Modelo para la estimación del impacto en la caída de la actividad económica asociada a la cuarentena en Chile

Felipe Balmaceda (Departamento de Economía, Universidad Diego Portales)
Nicolás Figueroa (Instituto de Economía, Universidad Católica)
Nicolás Garrido (Departamento de Economía, Universidad Diego Portales)

Introducción

Este apéndice técnico tiene como propósito explicar el modelo que se utilizó para estimar el impacto económico de la cuarentena administrada por el gobierno nacional y las municipalidades del país para reducir los efectos de la pandemia del COVID-19 en Chile.

El modelo se diseñó con el propósito de proveer de consistencia a diferentes fuentes de información. El punto de partida es la información de Contabilidad Nacional provista por el Banco Central, que se ajustó con información de movilidad obtenida por el uso de teléfonos celulares de las personas durante las semanas de la cuarentena, información sobre la posibilidad de realizar en forma remota las ocupaciones, y sobre lo esencial de las ocupaciones de la economía. También se empleó información sobre las políticas fiscales adoptadas para contrarrestar los efectos negativos, y la información sobre las variaciones de comercio exterior que registró el país.

La integración de toda esta información se presenta en forma ordenada considerando diferentes métodos de la literatura entre los que se destacan las propuestas realizadas por los trabajos de (Haddad, Perobelli, and Araújo 2020) y (del Rio-Chanona et al. 2020).

Este informe esta ordenado en cinco secciones. En la primera sección se presentará una perspectiva general del modelo, con el propósito de desarrollar un marco general. En segundo lugar se presentará como se integró información desde diferentes fuentes para calcular la contracción de la oferta agregada. Posteriormente en la sección tres se explica como se analizaron los efectos sobre la demanda final. En la sección cuatro se presenta el método adoptado para realizar la estimación de las matrices de insumo y producto regional y finalmente se expone como se integran todos los cambios para presentar la información del impacto para cada semana de la cuarentena.

Modelo

El modelo utilizado para analizar los cambios se remite a los multiplicadores de Leontief de manera que la caída de actividad se aproxima por

$$\Delta \boldsymbol{x}_t = \boldsymbol{L}_{\tau'} \boldsymbol{f}_{\tau} - \bar{\boldsymbol{L}}_t \bar{\boldsymbol{f}}_t \tag{1}$$

Donde $\Delta \boldsymbol{x}_t$ es el cambio en el valor bruto de la producción que se registra en un grupo *n* de sectores en el período t y un período base de referencia τ. Como se señala en la ecuación la contracción es explicada por la diferencia entre la producción bruta realizada en forma normal $\boldsymbol{L}_\tau \boldsymbol{f}_\tau$ y la contracción que se produjo como consecuencia de la cuarentena en el intercambio de bienes intermedios para la producción representada por $\bar{\boldsymbol{L}}_t$ y la contracción en la demanda final expresada por $\bar{\boldsymbol{f}}_t$ constituyendo así la producción bruta restringida como $\bar{\boldsymbol{L}}_t \bar{\boldsymbol{f}}_t$.

En las siguientes secciones se explicarán como se estimaron los valores del nuevo vector de demanda final $\bar{\boldsymbol{f}}_t$ y los cambios producidos en la contracción de la oferta representado por $\bar{\boldsymbol{L}}_t$.

Cambios en la oferta

La actividad económica se asume que está determinada por la interacción de n sectores, donde cada sector utiliza para producir insumos provenientes desde los otros sectores en adición al uso de los factores capital y trabajo. Así el valor bruto de la producción generado por el sector i en la región *r* se puede expresar de la siguiente manera

$$x_i^r = \min\{a_{Li}^r l_i^r, a_{Ki}^r k_i^r, a_{1i}^r x_1^r, \ldots, a_{ni}^r x_n^r, a_{1i}^{-r} x_1^{-r}, \ldots, a_{ni}^{-r} x_n^{-r}\} \qquad (2)$$

Donde l_i^r y k_i^r representa la mano de obra y el capital utilizado por el sector i en la región *r*, a_{Li}^r y a_{Ki}^r es la productividad del trabajo y el capital en el sector *i* de la región *r* respectivamente. En adición el sector *i* utiliza producción de todos los otros sectores *j*, con $j = 1..n$ y las otras regiones del país representado por *-r*. Los coeficientes técnicos a_{ji}^r representan la proporción del valor bruto de la producción del sector *j* en la región *r* que se destina a la producción del sector *i*.

La cuarentena redujo la movilidad de los trabajadores, y en consecuencia se redujo también la posibilidad de realizar sus ocupaciones en sus puestos de trabajo. El efecto inmediato de esta reducción es que el número de personas que producen en el sector i es reducido. Esta reducción de movilidad restringe la producción, generando una contracción en la producción sectorial que se difunde a través de toda la red de producción.

La posibilidad de realizar su ocupación por parte de un trabajador depende de si su ocupación puede ser realizada en forma remota, o si su ocupación es categorizada como esencial. Junto a estos dos indicadores, existe información del flujo de personas provistas por la información de movimientos de celulares.

