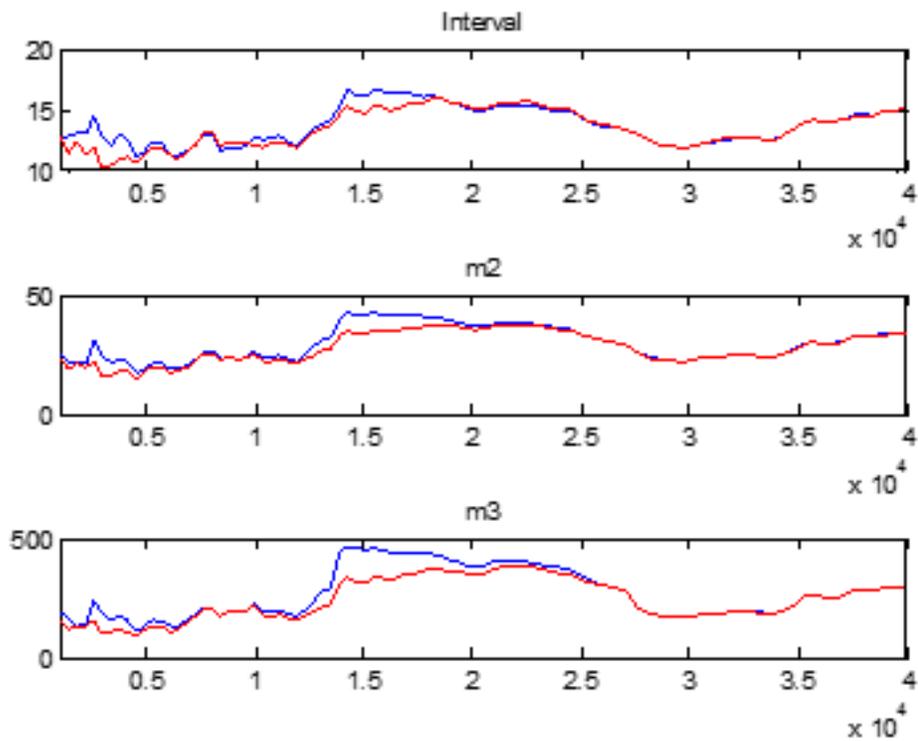
9.1.12. Ajustes en el modelo

Para mejorar el ajuste del modelo DSGE se supuso que existen rezagos en las respuestas de la demanda de todos los insumos en el sector de bienes intermedio y de cobre. De esta manera, la demanda por un insumo genérico j que se denomina $insumo_{J,t}$ (“log linealizada”), además de depender positivamente del nivel de producción $produccion_t$ y negativamente del precio del insumo, expresado en términos reales, el cual se denomina $p_{J,t}$, también depende de un rezago $insumo_{J,t-1}$. Además los precios responden menos de lo esperado al ponderarse por un parámetro ς_j . Todos estos parámetros de ajustes son estimados.

$$insumo_{J,t} = pmg_insumo_J (produccion_t - \varsigma_j p_{J,t}) + (1 - pmg_insumo_J) insumo_{J,t-1} \quad (13)$$

