

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD EN MODELOS DE EQUILIBRIO GENERAL APLICADO: UNA EVALUACIÓN ALTERNATIVA PARA EL ANÁLISIS DE POLÍTICAS

Marcos Minoru Hasegawa¹

RESUMEN: El artículo tiene como objetivo realizar el análisis de sensibilidad de variables exógenas y de los parámetros de un modelo de equilibrio general aplicado con extensión regional adaptado para la Economía Chilena. El análisis se realizó con base en los resultados obtenidos de una simulación disminuyendo el impuesto sobre valor agregado en 1%. El resultado del análisis de sensibilidad entrega como los resultados pueden ser afectados con la variación de los valores de los parámetros y de las variables exógenas del modelo. El análisis de sensibilidad también ayuda a identificar posibles problemas en la calidad de los datos utilizados como parámetros en el modelo.

PALAVRAS-CLAVES: análisis de sensibilidad sistemática, equilibrio general, Chile.

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE EM MODELOS DE EQUILÍBRIO GERAL APLICADO: UMA AVALIAÇÃO ALTERNATIVA PARA ANÁLISE DE POLÍTICAS

RESUMO: O artigo tem como objetivo realizar a análise de sensibilidade das variáveis exógenas e dos parâmetros de um modelo aplicado de equilíbrio geral com extensão regional adaptado para a economia chilena. A análise realizou-se com base nos resultados obtidos de uma simulação que diminui o imposto sobre valor agregado em 1%. O resultado da análise de sensibilidade mostra como os resultados podem ser afetados pela variação dos valores dos parâmetros e das variáveis exógenas do modelo. A análise de sensibilidade também ajuda a indentificar possíveis problemas na qualidade dos dados utilizados como parâmetros no modelo.

PALAVRAS-CHAVE: análise de sensibilidade sistemática, equilíbrio general, Chile.

SENSITIVITY ANALYSIS IN APPLIED GENERAL EQUILIBRIUM MODELS: AN ALTERNATIVE FOR EVALUATION POLICY ANALYSIS

ABSTRACT: The main goal of this paper is the sistematic sensibility analysis in exogenous variables and parameters of an applied general equilibrium model with regional extension adapted to the Chilean Economy. The analysis was based on a simulation of a reduction by 1% in the value-added tax. The sensibility analysis show us how results can be affected by variation of exogenous variables and parameters of the model. The sistematic sensibility

¹ Trabalho apresentado no II Encontro de la Sociedad Chilena de Políticas Públicas, organizado e realizado pelo Centro de Políticas Públicas da Universidad Católica de Chile em Santiago, Chile, no dia 19 de Janeiro de 2011. Professor Adjunto – Departamento de Economia – Avenida Prefeito Lothário Meissner, 632 – Jardim Botânico – CEP: 80.210-170 – Curitiba – PR – Brasil. e-mail: hasegawa@ufpr.br

analysis also help us to identify potential problems in the quality of data used as parameters in the model.

KEYWORDS: sistematic sensibility analysis, general equilibrium, Chile.

1 INTRODUCCIÓN

Se reconoce que los modelos de equilibrio general aplicados son herramientas de análisis de políticas bastante potentes e interesantes por entregar resultados de los impactos de las políticas a nivel sectorial y regional. Pero muchos economistas han criticado la falta de validación empírica de los parámetros utilizados como coeficientes de las ecuaciones en los modelos de equilibrio general. Domingues et al. (2004), la literatura de referencia para la presente investigación, realiza una interesante discusión con base en la literatura disponible sobre las críticas sobre los parámetros utilizados en los modelos de equilibrio general aplicado. Las críticas apuntan para el uso de informaciones definidas como el mejor valor pensado, valores típicos o con base en valores utilizados por otros autores. Las críticas apuntan también para las informaciones provenientes de la matriz insumo producto que se trata de un punto en el tiempo. Con base en estas críticas, se ha desarrollado una forma de verificar la sensibilidad de los resultados obtenidos de un modelo de equilibrio general a la variación de los parámetros de las ecuaciones o a la variación del choque aplicado en la variable exógena en análisis que es el análisis de sensibilidad sistemática (Arndt, 1996). El análisis de sensibilidad sistemática además de ayudar a calibrar el modelo, entrega una otra mirada del análisis de los resultados de una aplicación para el análisis de una política específica como, por ejemplo, el análisis de la reducción de impuestos realizada por Hasegawa (2008) con base en la adaptación del modelo ORANI-G para la economía chilena. Pues permitiría obtener la desviación estándar y el valor promedio para cada una de las variables endógenas del modelo. De esta forma el objetivo del presente trabajo de investigación es aplicar el análisis de sensibilidad sistemática en el resultado obtenido por Hasegawa (2008) que analiza el impacto de la reducción del IVA de 19% para 18%, es decir, la reducción de un punto porcentual. En la segunda sección se presenta la revisión de literatura sobre la importancia de las diferencias regionales en Chile, los modelos de equilibrio general aplicados para la economía chilena, impuesto sobre valor agregado y el análisis de sensibilidad sistemática. En la tercera sección se presenta la metodología del análisis de sensibilidad sistemática. Los resultados y la discusión de los resultados son presentados en la cuarta sesión. Finalizando, se entrega las conclusiones sobre los resultados más importantes y las sugerencias para investigaciones futuras en la sección cinco.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Diferencias regionales en Chile

Chile presenta una variedad de dotación de recursos la cual sugiere que diferencias económicas importantes existen a lo largo del espacio. Estudios tales como Díaz et al. (2002) y Cademartori et al. (2001) sugieren que las importantes diferencias económicas y sociales entre las 13 regiones de Chile deberían ser consideradas por el gobierno central en el diseño de las políticas.