Para estimar la posibilidad de realizar en forma remota una tarea se utilizó un índice utilizado por (del Rio-Chanona et al. 2020) usando las ocupaciones de O*NET para estimar probabilidad de hacer un trabajo en forma remota. Se construyó una tabla de equivalencias con los códigos de oficios a 4 dígitos en CASEN 2017, y se resolvieron los problemas de múltiples repeticiones entre Standar Occupational Classification (SOC 2018) y Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (CIUO) 1988. En particular cuando a cada clasificacion de la CIUO 88 le correspondía mas de una de las SOC 2018, se toma el promedio de las categorías.

Tabla 1: Posibilidad de hacer la ocupación en forma remota

Codigo	**Descripción**	**Indice**
3412	Agentes de Seguro	0.88
2121	Matemáticos y afines	0.87
2444	Filólogos, traductores	0.87
4144	Escribientes públicos y afines	0.87
3442	Funcionarios del Fisco	0.85
3411	Agentes de Bolsa	0.83
3415	Representantes Comerciales y técnicos de venta	0.83
4215	Cobradores y afines	0.82
2451	Autores, periodistas y otros escritores	0.82
2122	Estadísticos	0.82
4122	Empleados de servicios estadísticos	0.81
3340	Otros maestros de nivel medio	0.81
…	…	…
9321	Peones de montaje	0.058
7416	Elaboradores de Tabaco	0.055
7436	Costureros, bordadores y afines	0.055
8151	Op. De instalaciones quebrantadores	0.055
8275	Op. De máquinas frutas	0.055
8277	Op de máquinas para elaborarcafé	0.055
8278	Op. De máquinas para vinos y cervezas	0.055
8153	Op de equipos de filtración	0.052
7131	Techadores	0.050
8222	Op de máquinas para explosivos	0.047
7322	Sopladores, Modeladores, cortadores de vidrio	0.045
9312	Peones de obras públicas	0.043
9313	Peones de construcción	0.043
8111	Op. De Instalaciones Mineras	0.038

El Ministerio de Economía ha definido una lista de rubros dentro de cada sector que son esenciales, por lo que pueden seguir trabajando durante la cuarentena[1]. Los sectores tienen una larga lista de ocupaciones, por lo que para traducir la referencia se realizó un emparejamiento aproximado entre las ocupaciones y los sectores disponibles. El indicador

[1] El link donde se encuentra esta información es https://www.economia.gob.cl/2020/05/15/ministro-palacios-detalla-plan-de-funcionamiento-de-empresas-y-sectores-clave-que-operaran-en-cuarentena.htm

República 695, Santiago Centro, Chile.
+56 2 2689 4429 / +56 2 2689 4403
contacto@isci.cl

de esencialidad señala la fracción de personas con la ocupación que deben trabajar durante la cuarentena. Así, por ejemplo en la Tabla 2 se presenta una lista reducida de las ocupaciones mas esenciales, y las menos esenciales.

Tabla 2: Indicador de esencialidad de cada ocupación

Código	**Descripción**	**Indice**
110	Fuerzas Armadas	1
1110	Miembros del Poder Ejecutivo y Legisl	1
1318	Gerentes de Empresas de Serv Pers	1
2310	Profesores de universidad y ens sup.	1
2320	Profesores de secundaria	1
2340	Maestros e instructores de nivel superior	1
2422	Jueces	1
5143	Personal de Pompas funebres	1
5162	Policías	1
5163	Guardianes de Prisión	1
2460	Sacerdotes	0.99
2222	Odontólogos	0.99
2331	Maestros de nivel superior a la primaria	0.99
3421	Agentes de compras y consignatarios	0.059
7135	Cristaleros	0.056
5113	Guías	0.030
7131	Techadores	0.028
8121	Op de hornos de minerales	0.021
8122	Op de hornos de segunda fusión	0.021

La combinación de estas dos informaciones permite obtener una estimación de la movilidad de las ocupaciones.

Sea T_{ij} el total de trabajadores que llevaban a cabo la ocupación *i* en la comuna *j* antes de la cuarentena. Según la información presentada mas arriba existe un número de esas ocupaciones que pueden realizarse en forma remota, y al mismo tiempo otras que deben realizarse con mayor probabilidad ya que son identificadas como esenciales. Notar que es posible estimar el número de trabajadores T_{ij}^m que realizan la ocupación *i* y que deberían movilizarse en la comuna *j* como

$$T_{ij}^m = T_{ij} e_i (1 - r_i)$$

Donde e_i y r_i es la proporción de personas en la ocupación *i* cuyo trabajo es esencial, y la proporción de personas en la ocupación *i* cuyos trabajadores pueden realizar su actividad en forma remota. Así, noten que la ecuación señala que los trabajadores en la ocupación *i* de la comuna *j* que se deberían estar movilizando son los de ocupaciones esenciales e_i que no pueden hacer su tarea en forma remota $(1 - r_i)$.