9.2. Anexo 2: Convergencias y parámetros estimados.

Figura 7: Convergencia y Estabilidad de Parámetros



Fuente: Simulaciones realizadas por los autores en base al Modelo DSGE

Cuadro 8: Parámetros Estimados

Parámetros	prior	posterior	Intervalo 90 %		distribución prior	desviación estándar
σ	2	1,8891	1,7748	2,0118	gamma	0,1
h	0,3	0,2894	0,2126	0,3621	beta	0,05
ρ_L	1	1,171	1,0264	1,3694	gamma	0,1
ρ_G gasto de gobierno	0,9	0,8972	0,8255	0,9711	beta	0,05
ρ_A productividad	0,9	0,9398	0,9208	0,9577	beta	0,05
ρ_R tasa de interés externa	0,9	0,6593	0,5607	0,7495	beta	0,05
ρ PIB externo	0,9	0,9734	0,9642	0,984	beta	0,05
ρ precio petróleo	0,9	0,8726	0,8156	0,9276	beta	0,05
ρ Cobre	0,9	0,8496	0,8223	0,8776	beta	0,05
ϕ^G	0,1	0,0091	0,0077	0,0106	beta	0,05
δ_D	0,906	0,9141	0,8696	0,9649	beta	0,05
θ_D	0,804	0,8201	0,8071	0,8338	beta	0,01
δ_W	0,9	0,7052	0,6318	0,7878	beta	0,05
θ_W	0,67	0,8822	0,8595	0,9048	beta	0,05
β_1	0,8	0,7964	0,7779	0,8143	gamma	0,01
β_2	0,1	0,1009	0,099	0,1029	beta	0,001
Ω_R	0,92	0,925	0,9151	0,9348	beta	0,01
ϕ_{P_i}	2	2,0061	1,8889	2,1226	beta	0,1
ϕ_Y	0,5	0,5413	0,4153	0,6828	beta	0,1
ζ_e^1	0,3	0,2466	0,1295	0,3677	beta	0,2
ζ_e^2	0,3	0,0638	0,0001	0,1384	beta	0,2
Ω	0,3	0,3037	0,2883	0,3181	beta	0,01
pmg_M	0,5	0,3739	0,298	0,441	beta	0,1
pmg_L	0,5	0,1443	0,1168	0,1739	beta	0,1
pmg_K	0,5	0,5267	0,4025	0,6424	beta	0,1
θ OIL	0,5	0,6136	0,4609	0,7421	beta	0,1
θ L	0,5	0,7989	0,7296	0,8755	beta	0,1
θ K	0,5	0,5386	0,395	0,6724	beta	0,1
θ M	0,5	0,5098	0,379	0,6499	beta	0,1
pmg_TOIL	0,1	0,0324	0,0045	0,0625	beta	0,05
pmg_G	0,5	0,5475	0,4797	0,6244	beta	0,05
trend_PIB	1,1	1,1655	1,056	1,2777	gamma	0,1
trend_precio petróleo	2,42	2,4385	2,2925	2,5749	gamma	0,1
trend_precio cobre	3,28	3,2562	3,1484	3,3586	gamma	0,1
trend_PIB externo	1,22	1,185	1,0497	1,3029	gamma	0,1
trend_empleo	0,71	0,5539	0,4352	0,6899	gamma	0,1
trend_tipo de cambio real	0,5	0,1237	0	0,2306	unif	0,2887
ϑ_1	0,5	0,344	0,2456	0,458	beta	0,1
ϑ_2	0,5	0,4595	0,3311	0,5737	beta	0,1
constante tasa de interés	0,99	0,9707	0,8058	1,1017	gamma	0,1
constante inflación	0,75	0,7981	0,6741	0,9059	gamma	0,1
constante tasa de interés externa	0,5	0,6697	0,386	0,9988	unif	0,2887
ρ_{EE}	0,5	0,8595	0,8143	0,9009	beta	0,1
pmg_EE_EN_COBRE	0,5	0,2111	0,1235	0,2954	beta	0,1
index_w_COBRE	0,9	0,9403	0,9	0,9838	beta	0,05
xi_w_COBRE	0,67	0,6675	0,6191	0,7096	beta	0,05
pmg_EN_COBRE	0,5	0,0987	0,0486	0,1411	beta	0,1
pmg_L_COBRE	0,5	0,0687	0,0471	0,0921	beta	0,1
pmg_K_COBRE	0,5	0,5014	0,3787	0,6339	beta	0,1
ρ_A productividad Cobre	0,9	0,909	0,8964	0,9211	beta	0,01
trend_PIB_COBRE	0,1	0,1139	0,0981	0,1307	gamma	0,01
trend_PEE	0,64	0,6123	0,478	0,7335	gamma	0,1
l	0,53	0,373	0,3234	0,4215	gamma	0,05
η_1	0,2	0,2125	0,1226	0,29	gamma	0,05
η_2	1	1,0682	0,9007	1,2432	gamma	0,1
ρ_2	0,9	0,9952	0,9916	0,9988	beta	0,05
γ_ϕ	0,9	0,8529	0,7807	0,9331	beta	0,05
ρ_1	0,9	0,9888	0,981	0,9977	beta	0,05