Díaz et al. (2002) encuentra que el mayor PIB per capita observado en la II región es seis veces más grande que el PIB per capita observado en la IX región. Las regiones I, II, III, X y región metropolitana so las regiones dinámicas con elevadas tasas de crecimiento que diferencia significativamente de las regiones V, VI, VIII y XII, las regiones rezagadas. La evaluación realizada por Cademartori et al. (2001) entrega evidencias de las diferencias sociales entre las regiones en términos de pobreza, elasticidad pobreza-PIB per capita, calidad de vida y empleo.

Otros estudios han enfocado las diferencias regionales en mercados específicos. Aroca et al. (1999) y Vial et al. (2005) entrega resultados que evidencian la diferencia de salarios entre regiones y sectores económicos.

De la perspectiva de la migración regional, Aroca et al. (2001) encontró que aunque los trabajadores estén moviéndose en la dirección inducida por la señal de mercado, existe una fuerza en el mercado de trabajo regional chileno que concentra la fuerza de trabajo alrededor de las áreas más pobladas del país.

Del punto de vista del crecimiento económico, los resultados de Aroca y Bosch (2000) muestran que en la década de noventa hubo un aumento de la divergencia del proceso de crecimiento del PIB regional per capita donde se identifican dos clusters: uno en la región Norte del país con altas tasas de crecimiento y otra en el Sur del país con bajas tasas de crecimiento.

Soto y Torche (2004) encontró que la convergencia in el ingreso per capita y los niveles de productividad en el período 1975 y 2000 fue muy lento para ser una fuerza significativa en la equalización del ingreso regional. La falta de convergencia es asociada con los bajos niveles de migración interna que es asociada a la política de vivienda del gobierno

de prohibir de las familias de vender sus casas que tuvieron acceso a subsidios inhibiendo la migración.

Se nota que a través de la literatura existente que sí existe diferencias regionales en la economía chilena que deberían ser consideradas en el diseño de políticas. Pero se verifica que no se han realizado investigaciones para economía chilena mostrando los diferentes impactos en nivel sectorial y regional como resultado de la formulación y aplicación de políticas uniformes por el gobierno central para las regiones.

2.3 Reducción del IVA

La posibilidad de reducir el IVA fue un tema muy discutido en Chile antes del terremoto de Febrero de 2010. De un lado están el sector privado que clama por la disminución del impuesto sobre valor agregado que beneficiaría la actividad económica. Por otro lado hay una cierta resistencia por parte del gobierno por no reducir la recaudación de impuestos para implementar los programas de políticas sociales.

De acuerdo con Sampaio (2005), en la mayoría de los países se cobra impuesto sobre el consumo con base en el valor agregado en vez del impuesto acumulativo sobre las ventas. Existen tres tipos de impuestos sobre el valor agregado (IVA): IVA-producto, IVA-ingreso e IVA-consumo. La diferencia entre ellos es la base de cálculo del impuesto que son respectivamente, producción, ingreso y consumo. Cada tipo puede ser implementado de acuerdo con dos principios: origen y destino. El IVA también puede ser implementado usando dos métodos de cálculos: factura de crédito y métodos de resta.

En Chile el IVA que es aplicado sobre el consumo y calculado por el método de factura de crédito fue introducido en 1974 y fijado en 20%. En 1988 el gobierno militar redujo el IVA de 20% para un 16%. El presidente Patricio Aylwin aumentó el IVA en dos puntos porcentuales por tres años para financiar los programas sociales. El gobierno de Eduardo Frei en 1996 aprobó el paquete de reforma tributaria que mantiene el valor del IVA en 18% para tres años más de manera a financiar la reforma de la Educación. En 2003, el gobierno de Ricardo Lagos aumento el IVA de 18% a un 19% para tres años para financiar el Plan “Auge” y compensar la reducción de la recaudación impuestos debido al acuerdo de libre

comercio con Estados Unidos y la Unión Europea. El gobierno de Bachelet mantuvo el valor de 19% para financiar la reforma del Sistema de Seguridad Social.

La teoría económica dice que cualquier tipo de impuesto es dañino para cualquier actividad económica de un país. Pero también nada es cierto sobre la distribución de beneficios proveniente de una reducción de impuestos en términos de crecimiento económico y bienestar social.