El número de trabajadores que actualmente cumplen con su ocupación *i* en la comuna *j* está determinado por la suma de trabajadores que realizan su tarea en forma remota y los que se están movilizando. Así, se puede expresar el total de personas cumpliendo con su ocupación *i* como

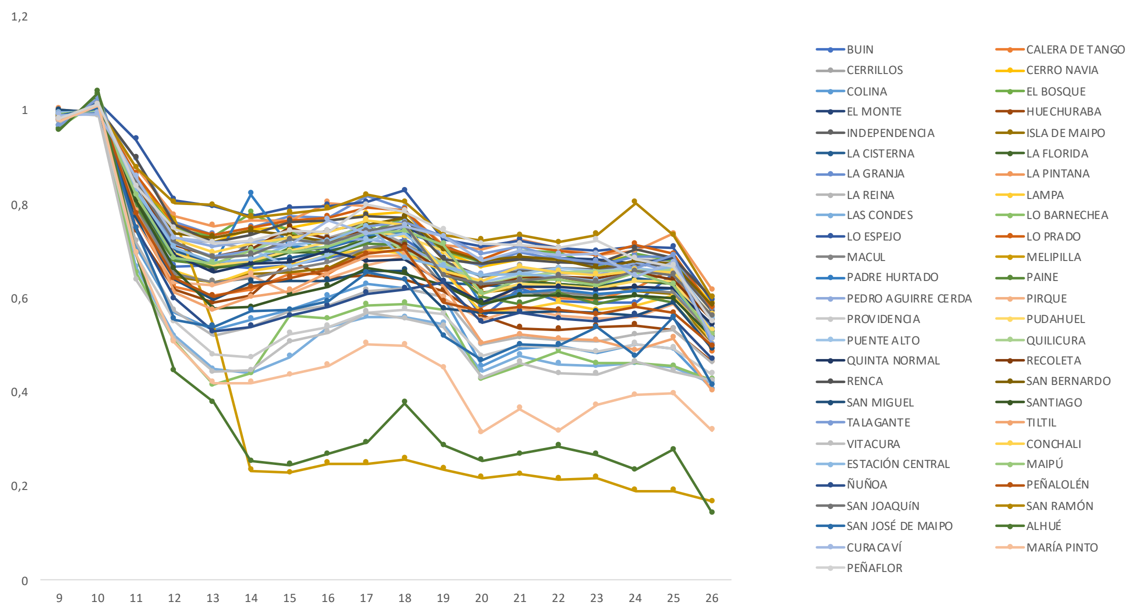
$$T_{ij}^{c} = T_{ij}^{m} + T_{ij} r_i$$

o sustituyendo,

$$T_{ij}^{c} = T_{ij}(e_i + r_i - e_i r_i)$$

En adición a la información sobre lo esencial y remoto de las tareas se tiene también información sobre la movilidad de las personas en teléfonos celulares. Por ejemplo en la Figura 1 se presenta la información sobre la movilidad de los teléfono celulares que existió en Santiago desde la semana 9 del año.

Figura 1: Movilidad de teléfonos celulares en las comunas de Santiago



Así se puede observar que desde el inicio de cuarentena que se registró en la semana 11 del año existió una notable caída en la movilidad de las personas. Se denomina con $m_{j,t}$ el número de personas que se movilizaron durante la semana t en la comuna j. Con esta información es posible calcular la caída en la movilidad de las personas en relación a la semana 10 donde todavía no había cuarentena en el país

$$\alpha_{j,t} = \frac{m_{j,t}}{m_{j,10}}$$

Combinando la información de movilidad de teléfonos en una comuna j, con la información sobre la movilidad estimada por los indicadores de remoticidad y esencialidad de las ocupaciones debería observarse la siguiente relación

$$\frac{\sum_{i=1}^{n} T_{ij}^{m}}{T_j} \approx \alpha_{j,t}$$

Donde $T_j = \sum_{i=1}^{n} T_{ij}$ es el total de trabajadores identificados en la comuna j.

Cada ocupación es utilizada en los sectores de la economía con diferente intensidad. En los tiempos normales, que denominamos como 0, representamos a los trabajadores que hacen la ocupación i, en el sector s de la región r como $l_{s,i,0}^{r}$. Con esta información es posible representar una distribución de la ocupación *i* entre los 12 sectores de la economía, que se calculan como

$$\delta_{i,s}^{r} = \frac{l_{s,i,0}^{r}}{\sum_{j=1}^{12} l_{j,i,0}^{r}}$$

tal que para cada ocupación *i* se verifica que

$$\sum_{s=1}^{12} \delta_{i,s}^{r} = 1$$

República 695, Santiago Centro, Chile.
+56 2 2689 4429 / +56 2 2689 4403
contacto@isci.cl

Para estimar la caída en la actividad en cada sector, se utiliza la información obtenida hasta aquí de la siguiente manera.