9.3. Anexo 3

Cuadro 9: Datos Gasto Real en Alimentación

	Gasto Real Per cápita por alimento y Agregado (2003,1 = 100)						Gasto Real Per cápita Agregada
	Carnes	Lácteos	Aceites	Frutas y Verduras	Pan y Cereales	Pescados y Mariscos	
2003,1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
2003,2	97,75	99,79	107,64	101,94	106,12	106,33	103,26
2003,3	99,49	106,63	117,08	102,21	98,67	107,95	105,34
2003,4	100,00	105,99	119,40	100,05	98,62	113,00	106,18
2004,1	104,25	106,96	128,17	100,16	112,51	120,03	112,01
2004,2	103,85	106,35	136,77	97,67	118,11	127,57	115,05
2004,3	105,92	105,79	147,35	96,58	108,93	124,11	114,78
2004,4	104,68	103,16	155,04	94,49	102,96	112,25	112,10
2005,1	107,24	105,47	168,29	95,67	103,48	137,73	119,65
2005,2	108,05	107,14	175,27	94,81	110,65	139,30	122,54
2005,3	106,36	106,88	180,60	94,46	107,46	153,28	124,84
2005,4	106,78	106,71	183,51	93,19	106,87	140,41	122,91
2006,1	109,67	109,11	193,95	95,34	113,95	133,82	125,97
2006,2	109,61	107,65	197,00	91,99	137,56	143,97	131,30
2006,3	107,12	104,68	197,59	89,29	120,37	165,66	130,79
2006,4	110,41	102,85	209,14	91,04	113,30	157,14	130,65
2007,1	112,71	102,60	224,72	94,03	112,57	162,90	134,92
2007,2	111,62	109,31	235,86	93,81	107,57	158,45	136,10
2007,3	109,43	124,87	236,39	91,29	125,04	148,31	139,22
2007,4	110,15	122,76	235,85	92,81	124,57	146,85	138,83
2008,1	109,24	120,16	258,93	98,58	127,17	141,16	142,54
2008,2	108,62	120,00	284,55	111,01	136,01	132,01	148,70
2008,3	103,59	116,21	302,46	108,38	140,56	132,69	150,65
2008,4	103,47	115,78	318,78	109,35	140,04	132,20	153,27
2009,1	99,93	114,72	330,22	109,17	138,75	130,99	153,96
2009,2	104,52	114,10	326,24	108,46	131,14	128,16	152,10
2009,3	105,81	116,52	326,50	108,39	136,65	128,88	153,79
2009,4	107,39	115,31	327,31	108,71	146,61	130,08	155,90
2010,1	103,95	112,28	322,97	107,57	141,26	127,75	152,63
2010,2	109,14	117,53	324,62	108,23	141,42	135,73	156,11
2010,3	107,81	121,00	340,01	109,28	145,21	138,41	160,29
2010,4	110,99	120,71	349,17	110,42	150,98	137,46	163,29
2011,1	112,18	120,87	375,56	110,47	144,87	140,58	167,42
2011,2	111,39	125,34	396,61	111,73	146,76	145,20	172,84
2011,3	106,26	127,51	406,57	112,57	148,16	145,46	174,42
2011,4	112,61	128,61	415,16	113,78	162,02	145,28	179,58
2012,1	114,16	128,83	427,39	114,68	165,11	146,24	182,74
2012,2	114,17	130,70	443,34	115,63	164,65	151,27	186,63
2012,3	113,17	132,16	451,22	116,10	170,64	153,23	189,42
2012,4	115,65	135,18	451,47	117,78	184,70	152,27	192,84
2013,1	118,08	136,32	456,94	119,80	179,30	155,02	194,24
2013,2	116,79	137,60	457,09	120,99	181,50	160,30	195,71
2013,3	115,91	140,20	453,92	120,61	185,39	163,47	196,58
2013,4	116,50	140,55	455,54	120,24	194,28	163,19	198,38

Fuente: el autor en base a metodología de la Sección II.