De acuerdo con Schenone (2003) el IVA en Chile puede cumplir bien su propósito tributario de generar ingresos a pesar de sus imperfecciones. Este mismo autor concluye que la corrección de las externalidades a través de impuestos selectivos todavía no ha resultado en práctica, pero se torna muy importante que los economistas muestren como el gobierno puede ser más eficiente a pesar de las dificultades en este tema.

2.4 Modelos de Equilibrio General Aplicado para Chile

El análisis de equilibrio general ha sido utilizado para el análisis de política fiscal como es apuntado por Bergman (1990), Dixon y Parmenter (1996) y en las numerosas aplicaciones en la literatura económica por permitir visualizar con detalles el impacto de la política a nivel sectorial y regional (Isard et al. 1999).

Para la economía chilena se puede citar O’Ryan et al. (2003) que ha utilizado un modelo de equilibrio general computable para analizar el impacto de un impuesto ambiental. Ellos, a través del modelo ECOGEM-Chile, analizaron el impacto sobre las variables macroeconómicas, sectoriales, sociales y ambientales de diferentes políticas ambientales, sociales y económicas, tales como políticas de comercio, impuesto ambiental y choques de precio externos.

Hasegawa (2008) ha realizado de forma exploratoria un análisis del impacto de la reducción del IVA en un punto porcentual a nivel sectorial y regional adaptando el modelo de equilibrio general australiano ORANI-G con extensión regional para la Economía Chilena. El modelo adaptado, ORANI-GCL, considera 14 sectores, 14 productos, un tipo de margen y cuatro regiones y tiene como base la matriz insumo producto de 1996. Las 13 regiones fueron agregadas en macro regiones Norte, Centro, Sur y Región Metropolitana. Los resultados de esta investigación muestran que las diferencias del impacto de una reducción del impuesto sobre valor agregado parece ser más evidente a nivel sectorial que a nivel regional.

Otros autores como Coeymans and Larraín (1994), Harrison et al. (2002) y Holland et al. (2003), utilizaron modelo de equilibrio general aplicado para analizar el impacto de políticas con enfoque en la abertura de la economía chilena.

La literatura muestra que los modelos de equilibrio general aplicados constituyen en una apropiada herramienta análisis de políticas, especialmente la fiscal. En el contexto de la ciencia regional, los modelos EGA también son muy útiles para analizar las diferencias regionales a nivel sectorial.

2.5 Análisis de Sensibilidad Sistemática

Arndt (1996) con base en la preocupación con la alta dependencia de los valores utilizados como choque en las variables exógenas presenta una introducción al análisis de sensibilidad sistemática via cuadratura gaussiana que ve las variables exógenas claves como variables aleatorias con su distribución de probabilidad asociada. Este enfoque produce medias y desviaciones estándares de los resultados del modelo requiriendo un limitado número de soluciones del modelo diferentemente del tradicional método Monte Carlo.

El artículo que motivó la presente investigación es Domingues et al. (2004) que a través de un modelo de equilibrio general aplicado se evalúa los resultados de bienestar de una alternativa área de libre comercio (FTA) para tres países miembros del MERCOSUR, Brasil, Argentina y Uruguay. Los resultados de la sensibilidad para choques y parámetros son evaluados por los autores. Este artículo muestra que elasticidades de comercio son importantes parámetros conduciendo los resultados del modelo. El aumento de bienestar para Argentina y Uruguay es muy sensible a estos parámetros.

3 METODOLOGÍA

3.1 El Modelo de Equilibrio General

Considerando que el análisis de sensibilidad es interesante e importante tanto para los parámetros como para las variables exógenas utilizadas para la aplicación del choque, la presente investigación realiza el análisis de sensibilidad sistemática de las elasticidades y la variable exógena clave del estudio con base en los resultados encontrados por Hasegawa (2008) que adaptó el modelo australiano ORANI-G para la Economía Chilena. El modelo adaptado, ORANI-GCL, considera 14 sectores, 14 productos y cuatro regiones y tiene como

base la matriz insumo producto de 1996. Las 13 regiones fueron agregadas en macro regiones Norte, Centro, Sur y Región Metropolitana. El análisis estático-comparativo realizado fue básicamente verificar el impacto de la reducción de un punto porcentual del impuesto sobre valor agregado en un contexto de corto plazo.

La extensión regional del modelo ORANI-G utiliza un método que es una adaptación del método LMPST propuesto por Leontief et al. (1965). La principal ventaja del método LMPST es que muy económico en su demanda por datos y evita la necesidad de información detallada sobre flujos de comercio inter-regional que simplemente no estaban disponibles para la economía australiana en la época que se desarrollo el modelo ORANI. En resumen, el método LMPST adaptado para el modelo ORANI-G con extensión regional desagrega cada usuario en “ r ” regiones considerando el supuesto de que cada sector utiliza la misma tecnología en cada región (Dixon et al., 1982; Horridge, 2003).

De acuerdo con este análisis el modelo ORANI-G con extensión regional parece ser adecuada para la aplicación en la economía chilena que todavía no tiene disponible la matriz de comercio con las informaciones de flujos de comercio entre las regiones que permitiría adaptar modelos inter-regionales del tipo “bottom-up” como el modelo MMRF australiano para la economía chilena. Note que en los modelos “bottom-up” permite verificar el impacto de un choque a nivel sectorial de una región en las demás regiones.