En primer lugar se asume que la producción de bienes intermedio de un sector durante el período previo a la cuarentena, o período 0, estaba determinado por

$$y_{s,0}^{r} = \prod_{i=1}^{n} \left(l_{s,i,0}^{r}\right)^{\beta_i^r}$$

Donde β_i representa la elasticidad de la ocupación i a la producción en la región y se calcula como,

$$\beta_i^r = \frac{w_{s,i}^r l_{s,i,0}^r}{\sum_{j=1}^{12} w_{j,i}^r l_{j,i,0}^r}$$

En la semana t, la producción de bienes intermedio será determinado por

$$y_{s,t}^{r} = \prod_{i=1}^{n} \left(l_{s,i,t}^{r}\right)^{\beta_i^r}$$

Donde $l_{s,i,t}^r$ es el número de trabajadores en el sector s, que ejercen la ocupación i, en la región r en el tiempo t. Esta cantidad de trabajadores se obtiene como,

$$l_{s,i,t}^r = \delta_{i,s}^r \sum_{j \in r} T_{i,j}^c$$

Donde j representa las comunas de la región r.

De esta manera, es posible estimar la caída en la producción de bienes intermedios en el sector s como $\rho_s^r = \frac{y_{s,t}^r}{y_{s,0}^r}$.

Luego esta información se utilizó para ajustar los coeficientes técnicos en (2), tal que la nueva producción de bienes intermedio estará determinada por

$$\overline{a_{i,j}^r} = \min\{\rho_i^r, \rho_j^r\}\, a_{ij}^r$$

Dando lugar a la matriz de coeficientes técnicos $\overline{\boldsymbol{A}}$ que da lugar a calcular

República 695, Santiago Centro, Chile.
+56 2 2689 4429 / +56 2 2689 4403
contacto@isci.cl

Tal que el nuevo valor bruto de la producción estará determinado por

$$\overline{x_i^r} = \min\{a_{Li}^r l_i^r, a_{Ki}^r k_i^r, \overline{a_{1\iota}^r} x_1^r, \dots, \overline{a_{n\iota}^r} x_n^r, \overline{a_{1\iota}^{-r}} x_1^{-r}, \dots, \overline{a_{1\iota}^{-r}} x_n^{-r}\} \quad (3)$$

Cambios en la Demanda Agregada

En esta sección se explican como se obtuvo el gasto en la demanda final $\boldsymbol{f}_\tau$ del período base y el gasto restringido $\overline{\boldsymbol{f}}_t$ que se obtiene como consecuencia de la cuarentena en la ecuación (1).

Se considera una aproximación a la demanda agregada representada por $f = C + I + G + E$. Se realizaron ajustes en cada una de las componentes del gasto, y estas se desarrollan a continuación.

Los valores de todas las componentes del gasto para la demanda final base se obtiene a partir de los datos de las cuentas nacionales elaboradas por el Banco Central de Chile para el año 2019. Así, empleando la notación se puede escribir $\boldsymbol{f}_{\tau=2019}$.

Consumo de los hogares

El cambio en el consumo esta determinado por el ingreso que se dejó de percibir en la economía como consecuencia de la caída en el número de presonas que dejaron de trabajar. Así se calcula la caída inicial en el consumo de los hogares de una comuna j como

$$\Delta w_j = w_{ij}\left[\sum_{i=1}^{n} T_{ij} - \sum_{i=1}^{n} T_{ij}^{c}\right]$$

Donde T_{ij} es el número de trabajadores que se encontraban activos en la semana previa a la cuarentena y T_{ij}^c es el número de trabajadores que mantuvieron su trabajo durante la cuarentena con la ocupación i en la comuna j. El salario de los trabajadores en la ocupación i de la comuna j se representa como w_{ij}.

Las cuentas nacionales del Banco Central de Chile, indican de que manera los hogares distribuyen sus gasto en consumo entre 111 sectores, de manera tal que se puede asumir como una aproximación a la solución del problema de consumo de los hogares

República 695, Santiago Centro, Chile.
+56 2 2689 4429 / +56 2 2689 4403
contacto@isci.cl

$$\max_{x_1..x_{111}} U(x_1, \dots, x_{111}) = x_1^{\gamma_1} x_2^{\gamma_2} \dots x_{111}^{\gamma_{111}}$$

Sujeto a $\sum_{i=1}^{111} p_1 x_1 = Y^r$

Como durante la cuarentena existen cambios en el patrón de consumo de los hogares, se implementaron estos cambios en el vector de parámetros $\boldsymbol{\gamma}$ de manera que el nuevo vector de parámetros durante la cuarentena en la semana t será $\boldsymbol{\gamma_t}$.

Así, se asume que el nuevo problema de los hogares en una región r esta determinado por

$$\max_{x_1..x_{111}} U(x_1, \dots, x_{111}) = x_1^{\gamma_1'} x_2^{\gamma_2'} \dots x_{111}^{\gamma_{111}'}$$

Sujeto a $\sum_{i=1}^{111} p_1 x_1 = Y^r - \sum_{j=1}^{M^r} \Delta w_j$

Con $\gamma_1' \in \boldsymbol{\gamma_t}$.