Cuadro 10: Datos Gasto efectivo en Alimentación

	Gasto Efectivo por Alimento y Agregado (2003,1 = 100)							
	Carnes	Lácteos	Aceites	Frutas y Verduras	Pan y Cereales	Pescados y Mariscos	Gato Efectivo Agregado	
2003,1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
2003,2	98,00	100,04	104,56	106,55	102,23	106,21	102,93	102,93
2003,3	99,74	106,39	110,71	98,98	102,61	107,91	104,39	104,39
2003,4	99,93	105,39	109,07	98,62	101,02	112,82	104,48	104,48
2004,1	103,73	106,24	112,66	112,96	101,49	119,78	109,48	109,48
2004,2	103,33	105,40	114,20	116,93	99,06	126,86	110,96	110,96
2004,3	105,45	104,93	116,56	108,99	97,38	123,41	109,45	109,45
2004,4	104,98	102,90	116,47	103,41	93,95	112,65	105,73	105,73
2005,1	107,02	104,86	118,25	103,39	96,16	137,47	111,19	111,19
2005,2	107,00	106,19	113,65	111,15	95,76	139,00	112,12	112,12
2005,3	106,46	106,24	109,98	107,91	94,32	152,36	112,88	112,88
2005,4	106,83	106,11	104,82	106,87	92,57	139,88	109,51	109,51
2006,1	109,27	107,99	101,68	113,51	95,91	133,73	110,35	110,35
2006,2	108,85	106,35	93,99	135,99	92,27	143,94	113,57	113,57
2006,3	106,99	103,45	84,52	120,06	88,87	164,80	111,45	111,45
2006,4	110,38	102,11	78,82	113,80	90,21	156,77	108,68	108,68
2007,1	112,38	102,58	72,53	113,00	93,55	162,19	109,37	109,37
2007,2	111,09	109,58	68,29	106,16	92,90	157,50	107,59	107,59
2007,3	108,83	123,53	65,54	125,62	90,75	147,46	110,29	110,29
2007,4	109,36	121,43	59,87	125,12	92,03	145,84	108,94	108,94
2008,1	109,24	119,39	56,53	125,80	95,57	140,42	107,82	107,82
2008,2	108,07	119,04	48,29	135,73	110,65	131,58	108,89	108,89
2008,3	103,09	115,31	64,14	140,23	108,08	132,24	110,51	110,51
2008,4	102,87	114,71	53,36	139,77	108,78	131,73	108,54	108,54
2009,1	99,40	113,82	40,52	138,51	108,83	130,59	105,28	105,28
2009,2	104,09	113,35	28,80	130,96	108,33	127,80	102,22	102,22
2009,3	105,37	115,77	14,74	136,43	108,33	128,58	101,54	101,54
2009,4	106,92	114,57	-5,57	146,36	108,53	129,75	100,09	100,09
2010,1	103,45	111,37	-24,00	141,04	107,17	127,37	94,40	94,40
2010,2	108,69	116,78	-23,94	141,25	108,23	135,41	97,74	97,74
2010,3	107,32	120,02	-52,48	144,97	108,91	138,03	94,46	94,46
2010,4	110,34	119,63	-71,49	150,69	109,79	137,03	92,66	92,66
2011,1	111,57	119,79	-84,45	144,64	109,93	140,11	90,27	90,27
2011,2	110,77	124,05	-98,76	146,47	111,04	144,69	89,71	89,71
2011,3	105,68	126,26	-122,75	147,87	111,85	144,99	85,65	85,65
2011,4	111,92	127,57	-136,71	161,71	113,23	144,87	87,10	87,10
2012,1	113,45	127,56	-165,07	164,81	113,86	145,71	83,39	83,39
2012,2	113,48	129,38	-184,60	164,36	114,83	150,70	81,36	81,36
2012,3	112,42	130,69	-210,85	170,29	115,14	152,63	78,38	78,38
2012,4	114,89	133,80	-221,95	184,34	116,92	151,76	79,96	79,96
2013,1	117,26	134,84	-250,64	179,01	118,76	154,39	75,60	75,60
2013,2	115,96	135,95	-269,89	181,13	119,81	159,57	73,76	73,76
2013,3	115,13	138,67	-271,65	185,05	119,66	162,85	74,95	74,95
2013,4	115,61	138,90	-290,97	193,88	119,08	162,53	73,17	73,17