El modelo ORANI-G, inicialmente desarrollado para la economía australiana, fue adaptado más tarde para varios países como Sudáfrica, Brasil, Irlanda, Paquistán, Sri Lanka, Fiji, Corea del Sur, Dinamarca, Vietnam, Tailandia, Filipinas, Indonesia y China (Horridge, 2003).

La estructura teórica detallada del modelo ORANI-G bien como la explicación detallada de todas sus ecuaciones, variables, coeficientes y la estructura de la base de datos pueden ser encontrados en Horridge et al. (2003), Horridge et al. (1993) y Dixon et al. (1982).

El restante de la sección es dedicado a introducir al lector el método del análisis de sensibilidad sistemática vía cuadratura gaussiana.

3.2 Análisis de Sensibilidad Sistemática

Una vez que se obtiene el resultado del modelo para el análisis estático comparativo de corto plazo para una reducción del IVA en un punto porcentual, es posible llevar a cabo el análisis sensibilidad sistemática. Así siendo se podría verificar cuánto son realistas los resultados de una simulación de equilibrio general. También se podría verificar si la

conclusión es muy sensible a valores en particular asumido para los parámetros de las ecuaciones del modelo. Además se podría saber si el resultado de la simulación depende críticamente de la magnitud de choques en las variables exógenas en análisis.

El análisis de sensibilidad puede ser, entonces, ser del tipo *ad hoc* o sistemático que es utilizado en la presente investigación. El análisis de sensibilidad *ad hoc* toma un conjunto de valores para los parámetros y soluciona el modelo para estos valores. El análisis de sensibilidad sistemática² toma una cantidad muy grande de valores para los parámetros y soluciona el modelo para todos ellos considerando que estos parámetros tienen una determinada distribución de probabilidad. Por esto que es necesario reducir el número de simulaciones y resumir los resultados.

La estadística ofrece un modelo para resumir los resultados de varias simulaciones el cual también sugiere una forma de reducir la cantidad de cálculos computacionales. Supongamos que sea posible postular una distribución de probabilidad para cada choque en la variable exógena clave del estudio, como por ejemplo distribución uniforme o rectangular que permite que el valor del choque pueda ser cualquiera igualmente probable entre dos valores definidos. Adicionalmente se puede postular que la distribución para cualquier variable endógena es independiente de los valores de la variable exógena para las otras variables endógenas. Estos supuestos permiten, a través de cálculos de simulaciones utilizando todas las posibles combinaciones de valores de choques, deducir distribuciones de probabilidades para cada una de las variables endógenas que generalmente no son uniformes. Para cada variable endógena sería posible resumir su distribución de probabilidad en dos números: la media y la desviación estándar. Aunque la variable exógena tenga una distribución uniforme, es casi imposible de saber cual tipo de distribución (uniforme, simétrica, normal, etc.) tiene cada variable endógena. Sin embargo existen procedimientos generales para inferir informaciones útiles sobre los valores probables de variables a partir de sus medias y desviaciones estándares. Por ejemplo, independiente de la distribución de la variable endógena analizada, la desigualdad de Chebyshev permite calcular el intervalo de confianza

² Esto significa que para una simulación de disminución de un 1% en el impuesto de sobre valor agregado en un modelo con veinte productos, podría requerir 3 mil millones² de simulaciones considerando el conjunto de valores 0,5%, 1% y 1,5% solamente. Por esto que es necesario reducir el número de simulaciones y resumir los resultados.

con una determinada probabilidad en la cual se encuentra el resultado de una variable endógena.

Usualmente, el valor medio de una variable endógena sería próximo, pero no idéntico, al valor que hubiera resultado si todas las variables exógenas fueran igualadas a sus respectivas medias. Por eso, los resultados del análisis de sensibilidad pueden ser presentados como una tabla con una fila para cada variable endógena y tres columnas a saber: (1) Resultados obtenidos de la simulación de referencia (variables exógenas igualados a sus valores medios); (2) Valores medios (con variables exógenas inciertas); (3) Desviaciones estándares asociadas al punto (2).

Esto es, en esencia, el análisis de sensibilidad sistemática. El modelo es solucionado varias veces para diferentes valores de los parámetros o choques y la distribución de valores de cada variable endógena es resumida a través de la media y desviación estándar. Con esto es posible inferir información sobre los valores probables e intervalos de las variables endógenas.