Las acciones del gobierno para contrarestar los efectos de la pandemia sobre la demanda agrega han sido múltiples y en diferentes períodos. El programa de protección de Empleo (Abril, Mayo, Junio), la inyección de liquidez para apoyar a las empresas (Abril, Mayo, Junio); el apoyo a los ingresos de la familia (Abril, Mayo, Junio), los aportes directos para la clase media (Julio, Agosto, Septiembre) y finalmente el retiro Fondos AFP (Agosto a Diciembre). Todas esta acción del gobierno hace que realmente el problema que resuelven los hogares sea

$$\max_{x_1..x_{111}} U(x_1, \dots, x_{111}) = x_1^{\gamma_1'} x_2^{\gamma_2'} \dots x_{111}^{\gamma_{111}'}$$

Sujeto a

$$\sum_{i=1}^{111} p_1 x_1 = Y^r - \sum_{j=1}^{M^r} \Delta w_j + \Gamma^r$$

Con $\gamma_1^{\prime} \in \boldsymbol{\gamma_t}$ y Γ_t^r definido como el total de acciones del gobierno implementado durante la semana t.

Por lo tanto el vector de consumo de los hogares durante la cuarentena C_t^r quedará determinado por

$$c_s^r = \gamma_1{}' \left[Y^r - \sum_{j=1}^{M^r} \Delta w_j + \Gamma^r \right]$$

Con $c_s^r \in C_t^r$.

Cambio en las exportaciones

Los cambios en las exportaciones fueron introducidos a partir de la información del Banco Central para cada período de trabajo. Se asume que las caídas en las exportaciones es equivalente a la caída registrada en las exportaciones este año con respecto al año anterior.

Así, para tener una idea del efecto agregado la caída de las exportaciones durante el primer trimestre del año 2020 ha sido de un 4.9%, y durante el segundo semestre de un 2.4%. La información disponible del Banco Central permite realizar este cálculo en forma mensual y para un grupo grande de bienes y servicios.

Cambio en las Inversiones

Se asume que la caída en las inversiones es equivalente a la caída en la actividad económica de cada sector. Así la inversión en el sector s de la región r estará determinado por

$$\overline{I_s^r} = \rho_s^r I_s^r$$

Cambios en el Gasto del Gobierno

Los cambios de gastos del gobierno está determinado por el gasto adicional realizada por el gobierno durante el período. Se asume que el gasto del gobierno creció en forma proporcional en todos los sectores de la economía.

Siguiendo las indicaciones especificadas es posible calcular la nueva demanda final como,

$$\bar{f}_t^r = C_t^r + I_t^r + G_t^r + E_t^r \tag{4}$$

Matrices de Insumo- Producto Multirregional (MRIO) para Chile

Para llevar a cabo el objetivo de este trabajo, tanto para el análisis de la distribución del valor agregado como la interdependencia económica que subyace a la espacialidad de las regiones una vez que sea altera la demanda de un sector de la economía, se propone el uso de Multiplicadores del Ingreso en un contexto multirregional (MRIO). Matrices de Insumo-Producto para la región de Santiago y el resto de las otras Regiones, estimaciones del comercio inter e intrarregional, funciones de consumo de los agentes involucrados, como apropiación del valor agregado según región en la cual se altera la demanda agregada sectorial, son desafíos metodológicos que este trabajo busca abordar. Una vez que se consta con los "inputs" recién mencionados, se procederá a la réplica de multiplicadores de ingresos multirregionales y un subsecuente análisis con la información que presentan los resultados.

Se emplea una variación del método de propuesto por (Kronenberg 2009). Las modificaciones al método de CHARM se implementan teniendo en cuenta la información disponible.

La economía está conformada por i sectores donde $\mathrm{x_i}$ es el producto total del sector i , $\mathrm{f_i}$ es el demanda final para el producto del sector i y $\mathrm{z_{i,j}}$ representa las ventas interindustriales (compra/ventas intermedias) para el sector i. En términos matriciales se tiene:

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \quad , \qquad \mathbf{Z} = \begin{bmatrix} z_{11} & \cdots & z_{n1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{1n} & \cdots & z_{nn} \end{bmatrix} \quad , \qquad \mathbf{f} = \begin{bmatrix} f_1 \\ \vdots \\ f_n \end{bmatrix}$$

La producción nacional está distribuida a través de las ventas a otros sectores y la demanda final nacional queda definida como :

$$\mathbf{x}^n = \mathbf{Z}^n i + \mathbf{f}^n \tag{5}$$

La definición de ventas y compras sectoriales intermedias es relevante, siendo éstas calculadas como $\mathbf{Z}^n i = \mathbf{z}^{dn}$ and $i' \, \mathbf{Z}^n = \mathbf{z}^{un}$ respectivamente, donde *i* es un vector fila unitario.

