

# Análisis económicos a partir de matrices de insumo-producto

Definiciones, indicadores  
y aplicaciones para  
América Latina

José E. Durán Lima  
Santacruz Banacloche



NACIONES UNIDAS

CEPAL



DESARROLLO en transición



Instrumento regional  
de la Unión Europea para  
América Latina y el Caribe



FEALAC

Forum for East Asia-Latin America Cooperation

# Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.

 [www.cepal.org/es/publications](http://www.cepal.org/es/publications)

 [www.cepal.org/apps](http://www.cepal.org/apps)

# Análisis económicos a partir de matrices de insumo-producto

Definiciones, indicadores y aplicaciones  
para América Latina

José E. Durán Lima  
Santacruz Banacloche



Este documento es el resultado de un conjunto de trabajos elaborados en el marco del programa de investigación Insumo Producto y Cadenas de Valor, de la Unidad de Integración Regional, División de Comercio Internacional e Integración de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), que recibió el apoyo de los proyectos “Matriz de insumo producto para la política industrial en América Latina y el Caribe” y “Desarrollo de cadenas de valor para una integración más profunda entre América Latina y Asia Pacífico”, desarrollados con fondos de la Cuenta de las Naciones Unidas para el Desarrollo de Naciones Unidas y del Fondo Fiduciario del Foro de Cooperación América Latina-Asia del Este (FOCALAE). Esta publicación se ha realizado con el apoyo del proyecto “Fomento de modelos de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe: un enfoque multidimensional para el mundo post-COVID 19” y presenta la base teórica de los análisis de cadenas de valor llevados a cabo en el marco de dicho proyecto.

La redacción del documento estuvo a cargo de José E. Durán Lima, Jefe de la Unidad de Integración Regional de la División de Comercio Internacional e Integración, y Santacruz Banacloche, Consultor de dicha División. Participaron también en la elaboración del documento: Sebastián Castresana, Mario Saeteros, Andrés Mondaini y Álvaro Lalanne.

Los autores agradecen los insumos sustantivos aportados por Dayna Zaclicever, cuyas contribuciones y comentarios fueron de gran utilidad en el desarrollo de este trabajo. Además, se agradece la revisión del documento llevada a cabo por Daniel Cracau.

Ni la Unión Europea ni ninguna persona que actúe en su nombre es responsable del uso que pueda hacerse de la información contenida en esta publicación. Los puntos de vista expresados en este estudio son del autor y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Unión Europea.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de la Organización o las de los países que representa.

Publicación de las Naciones Unidas  
LC/TS.2021/177  
Distribución: L  
Copyright © Naciones Unidas, 2021  
Todos los derechos reservados  
Impreso en Naciones Unidas, Santiago  
S.21-00733

Esta publicación debe citarse como: J. Durán Lima y S. Banacloche, “Análisis económicos a partir de matrices de insumo-producto: definiciones, indicadores y aplicaciones para América Latina”, *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2021/177), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2021.

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Documentos y Publicaciones, publicaciones.cepal@un.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

## Índice

Introducción .....	9
<b>I. La matriz de insumo-producto como herramienta del análisis económico.....</b>	<b>13</b>
A. Matrices de Insumo Producto Regionales: las MIP de América Latina .....	17
B. Bases de datos de matrices insumo-producto multirregionales (MRIOT).....	20
C. Supuestos y limitaciones del modelo de insumo producto.....	22
<b>II. Indicadores básicos.....</b>	<b>25</b>
A. Cálculo del PIB por país y sector .....	25
B. Ratio de insumos importados sobre insumos domésticos.....	31
C. Insumos importados requeridos en la producción.....	35
D. Encadenamientos productivos, eslabonamientos hacia atrás y hacia adelante.....	36
E. Índice de Rasmussen y Hirschman.....	38
F. Longitud media de propagación.....	42
G. Dependencia de insumos importados.....	44
<b>III. Especialización vertical.....</b>	<b>49</b>
A. Contenido importado directo sobre las exportaciones (EV <sub>1</sub> ) .....	50
B. Contenido total (directo e indirecto) importado sobre las exportaciones (EV <sub>2</sub> ).....	53
<b>IV. Indicadores de Valor Agregado .....</b>	<b>57</b>
A. Valor agregado doméstico contenido en las exportaciones .....	57
1. Valor agregado doméstico contenido en exportaciones intermedias y finales .....	60
2. Valor agregado doméstico contenido en las exportaciones por país de destino .....	61
3. Valor agregado doméstico contenido en las exportaciones de servicios .....	62
4. Descomposición del VADe: Remuneración de Asalariados vs excedente bruto de explotación.....	63
B. Valor agregado extranjero contenido en las exportaciones .....	64
C. Descomposición del valor agregado en las exportaciones .....	65