Fuente: el autor en base a metodología de la Sección II.

Cuadro 11: Datos Gasto Óptimo en Alimentación

Gasto Óptimo por Alimento y Agregado (2003,1 = 100)								
	Carnes	Lácteos	Aceites	Pan y Cereales	Frutas y Verduras	Pescados y Mariscos	Gasto Óptimo Agregado	
2003,1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
2003,2	98,42	100,85	107,79	101,73	100,71	105,05	102,43	102,43
2003,3	100,16	105,26	118,06	101,91	97,13	107,27	104,97	104,97
2003,4	99,85	103,29	119,98	99,31	98,67	110,85	105,33	105,33
2004,1	103,11	104,15	128,62	99,11	106,70	117,27	109,83	109,83
2004,2	102,79	103,04	136,11	96,49	106,12	121,17	110,95	110,95
2004,3	105,06	103,29	146,73	95,72	101,24	118,38	111,74	111,74
2004,4	105,72	103,29	155,50	94,53	100,15	116,82	112,67	112,67
2005,1	106,99	104,13	168,33	94,99	103,74	134,93	118,85	118,85
2005,2	106,13	104,69	174,83	93,73	105,83	136,24	120,24	120,24
2005,3	107,03	105,94	182,59	94,08	104,70	145,30	123,27	123,27
2005,4	107,30	105,99	187,00	93,12	106,87	136,10	122,73	122,73
2006,1	109,20	106,53	197,20	94,43	115,58	133,50	126,07	126,07
2006,2	108,45	104,75	200,46	91,22	123,07	143,94	128,65	128,65
2006,3	107,37	102,33	201,16	88,96	110,52	158,38	128,12	128,12
2006,4	110,92	102,52	213,09	90,95	108,14	154,31	129,99	129,99
2007,1	112,57	105,04	228,96	93,68	110,15	157,34	134,62	134,62
2007,2	111,10	112,75	243,42	93,73	111,35	151,41	137,29	137,29
2007,3	108,80	121,63	248,06	90,99	120,12	142,63	138,70	138,70
2007,4	109,20	119,94	247,65	92,63	121,06	140,44	138,49	138,49
2008,1	110,02	119,69	270,35	99,80	131,34	137,14	144,72	144,72
2008,2	108,22	118,83	294,68	110,53	137,35	130,35	149,99	149,99
2008,3	103,21	115,08	313,23	107,91	141,94	131,02	152,06	152,06
2008,4	103,09	114,65	330,13	108,88	141,42	130,54	154,79	154,79
2009,1	99,57	113,60	341,98	108,70	140,11	129,34	155,55	155,55
2009,2	104,14	112,99	337,86	107,99	132,43	126,54	153,66	153,66
2009,3	105,42	115,38	338,13	107,93	138,00	127,25	155,35	155,35
2009,4	107,00	114,18	338,97	108,24	148,06	128,44	157,48	157,48
2010,1	103,57	111,19	334,48	107,10	142,65	126,15	154,19	154,19
2010,2	108,75	116,38	336,18	107,76	142,82	134,02	157,65	157,65
2010,3	107,42	119,81	352,12	108,80	146,65	136,67	161,91	161,91
2010,4	110,59	119,54	361,61	109,94	152,46	135,73	164,98	164,98
2011,1	111,77	119,69	388,93	110,00	146,30	138,81	169,25	169,25
2011,2	110,98	124,12	410,74	111,25	148,20	143,38	174,78	174,78
2011,3	105,88	126,26	421,05	112,08	149,62	143,63	176,42	176,42
2011,4	112,20	127,36	429,95	113,29	163,62	143,45	181,64	181,64
2012,1	113,75	127,57	442,61	114,18	166,74	144,40	184,88	184,88
2012,2	113,76	129,42	459,12	115,14	166,27	149,37	188,85	188,85
2012,3	112,76	130,87	467,29	115,60	172,32	151,30	191,69	191,69
2012,4	115,23	133,86	467,55	117,28	186,52	150,35	195,13	195,13
2013,1	117,65	134,99	473,21	119,28	181,07	153,06	196,54	196,54
2013,2	116,37	136,26	473,37	120,47	183,29	158,28	198,01	198,01
2013,3	115,48	138,83	470,09	120,09	187,21	161,41	198,85	198,85
2013,4	116,07	139,18	471,76	119,72	196,20	161,14	200,68	200,68