República 695, Santiago Centro, Chile.
+56 2 2689 4429 / +56 2 2689 4403
contacto@isci.cl

La demanda final se descompone en exportaciones extranjeras y demanda nacional, es decir, $\mathbf{f}^n = \mathbf{d}^n + \boldsymbol{e}^n$. Por otro lado, (1) se puede expresar como:

$$\mathbf{x}^n = \mathbf{z}^{dn} + \mathbf{d}^n + \boldsymbol{e}^n. \quad (6)$$

La producción nacional de los sectores se encuentra dividida entre el valor agregado y las compras intermedias llevadas a cabo por cada sector. En lo concreto:

$$\mathbf{y}^n = \mathbf{v}^n + \mathbf{z}^{un} \quad (7)$$

donde $\mathbf{v}^n$ y $\mathbf{z}^{un}$ representan el valor agregado y las compras intermedias de los sectores. Los gastos totales de cada uno de los sectores están dados por la producción local y las importaciones $\mathbf{m}^n$ llevadas a cabo por cada sector, por lo que:

$$\mathbf{s}^n = \mathbf{v}^n + \mathbf{z}^{un} + \mathbf{m}^n. \quad (8)$$

Las economías regionales tienen que cumplir las identidades definidas en (2) y (4). Por otro lado, las regiones pueden importar o exportar desde otras regiones dentro del país, o bien, exportar o importar desde otros países. Así, para enfatizar este nivel de desagregación, ambas ecuaciones quedan establecidas como:

$$\mathbf{x}^r = \mathbf{z}^{dr} + \mathbf{d}^r + \boldsymbol{e}^{rn} + \boldsymbol{e}^r \quad (9)$$

$$\mathbf{s}^r = \mathbf{v}^r + \mathbf{z}^{ur} + \mathbf{m}^{rn} + \mathbf{m}^r \quad (10)$$

donde $\boldsymbol{e}^{rn}$ y $\boldsymbol{e}^r$ son las exportaciones a otros países y exportaciones a otras regiones al interior del país, respectivamente. Así mismo, $\mathbf{m}^{rn}$ y $\mathbf{m}^r$ son las importaciones desde otros países y regiones respectivamente.

La producción total de un sector es igual a sus gastos o la oferta total es igual al consumo total. Esto significa que $\mathbf{x}^r = \mathbf{y}^\mathrm{r}$. Usando esta identidad, las exportaciones netas $\boldsymbol{b}^r = \boldsymbol{e}^r - \mathbf{m}^r$ para una región *r* puede ser expresada como:

$$\mathbf{b}^\mathrm{r} = \mathbf{y}^r + \mathbf{m}^\mathrm{rn} - (\mathbf{z}^{dr} + \mathbf{d}^r + \boldsymbol{e}^{rn}) \quad (11)$$

De acuerdo a Kronenberg (2009), el mecanismo de “cross-hauling” regional se puede aproximar haciendo,

$$\mathbf{q}^r = \mathrm{h}\,(\mathbf{y}^{\mathrm{r}} + \mathbf{z}^{dr} + \mathbf{d}^r\,) \tag{12}$$

donde se asume que el "cross-hauling" es proporcional a la suma de la producción doméstica $\mathbf{y}^{\mathrm{r}}$ y el gasto local total $\mathbf{z}^{dr} + \mathbf{d}^r$. El factor de proporción h está dado por una medida del grado de heterogeneidad del producto nacional calculado como:

$$h = \frac{\mathbf{e}^n + \mathbf{m}^n - |\boldsymbol{b}^n|}{\mathbf{y}^{\mathrm{n}} + \mathbf{z}^{dn} + \mathbf{d}^n} \tag{13}$$

Las exportaciones e importaciones regionales quedan definidas por:

$$\mathbf{m}^r = \frac{|\boldsymbol{b}^r| + \mathbf{q}^r - \boldsymbol{b}^r}{2} \tag{14}$$

$$\mathbf{e}^r = \frac{|\boldsymbol{b}^r| + \mathbf{q}^r + \boldsymbol{b}^r}{2} \tag{15}$$

Se establece la ecuación (3) en términos regionales como $\mathbf{y}^r = \mathbf{v}^r + \mathbf{z}^{ur}$. El valor agregado sectorial $\mathbf{v}^r$ de las regiones se obtiene desde el Banco Central de Chile y la producción regional del sector *i* en la región *r* se estima como una proporción del valor nacional, según la siguiente relación:

$$\mathbf{y}_i^r = \frac{\mathbf{v}_i^r}{\mathbf{v}_i^n}\,\mathbf{y}_i^n\,,$$

por tanto, con esta información, las compras regionales intermedias $\mathbf{z}^{ur}$ son calculadas como:

$$\mathbf{z}^{ur} = \mathbf{y}^{\mathrm{r}} - \mathbf{v}^{\mathrm{r}}$$

Las compras intermedias se distribuyen dentro de una matriz de transacciones, usando la distribución de los coeficientes técnicos nacional. Esto es,

$$\mathbf{Z}^{\mathbf{r}} = \mathbf{dA}^{\mathrm{n}}\hat{\mathbf{z}}^{ur}$$

donde la matriz de distribución $\mathbf{dA}^{\mathrm{n}}$ se calcula como:

$$\mathbf{dA}^n = \mathbf{A}^n * (\widehat{\boldsymbol{\iota}'\mathbf{A}^n})^{-\mathbf{1}}$$