El análisis de sensibilidad sistemática puede ser realizado a través de simulaciones aleatorias o vía cuadraturas. Sin la capacidad computacional infinita, es necesario estimar medias y desviaciones para todas las variables endógenas a partir de resultados de un limitado número de soluciones del modelo. Una forma de elegir cual simulación incorporar en la muestra es el popular y tradicional método Monte Carlo que permite obtener valor aleatorio a partir de la distribución de cada variable exógena en análisis. Otro enfoque que demanda menos esfuerzo computacional es el método de optimización o programación. Este método solicita, dadas las distribuciones de “ M ” variables exógenas, lo que es la mejor elección posible de choques en “ N ” simulaciones si se necesita estimar medias y desviaciones estándares para todas las variables endógenas. Un procedimiento para elegir los “ N ” choques calculados de esta forma es generalmente referido como una cuadratura gaussiana. En casos especiales, considerando supuestos sobre el modelo, el número de simulaciones y la distribución de probabilidad de los choques, es posible computar rápidamente los conjuntos de valores de los choques para un número relativamente pequeño de simulaciones que provee estimaciones precisas de medias y varianzas. La principal ventaja es la rapidez pues los cálculos pasarías de horas para milisegundos. El presente trabajo se restringe a comentar sobre las cuadraturas gaussianas de Stroud y de Liu que el programa utilizado para solucionar el modelo de equilibrio general ofrece como opciones para la realización del análisis de sensibilidad sistemática. Estas dos cuadraturas gaussianas asumen: (a) Que los resultados de la simulación se aproximan bien a través de un polinomio de orden tres en la variación de

choques o parámetros; (b) Que los choques o parámetros que varían tienen distribución simétrica.

La implementación del análisis de sensibilidad sistemática en este caso impone restricciones adicionales: (i) Pueden variar choques o parámetros, pero no ambos simultáneamente; (ii) Variaciones de choques y parámetros son independientes o con variación perfectamente correlacionado cuando los grupos de choques y parámetros son especificados por el usuario.

Sea una distribución continua para varias variables. Una cuadratura gaussiana para esta distribución es una distribución discreta cuyos primeros momentos son idénticos a los momentos de la distribución continua. Si las primeras “ d ” momentos coinciden, se dice que la cuadratura es de orden “ d ”. Las cuadraturas gaussianas de Stroud y de Liu son de orden tres. Por tener orden tres, los primeros tres momentos son los mismos que los de la distribución continua. En el primer momento se obtiene la media y en el segundo la desviación estándar y la media. Estas cuadraturas son solamente válidas para distribuciones hechas de una o más distribuciones simétricas que varían independientemente. Si “ N ” cosas están variando independientemente, la cuadratura de Stroud tiene $2N$ puntos en ella. En la cuadratura de Liu tiene $4N$ puntos en ella. Es decir, cuando se elige la cuadratura de Stroud para realizar el análisis de sensibilidad sistemática es necesario solucionar el modelo $2N$ veces. Si elige la cuadratura Gaussiana de Liu es necesario solucionar el modelo $4N$ veces.

Detalles sobre el análisis de sensibilidad sistemática vía cuadratura gaussiana puede ser encontrado en Arndt (1996) y Domingues et al. (2004).

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el análisis de sensibilidad sistemática de los resultados obtenidos por Hasegawa (2008) se ha utilizado la cuadratura gaussiana de Liu para obtener los valores en el rango entre más y menos 50% del valor original del choque de la variable exógena clave o del valor original del parámetro. Se consideró la distribución triangular y se dejó la variación independiente para los casos en que la variable o el parámetro sea un vector. Se calculó un intervalo de confianza con base en la reglas de Chebychev con los promedios y desviaciones estándares calculados para cada variable endógena y considerando un nivel de confianza de 95%. La regla de Chebychev es bastante conveniente pues no se puede definir con seguridad cual es la distribución de probabilidad para cada variable endógena aunque se haya utilizado

la distribución triangular para la obtención de los valores de los parámetros y la variable exógena clave en las simulaciones.

Como el programa utilizado genera resultados para todas las variables endógenas del modelo, se restringe la presentación de los resultados para algunas variables macroeconómicas, empleo y producto sectorial, empleo, salario y producto regional. De esta manera, las tablas 1, 2 y 3 presentan el resultado original, el promedio y la desviación estándar calculada a través del análisis de sensibilidad y el intervalo de confianza con un 95% de confianza.

La mayor o menor sensibilidad del resultado de la variable endógena se verifica a través del valor de la desviación estándar que debería ser analizada juntamente con el valor promedio y el valor original del resultado. Pues en una simulación específica, la sensibilidad puede ser elevada pero el valor promedio o el resultado original para la variable endógena es pequeño. Se puede analizar la sensibilidad de cada una de las variables endógenas con respecto a la variación del choque en la variable exógena clave y a la variación del valor original de los parámetros. Una otra mirada sería evaluar el impacto de la variación de los diferentes choques o parámetros para una variable endógena específica. Es decir, verificar a cuál parámetro o choque la variable en análisis es más sensible.

Tabla 01 - Resultado del análisis de sensibilidad sistemática para variables y parámetros seleccionados con base en el rango de +/- 50% del valor original.