Cuadro 12: Datos Índices de Precios Alimentación

Índice de precios por alimento y agregado (2003,1 = 100)

	Carnes	Lácteos	Aceites	Pan y Cereales	Frutas y Verduras	Pescados y Mariscos	Índice Agregado
2003,1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
2003,2	98,31	102,16	101,01	101,37	113,59	107,11	103,93
2003,3	99,29	108,30	102,80	101,29	107,96	110,18	104,97
2003,4	99,49	105,11	96,92	99,80	115,55	114,75	105,27
2004,1	98,63	102,92	97,00	100,36	137,85	120,64	109,57
2004,2	97,44	100,55	97,68	98,52	136,99	125,14	109,39
2004,3	98,27	99,20	99,78	98,22	115,13	120,85	105,24
2004,4	97,66	97,33	98,45	97,16	105,96	114,61	101,86
2005,1	97,37	98,28	99,05	97,21	107,85	137,99	106,29
2005,2	98,03	99,25	97,57	96,46	127,65	142,33	110,22
2005,3	101,53	100,70	95,53	96,60	134,11	152,09	113,43
2005,4	104,18	101,68	92,94	96,75	142,13	137,70	112,56
2006,1	110,36	101,66	92,96	97,67	161,76	132,67	116,18
2006,2	111,25	99,64	90,32	96,00	200,81	146,98	124,17
2006,3	111,71	96,52	87,60	95,28	160,67	164,10	119,31
2006,4	114,92	94,50	88,66	97,40	140,60	155,95	115,34
2007,1	113,98	96,92	91,55	99,47	138,28	159,32	116,59
2007,2	113,49	109,15	94,10	99,80	148,57	154,01	119,85
2007,3	113,49	127,96	96,27	103,86	195,30	145,57	130,41
2007,4	115,07	125,89	96,59	108,30	204,23	143,71	132,30
2008,1	116,24	124,63	107,98	113,66	221,27	138,48	137,04
2008,2	117,75	125,89	117,57	126,57	280,05	134,60	150,41
2008,3	125,10	125,42	123,20	125,30	331,54	139,28	161,64
2008,4	129,39	129,72	127,42	129,60	342,89	144,05	167,18
2009,1	127,79	128,11	125,84	127,99	338,64	142,27	165,11
2009,2	125,20	127,05	120,03	126,93	321,50	146,47	161,20
2009,3	123,18	128,52	115,54	125,82	334,57	145,01	162,11
2009,4	124,42	125,17	112,63	125,77	365,07	145,18	166,37
2010,1	126,84	123,19	109,41	125,53	353,98	144,63	163,93
2010,2	131,47	126,69	106,72	125,36	342,22	151,86	164,05
2010,3	135,50	129,75	110,03	126,60	349,20	153,47	167,43
2010,4	141,06	129,39	111,63	128,48	369,08	152,08	171,95
2011,1	144,59	129,11	118,56	128,99	347,04	156,32	170,77
2011,2	144,38	136,89	123,48	132,05	356,00	164,81	176,27
2011,3	144,84	141,15	124,77	134,06	363,16	166,31	179,05
2011,4	154,91	140,80	125,76	136,04	405,75	163,63	187,82
2012,1	157,42	141,35	128,12	138,14	417,30	165,40	191,29
2012,2	155,74	142,35	130,23	138,96	410,27	171,19	191,46
2012,3	154,98	144,86	130,54	139,88	432,25	174,63	196,19
2012,4	158,16	147,78	128,87	142,32	477,53	171,12	204,30
2013,1	157,23	148,14	128,90	144,81	453,87	173,82	201,13
2013,2	155,65	150,93	128,11	146,79	464,26	183,24	204,83
2013,3	155,73	154,45	127,34	147,02	476,78	187,76	208,18
2013,4	159,11	157,39	129,27	148,29	517,36	190,20	216,93