República 695, Santiago Centro, Chile.
+56 2 2689 4429 / +56 2 2689 4403
contacto@isci.cl

$\mathbf{A}^n$ es la matriz de coeficientes técnicos, $\boldsymbol{i}$ es un vector unitario y ^ la diagonal del vector. Notar que, según lo anterior, la suma de las matrices de transacciones regionales es igual a la suma de la matriz de transacción nacional, es decir,

$$\sum_{r=i}^{R} \mathbf{Z}^{\mathrm{r}} = \mathbf{Z}^{\mathbf{n}}$$

Ahora bien, el vector de demanda intermedia puede ser calculado de acuerdo a la siguiente relación:

$$\mathbf{z}^{\mathbf{dr}} = \mathbf{Z}^{\mathrm{r}}\boldsymbol{i}$$

La demanda regional se obtiene como una proporción de la demanda nacional, de acuerdo al empleo regional de cada región, esto es:

$$\mathbf{d}^{\mathbf{r}} = \frac{(\boldsymbol{l}^{\boldsymbol{r}})'\boldsymbol{i}}{(\boldsymbol{l}^{\boldsymbol{n}})'\boldsymbol{i}}\ \mathbf{d}^{\mathbf{n}}$$

donde $\boldsymbol{l}^{\boldsymbol{r}}$ y $\boldsymbol{l}^{\boldsymbol{n}}$ es el vector de empleo regional y nacional para cada uno de los sectores de la economía, respectivamente.
Finalmente, las importaciones $\mathbf{m}^{rn}$ y exportaciones $\boldsymbol{e}^{rn}$, de cada región a otros países son obtenidas del Instituto Nacional de Estadísticas (INE). Con toda esta información, es posible el cálculo desde las ecuaciones (7) a la (11).

Comercio Interregional

El método de CHARM introducido anteriormente calcula los vectores interregionales de exportación e importación para todas las regiones. Formalmente,

$\mathbf{e}^r$ y $\mathbf{m}^r \quad \forall r = 1..R$

Así, $\mathbf{e}_i^r$ representa la exportación total de bienes del bien i realizadas por la región r ; y $\mathbf{m}_i^r$ representa el total de importaciones del bien i realizadas por la región r.

Estos vectores no contienen información sobre cual es la región que recibe las exportaciones, ni tampoco la región que producen los bienes o servicios que acaban siendo importados a otras regiones.

Se define $t_i^{r,s}$ como las exportaciones de la región r a la región s del bien i. Notar que:

$$\sum_{s=1}^{R} t_i^{r,s} = e_i^r,$$

lo que significa que el total de exportaciones del bien i generado por la región r están distribuidas entre todas las regiones. Así mismo, la identidad contable para las importaciones está dada por:

$$\sum_{s=1}^{R} t_i^{s,r} = m_i^r.$$

Ahora bien, se define $\boldsymbol{T}_i$ como la matriz que representa todo el comercio entre las regiones para el bien i. La siguiente tabla ilustra la información que contiene la matriz $\boldsymbol{T}_i$:

		Destino				Total
		1	*2*	…	*R*	
Fuente	*1*	0	$t_i^{1,2}$	…	$t_i^{1,R}$	e_i^1
	2	$t_i^{2,1}$	0		$t_i^{2,R}$	e_i^2
	…			0	…	
	R	$t_i^{R,1}$	$t_i^{R,2}$	…	0	e_i^R
Total		m_i^1	m_i^2	…	m_i^R	

Existen tantas matrices como bienes en la representación de la economía en la tabla anterior. Para poder estimar la matriz $\boldsymbol{T}_i$ en su totalidad, se empleó una variación al Modelo Gravitacional.

La idea básica del Modelo Gravitacional es que el flujo del bien i desde la región r a la región s es una función del producto total de i en r, las compras totales de i en s, y la distancia entre r y s.

Particularmente, la primera aproximación de la matriz $\boldsymbol{T}_i$ se construye como:

$$\tilde{t}_i^{r,s} = \begin{cases} \gamma \dfrac{y_i^r x_i^s}{d_{r,s}^2} & if\ r \neq s \\ 0 & if\ r = s \end{cases},$$

donde $\tilde{t}_i^{r,s}$ es la primera aproximación de las exportaciones de la región r a la región s del bien i, y_i^r es la producción de i en la región r, x_i^s son las compras realizadas del bien i por la región r, y finalmente, $d_{r,s}^2$ es el cuadrado de las distancias entre la capital de la región r y s.

Usando la matriz $\widetilde{\boldsymbol{T}}_i$ como la primera aproximación, el método de Entropía es utilizado para obtener la matriz $\boldsymbol{T}_i$ del sistema de intercambio del bien i.