<b>V.</b>	<b>Extensiones y aplicaciones de las matrices insumo-producto</b> .....	75
A.	Estimación del empleo asociado a las exportaciones.....	76
B.	Huella de carbono .....	78
<b>VI.</b>	<b>Conclusiones</b> .....	81
	<b>Bibliografía</b> .....	83
<b>Cuadros</b>		
Cuadro 1	Bases de datos regionales y multirregionales MRIO (Multi-Regional Input-Output)...	22
Cuadro 2	Brasil: índices de Rasmussen-Hirschman .....	40
Cuadro 3	Estado Plurinacional de Bolivia: caracterización sectorial según índice de dependencia de las importaciones, 2014.....	47
Cuadro 4	América Latina (10) descomposición de las exportaciones brutas según valor agregado doméstico e insumos importados incorporados, 2017.....	69
Cuadro 5	Descomposición de las exportaciones brutas según valor agregado doméstico e insumos importados incorporados, 2017.....	70
<b>Gráficos</b>		
Gráfico 1	América del Sur: PIB por países, 2005 y 2011 .....	26
Gráfico 2	Latinoamérica: PIB por países, 2014 .....	27
Gráfico 3	América del Sur: PIB por sectores .....	28
Gráfico 4	América del Sur: participación sectorial en el PIB por países de origen, 2005 y 2014 ..	30
Gráfico 5	Ratio de insumos importados sobre insumos domésticos en los países de América del Sur .....	31
Gráfico 6	América del Sur: RII, tres grandes sectores, 2005.....	32
Gráfico 7	América del Sur: insumos intermedios importados intrarregionales por país de origen, 2005.....	33
Gráfico 8	Uruguay: ratio de insumos importados sobre insumos domésticos, principales sectores .....	34
Gráfico 9	Ratio de insumos importados sobre el PIB en los países de América del Sur .....	36
Gráfico 10	Brasil: sectores claves según el IRH y su participación en el PIB .....	41
Gráfico 11	Bolivia, E.P.: Estructura de insumos importados de la función de producción de grandes sectores económicos, según sector de procedencia, 2014 .....	48
Gráfico 12	Perú: contenido importado directo (por origen) sobre las exportaciones (EV <sub>1</sub> ), 13 grandes categorías, 2005.....	50
Gráfico 13	Perú: contenido importado directo sobre las exportaciones, por destino (EV <sub>1</sub> ), 13 grandes categorías, 2005.....	52
Gráfico 14	Especialización Vertical en los países de América del Sur, 2005 y 2011.....	54
Gráfico 15	Uruguay: Valor agregado doméstico en las exportaciones.....	59
Gráfico 16	Valor agregado doméstico contenido en las exportaciones, 2005.....	60
Gráfico 17	Valor agregado doméstico contenido en las exportaciones intrarregionales, 2005 ....	61
Gráfico 18	Perú: valor agregado doméstico contenido en las exportaciones.....	62
Gráfico 19	Participación de los servicios en las exportaciones de América del Sur .....	63
Gráfico 20	Participación de la remuneración de asalariados y el excedente bruto de explotación en las exportaciones totales.....	64
Gráfico 21	Diferencias entre principales indicadores de valor agregado y especialización vertical .....	65
Gráfico 22	América Latina (11) Descomposición de las exportaciones brutas según valor agregado doméstico e insumos importados incorporados, 2017.....	69