Variables Endógenas Macro	Resultado Original (%)	Media	Desviación Estándar	Intervalo de Confianza a 95% ⁽¹⁾	
				Límite Inferior	Límite Superior
IVA					
Empleo	1,62	1,63	0,1352	1,0208	2,2294
IPC	-0,56	-0,56	0,0540	-0,7982	-0,3154
Importación	0,73	0,73	0,1187	0,1958	1,2570
PIB real	0,64	0,64	0,0527	0,4058	0,8770
Exportación	3,25	3,25	0,3055	1,8797	4,6109
Elasticidad de la demanda por Exportación Individual					
Empleo	1,62	1,62	0,0053	1,6011	1,6485
IPC	-0,56	-0,56	0,0283	-0,6891	-0,4361

Importación	0,73	0,72	0,0377	0,5517	0,8887
PIB real	0,64	0,64	0,0021	0,6322	0,6510
Exportación	3,25	3,24	0,0346	3,0848	3,3942

Elasticidad de la demanda por Exportación colectiva

Empleo	1,62	1,62	0,0440	1,4241	1,8175
IPC	-0,56	-0,56	0,0463	-0,7679	-0,3539
Importación	0,73	0,73	0,0047	0,7057	0,7477
PIB real	0,64	0,64	0,0176	0,5614	0,7188
Exportación	3,25	3,24	0,0629	2,9594	3,5218

Elasticidad Armington: consumo intermedio

Empleo	1,62	1,62	0,0009	1,6205	1,6285
IPC	-0,56	-0,56	0,0049	-0,5788	-0,5350
Importación	0,73	0,73	0,0389	0,5517	0,8995
PIB real	0,64	0,64	0,0009	0,6376	0,6456
Exportación	3,25	3,25	0,0449	3,0444	3,4458

Elasticidad constante de sustitución: factores primarios

Empleo	1,62	1,60	0,1239	1,0479	2,1555
IPC	-0,56	-0,55	0,0447	-0,7477	-0,3481
Importación	0,73	0,72	0,0321	0,5778	0,8648
PIB real	0,64	0,63	0,0491	0,4130	0,8520
Exportación	3,25	3,21	0,2195	2,2244	4,1868

1/ Calculado con base en la desigualdad de Chebychev para un nivel de 95% de confianza.

Fuente: resultados de la investigación.

Tabla 02 - Resultado del análisis de sensibilidad sistemática para las variables nivel de actividad sectorial y empleo por sector con base en el rango de +/- 50% del valor original del choque en IVA.

Resultado Original	Desviación Media	Desviación Estándar	Intervalo de Confianza a 95% ⁽¹⁾	
			Límite Inferior	Límite Superior

(%)

nivel de actividad por sector					
Agropecuaria y Silvicultura	0,46	0,46	0,0974	0,0240	0,8948
Pesca y Extractiva	0,85	0,85	0,1039	0,3889	1,3177
Minería	0,53	0,53	0,0740	0,2023	0,8639
Industrias Manufactureras	0,77	0,77	0,1166	0,2484	1,2908
Electricidad, Gas y Agua	0,29	0,29	0,0288	0,1620	0,4194
Construcción	0,06	0,06	0,0184	-0,0199	0,1445
Comercio	0,99	0,99	0,1054	0,5176	1,4598
Hoteles	0,46	0,46	0,0498	0,2377	0,6829
Restaurantes	0,46	0,46	0,0715	0,1406	0,7798
Transporte y Comunicación	1,13	1,13	0,1620	0,4049	1,8531
Interm. Financieras y Ss.					
Empresariales	1,04	1,04	0,0983	0,5967	1,4755
Propiedad y Vivienda	0,01	0,01	0,0017	0,0002	0,0154
Administración Pública	0,10	0,10	0,0081	0,0607	0,1331
Servicios Sociales y Personales	1,52	1,52	0,1856	0,6892	2,3484
empleo por sector					
Agropecuaria y Silvicultura	1,11	1,10	0,2356	0,0512	2,1574
Pesca y Extractiva	2,00	2,00	0,2468	0,9013	3,1077
Minería	1,87	1,87	0,2629	0,6937	3,0441
Industrias Manufactureras	2,38	2,38	0,3660	0,7422	4,0142
Electricidad, Gas y Agua	1,61	1,61	0,1614	0,8846	2,3276
Construcción	0,12	0,12	0,0352	-0,0385	0,2761
Comercio	2,54	2,55	0,2755	1,3135	3,7765
Hoteles	1,17	1,17	0,1281	0,6020	1,7472
Restaurantes	0,98	0,98	0,1533	0,2968	1,6674
Transporte y Comunicación	2,50	2,50	0,3637	0,8749	4,1263
Interm. Financieras y Ss.					
Empresariales	2,09	2,09	0,2006	1,1951	2,9885
Propiedad y Vivienda	0,58	0,58	0,1252	0,0205	1,1397
Administración Pública	0,12	0,12	0,0103	0,0772	0,1692
Servicios Sociales y Personales	1,64	1,64	0,2009	0,7437	2,5397

1/ Calculado con base en la desigualdad de Chebychev para un nivel de 95% de confianza.

Recibido em: 02/10/2012

Aprovado em: 01/12/2012

Fuente: resultados de la investigación.

Tabla 03 - Resultado del análisis de sensibilidad sistemática para las variables empleo, salario y nivel de actividad sectorial por macro región con base en el rango de +/- 50% del valor original del choque en IVA.