Aplicación del enfoque multirregional

Hasta ahora, se consta con información de las transacciones intrarregionales para cada región:

$$Z_r + m_{s,r} + d^r = x^r$$

$$Z_s + m_{r,s} + d^s = x^s$$

$$(I - A_{rr})x_r - \widehat{m}_{s,r}x_s = d_r$$

$$-\widehat{m}_{r,s}x_r + (I - A_{ss})x_s = d_s$$

$$\begin{bmatrix} (I - A_r) & \widehat{m}_{s,r} \\ \widehat{m}_{r,s} & (I - A_s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_r \\ x_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_r \\ d_s \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x_r \\ x_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (I - A_{rr}) & -\widehat{m}_{s,r} \\ -\widehat{m}_{r,s} & (I - A_{ss}) \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} d_r \\ d_s \end{bmatrix}$$

Sin embargo, para la aplicación de un criterio multirregional - en pos de obtener una metodología afín a los objetivos de este trabajo- se emplea el procedimiento propuesto por (Miller and Blair 2009).

El vector de intercambio para cada posible origen r y destino s, se crea $\boldsymbol{c}^{rs}$:

República 695, Santiago Centro, Chile.
+56 2 2689 4429 / +56 2 2689 4403
contacto@isci.cl

$$\boldsymbol{c}^{rs} = \begin{bmatrix} c_1^{rs} \\ \vdots \\ c_n^{rs} \end{bmatrix}$$

donde c_i^{rs} denota la proporción de todo el bien i usado en s que viene desde la región r:

$$c_i^{rs} = \frac{z_i^{rs}}{T_i^s}.$$

El coeficiente técnico a_{ij}^r de la matriz $\boldsymbol{A}^r$ se obtiene como:

$$\boldsymbol{A}^r = (\hat{\boldsymbol{c}}^{rr})^{-1}\boldsymbol{A}^{rr}$$

para las regiones en r= 1… R.

Con esta información, las siguientes matrices son construidas:

$$\boldsymbol{A} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{A}^1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \boldsymbol{A}^R \end{bmatrix} \qquad \boldsymbol{C} = \begin{bmatrix} \hat{\boldsymbol{c}}^{11} & \cdots & \hat{\boldsymbol{c}}^{1R} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{\boldsymbol{c}}^{R1} & \cdots & \hat{\boldsymbol{c}}^{RR} \end{bmatrix} \qquad \boldsymbol{x} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{x}^1 \\ \vdots \\ \boldsymbol{x}^R \end{bmatrix} \qquad \boldsymbol{f} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{f}^1 \\ \vdots \\ \boldsymbol{f}^R \end{bmatrix}$$

Por tanto, el sistema multirregional puede ser expresado como,

$$(\mathbf{I} - \mathbf{CA})\mathbf{x} = \mathbf{Cf}$$

y el multiplicador de Leontief definido como,

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{CA})^{-\mathbf{1}}\mathbf{Cf} \qquad (16)$$

Cálculos finales

Integrando los procesos analizados hasta estas etapa la caída en la actividad general en la economía se presenta como

República 695, Santiago Centro, Chile.
+56 2 2689 4429 / +56 2 2689 4403
contacto@isci.cl

$$\gamma_{\mathrm{y}} = \frac{(\boldsymbol{i}'\boldsymbol{x} - \boldsymbol{i}'\overline{\boldsymbol{x}})}{\boldsymbol{i}'\boldsymbol{x}}$$

Donde $\boldsymbol{i}$ es un vector unitario de dimension 180x1. El vector de valor bruto de la producción $\boldsymbol{x}$ se calcula mediante la ecuación (16) utilizando los datos de cuentas nacionales disponibles para el año 2017.

El valor bruto de la producción contraída se obtiene mediante

$$\bar{\mathbf{x}} = (\mathbf{I} - \mathbf{C}\bar{\mathbf{A}})^{-1}\mathbf{C}\bar{\mathbf{f}} \tag{17}$$

Donde la matriz de coeficientes técnicos restringida $\bar{\mathbf{A}}$ se obtiene según se especificó en (3). Adicionalmente, el vector de demanda final restringida $\bar{\mathbf{f}}$ según se especifica en (4).

Bibliografía

Haddad, Eduardo A, Fernando S Perobelli, and Inácio F Araújo. 2020. Td Nereus 01-2020 *Input-Output Analysis of COVID-19: Methodology for Assessing the Impacts of Lockdown Measures*. https://www.researchgate.net/publication/340491646_Input-Output_Analysis_of_COVID-19_Methodology_for_Assessing_the_Impacts_of_Lockdown_Measures?channel=doi&linkId=5e8cb7164585150839c77758&showFulltext=true.

Kronenberg, Tobias. 2009. “Construction of Regional Input-Output Tables Using Nonsurvey Methods: The Role of Cross-Hauling.” *International Regional Science Review* 32(1): 40–64.

Miller, Ronald E., and Peter D. Blair. 2009. *Input-Output Analysis. Foundations and Extensions*. Cambridge University Press.

del Rio-Chanona, R. Maria et al. 2020. 1 COVID Economics *Supply and Demand Shocks in the COVID-19 Pandemic: An Industry and Occupation Perspective*.

Versiones

21 de Septiembre

7 de Septiembre