9.4. Anexo 4: Estimación Bayesiana

La estimación del modelo se hizo con técnicas Bayesianas para el período 2003.1-2013.4. Este enfoque consiste en definir una distribución “prior” (basado en la teoría económica y estudios previos) para los parámetros del modelo.

$$p(\theta_A | A) \quad (\text{B1})$$

Donde A indica un modelo específico, representa los parámetros del modelo A, es la función de densidad de probabilidad (pdf) que puede ser una normal, gamma, inversa, beta, beta generalizada, o la función uniforme dependiendo de la información específica que se tenga sobre el parámetro. Luego estos se combinan con una estimación de Máxima Verosimilitud (MV) que permite estimar la distribución “posterior” de los parámetros. La función de verosimilitud describe la densidad de los datos observados, dado el modelo y sus parámetros:

$$L(\theta_A | Y_T A) \equiv p(Y_T | \theta_A, A) \quad (\text{B2})$$

En este sentido, la estimación Bayesianas de modelos macroeconómicos podría ser interpretada como una mezcla entre calibración y econometría estándar. De esta forma, usando el teorema de Bayes podemos conocer la densidad de los posteriors dada una cierta muestra.

$$p(\theta | Y_T) = \frac{p(\theta; Y_T)}{p(Y_T)} \quad (\text{B3})$$

Nosotros también sabemos que:

$$p(Y_T | \theta) = \frac{p(\theta; Y_T)}{p(\theta)} \Leftrightarrow p(\theta; Y_T) = p(Y_T | \theta) \times p(\theta) \quad (\text{B4})$$

Mediante el uso de estas identidades, podemos combinar la densidad previa y la función de verosimilitud discutido anteriormente para obtener la densidad posterior:

$$p(\theta_A | Y_T, A) = \frac{p(Y_T | \theta_A, A) p(\theta_A | A)}{p(Y_T | A)} \quad (\text{B5})$$

Donde $p(Y_T | A)$ es la densidad marginal de los datos condicionada en el modelo:

$$p(Y_T | A) = \int_{\Theta_A} p(\theta_A; Y_T | A) d\theta_A \quad (\text{B6})$$

Por último, el kernel posterior corresponde al numerador de la densidad posterior, el cual es obtenido en la práctica a través de simulaciones numéricas (Metropolis-Hastings) y la aplicación del filtro de *Kalman*.

$$p(\theta_A | Y_T, A) \propto p(Y_T | \theta_A, A) p(\theta_A | A) \equiv \kappa(\theta_A | Y_T, A) \quad (\text{B7})$$