	Resultado		Desviación Estándar	Intervalo de Confianza a 95% ⁽¹⁾	
	Original	Media		Límite Inferior	Límite Superior
Empleo					
Norte	1,48	1,48	0,1205	0,9458	2,0230
Centro	1,51	1,51	0,1263	0,9415	2,0707
Reg.					
Metropolitana	1,74	1,74	0,153	1,0608	2,4286
Sur	1,54	1,54	0,1349	0,9329	2,1389
Salario					
Norte	0,92	0,92	0,0924	0,5063	1,3323
Centro	0,94	0,94	0,0773	0,5954	1,2864
Reg.					
Metropolitana	1,18	1,18	0,106	0,7043	1,6519
Sur	0,97	0,97	0,0828	0,6004	1,3406
Producto					
Norte	0,58	0,58	0,0464	0,3698	0,7846
Centro	0,64	0,64	0,053	0,4006	0,8744
Reg.					
Metropolitana	0,77	0,77	0,0671	0,4722	1,0720
Sur	0,68	0,68	0,0588	0,4138	0,9394

1/ Calculado con base en la Desigualdad de Chebychev con un 95% de confianza.

Fuente: Resultados de la investigación.

En la tabla 1 se presenta los resultados del análisis de sensibilidad de las variables macroeconómicas seleccionadas con base en variación de más y menos 50% de los valores

originales del choque aplicado en variable exógena clave IVA, de los parámetros Elasticidad de la demanda por exportación individual, Elasticidad de la demanda por exportación colectiva, Elasticidad de Armington para consumo intermedio y Elasticidad Constante de Sustitución para factores primarios. Se nota que los resultados son más sensibles a la variación del choque en la variable exógena clave que es el IVA. La más sensible entre los parámetros está la elasticidad constante de sustitución para factores primarios. Entre las variables también se nota diferentes sensibilidades para el choque o para un parámetro específico. Por ejemplo, en el caso del choque en la variable exógena, hay una mayor sensibilidad identificada a través de los valores de la desviación estándar para las variables endógenas empleo, importación y exportación. Existe sensibilidades diferentes también para los parámetros elasticidades de la demanda de exportación individual y colectiva lo que tornar importante el análisis de sensibilidad para el proceso de calibración del modelo. La sensibilidad de los resultados para la variación de las elasticidades Armington muy pequeña lo que es fácilmente explicado por no tener un sector secundario fuerte lo que hace la economía chilena depender fuertemente de las divisas generadas por las exportaciones de productos del sector primario como minerales y productos agropecuarios y de la importaciones de productos manufacturados y bienes de capitales.

En la tabla 3, se verifica que la mayor sensibilidad de la variable endógena a nivel sectorial a la variación del choque en la variable exógena IVA se encuentra en los sectores servicios sociales y personales, transporte y comunicación, industrias manufactureras, comercio y pesca y extractiva. Un patrón similar se encuentra para la variable endógena empleo a nivel sectorial.

Los resultados a nivel de macro región presentados en la tabla 3 para las variables empleo, salario y producto muestran que la región metropolitana es la que presenta mayor sensibilidad aunque para empleo y producto la diferencia no es muy grande.

5 CONCLUSIONES

El análisis de sensibilidad sistemática del resultado obtenido por Hasegawa (2008) que analizó la disminución del IVA en un punto porcentual en un escenario de corto plazo indica que la sensibilidad de las variables endógenas del modelo es más sensible a la variación del choque en la variable exógena clave IVA que la variación en los parámetros del modelo, en su mayoría elasticidades. Entre los parámetros las variables endógenas fueron más sensibles al parámetro elasticidad constante de sustitución de los factores primarios. Por otro

lado los resultados del modelo no resultaron ser muy sensibles a la variación de las elasticidades Armington. Eso es explicado por no existir una industria local fuerte lo que hace muy dependiente del comercio internacional exportando productos típicamente primarios e importando los productos que nos son producidos domésticamente. El análisis de sensibilidad del resultado de la reducción del IVA en un punto porcentual en el escenario de corto plazo muestra que los sectores más sensibles son industrias de manufactura, comercio, pesca extractiva, transporte y comunicaciones, servicios sociales y personales.

El análisis de sensibilidad a nivel regional muestra que la Región Metropolitana parece ser la más sensible a la variación del choque en el IVA aunque la diferencia en relación a las demás regiones no tan pronunciada. Para una investigación futura se sugiere un análisis de sensibilidad sistemática de la reducción del IVA en un punto porcentual en un escenario de largo plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNDT, C. (1996) *An introduction to systematic sensitivity analysis via Gaussian quadrature* (GTAP Technical Paper, 2) Purdue University, West Lafayette

AROCA, P.; HEWINGS, G. J. D.; PAREDES, J. (2001) Migración Interregional y el Mercado Laboral en Chile: 1977-82 y 1987-92 *Cuadernos de Economía* 38: 321-345.

AROCA, P.; BOSCH, M. (2000) Crecimiento, Convergencia y Espacio en las Regiones Chilenas: 1960-1998, *Estudios de Economía* 27: 199-224.

AROCA, P.; HEWINGS, G. J. D.; VIAL, J. F. (1999) *Regional Wage Differentials in Chile* (Working Paper REAL 99-T-13, Regional Economics Applications Laboratory), University of Illinois, Urbana-Champaign.

BERGMAN, L. (1990) The Development of Computable General Equilibrium Modeling, In: Bergman, L.; Jorgenson, D.; Zalai, E. *General Equilibrium Modeling and Economic Policy Analysis*, Basil Blackwell, Oxford.

CADEMARTORI, J., ÁLVAREZ, F., LUFÍN, M. (2001) Evaluación del desarrollo económico y social de las regiones de Chile: Una comparación con la región de Antofagasta, 1990-1998. *Revista de Economía & Trabajo* 11: 9-37.

CLARO, S. (2003) A cross-country estimation of the elasticity of substitution between labor and capital in manufacturing industries. *Cuaderno de Economía*, 40: 239-57.

COEYMANS, J. E.; LARRAÍN, F. (1994) Efectos de un acuerdo de libre comercio entre Chile y Estados Unidos: un Enfoque de equilibrio general. *Cuaderno de Economía*, 31: 357-99.

DÍAZ, R.; PARDO, A.; MELLER, P. (2002) *Análisis Económico-Descriptivo de las regiones Chilenas* (Serie Economía, 133, Departamento de Ingeniería Industrial) Universidad de Chile, Santiago.

DIXON, P.B.; PARMENTER, B. R. (1996) Computable general equilibrium modeling for policy analysis and forecasting. In: Amman, H. M.; Kendrick, D. A.; Rust, J. *Handbook of computational economics*, Elsevier Science, Amsterdam.

DIXON, P. B.; PARMENTER, B. R.; SUTTON, J.; VINCENT, D. P. (1982) *ORANI: a multisectoral model of the Australian economy*. North-Holland, Amsterdam.

DOMINGUES, E. P.; HADDAD, E. A.; HEWINGS G. J. D.; Sensitivity Analysis in Applied General Equilibrium Models: an Empirical Assessment for Mercosur Free Trade Areas Agreements. Urban-Champaign: Regional Economics Applications Laboratory, University of Illinois at Urban-Champaign, 2004, 26p. (Working Paper, REAL 04-T-4, April 2004).

HARRISON, G. W.; RUTHERFORD, T. F.; TARR, D. G. (2002) Trade policy options for Chile: the importance of market access. *The World Bank Economic Review*, 16: 49-79.

HASEWAGA, M. M. The tax policy in the Chilean economy: a regional applied general equilibrium analysis. In: VIII Congreso Internacional de la Asociación Internacional de Ciencia Regional (RSAI) realizado en la Faculdade de Economia e Administração (FEA) de la Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, Brasil, 17 y 19 de Marzo de 2008. Proceedings. ([http:// www.aber.fea.usp.br/ rsai2008/ new/ imgcds/ RSAI_2008/ autores.htm#4](http://www.aber.fea.usp.br/rsai2008/new/imgcds/RSAI_2008/autores.htm#4))

HOLLAND, D.; FIGUEROA, E. B.; ALVAREZ, R.; GILBERT, J. (2003) *On the removal of agricultural price band in Chile: a general equilibrium analysis*. (Working Paper, 244) Banco Central de Chile, Santiago.

HORRIDGE, J. M. (2003) *ORANI-G: A Generic Single-Country Computable General Equilibrium Model*. (Material used in the Practical GE Modelling Course June 23-27, 2003. Centre of Policy Studies) Monash University, Clayton.

LEONTIEF, W.; MORGAN, A.; POLENSKE, K.; SIMPSON, D.; TOWER, E. (1965) The Economic Impact – Industrial and Regional – of an Arms Cuts. *Review of Economics and Statistics*, XLVII: 217-241.

MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. (1985) *Input-output analysis: foundations and extensions*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.

O'RYAN, R.; MIGUEL, C.; MILLER, S. (2003) *The ECOGEM-CHILE model: a CGE model for environment and trade policy analysis*. (Working Paper, 247) Banco Central de Chile, Santiago.

PARTRIDGE, M. D.; RICKMAN, D. S. (1998) Regional computable general equilibrium modeling: a survey and critical appraisal. *International Regional Science Review*, 21: 205-48.

Sampaio, M. C. (2004) Tributação do consumo no Brasil: aspectos teóricos e aplicados, In: Biderman. C.; Arvate, P. *Economia do Setor Público no Brasil*. Elsevier, Rio de Janeiro.

SCHENONE, O. H. (2003) Las tres G: Gobernar es gravar para gastar – gobernar eficientemente es gravar y gastar eficientemente. *Cuaderno de Economía*, 40: 111-48.

SOTO, R.; TORCHE, A. (2004) Spatial Inequality, Migration, and Economic Growth in Chile. *Cuaderno de Economía*, 41: 401-24.

VIAL, J. F.; LUFIN, M.; HEWINGS, G.J.D. (2005) Regional Wage Differentials in Chile. In Aroca, P.; Hewings, G. J. D. *Structure and Structural Change in the Chilean Economy*, Ashgate, Aldershot.