Gráfico 23	América Latina (18 países): valor agregado nacional contenido en las exportaciones, según principales destinos, 2017 .....	71
Gráfico 24	América Latina (11 países): estructura del contenido importado de las exportaciones totales, según origen, 2017 .....	72
Gráfico 25	América Latina (países seleccionados): estructura del contenido importado incorporado en las exportaciones, por grandes sectores económicos, 2017 .....	73
Gráfico 26	Uruguay: empleo exportador por principales destinos y sectores beneficiados.....	77
Gráfico 27	Colombia: Responsabilidad del Productor y del Consumidor, principales sectores, 2005.....	80

## Diagramas

Diagrama 1	Ejemplo simplificado de CGV.....	10
Diagrama 2	Proceso seguido para el ensamblaje de las MIP .....	11
Diagrama 3	Estructura simplificada de una MIP simétrica nacional.....	14
Diagrama 4	Estructura de la Matriz Insumo Producto Regional y Multirregional.....	18
Diagrama 5	Clasificación de los sectores económicos según los índices de Rasmussen-Hirschamn .....	39
Diagrama 6	Pasos necesarios para conectar el sector $i$ con el sector $j$ .....	43
Diagrama 7	Clasificación de los sectores económicos según los índices de dependencia para la matriz de importaciones.....	45
Diagrama 8	Estructura de las exportaciones brutas según valor agregado doméstico e insumos importados incorporados.....	68



**Listado de siglas y acrónimos**

CGV:	Cadenas Globales de Valor.
MIP:	Matriz insumo-producto.
MIP SA:	Matriz insumo-producto de América del Sur.
MRIOT:	Matrices insumo-producto multirregionales.
RIOT:	Matrices insumo-producto regionales.
SRIOT:	Matrices insumo-producto nacionales o domésticas.
SAM:	Matriz de Contabilidad Social (Social Accounting Matrix).
CGE:	Equilibrio General Computable (Computable General Equilibrium).
Z:	Matriz $N \times N$ de insumos intermedios (por defecto son domésticos).
$Z^D$ :	Matriz $N \times N$ de insumos intermedios domésticos.
$Z^M$ :	Matriz $N \times N$ de insumos intermedios importados.
$Z^T$ :	Matriz $N \times N$ de insumos intermedios totales.
Y:	Demanda Final.
C:	Consumo Final.
FBC:	Formación Bruta de Capital.
$\hat{E}$ :	Exportaciones totales, vector diagonalizado de dimensiones $N \times N$ .
VA:	Valor Agregado Bruto.
VBP:	Valor Bruto de Producción.
x:	Vector fila $1 \times N$ del VBP.
A:	Matriz $N \times N$ de coeficientes técnicos.
$a_{ij}$ :	Coefficientes técnicos del sector rama $i$ requeridos por el sector columna $j$ .
L:	Matriz inversa de Leontief de dimensiones $N \times N$ .
I:	Matriz identidad $N \times N$ .
V:	Vector $1 \times N$ de Valor Agregado por unidad de producto.
SRIO:	Single Regional Input-Output.
MRIO:	Multi Regional Input-Output.
$RII_p$ :	Ratio de insumos importados sobre insumos domésticos del país $p$ .
$IPIB_p$ :	Insumos importados sobre el PIB.
FL:	Forward linkages (encadenamientos hacia delante).
BL:	Backward linkages (encadenamientos hacia atrás).
GL:	Matriz inversa de Ghosh o de coeficientes técnicos de distribución.
$A^M$ :	Matriz $N \times N$ de coeficientes técnicos importados.
$EV_{1p}$ :	Contenido directo importado en las exportaciones de un país $p$ .

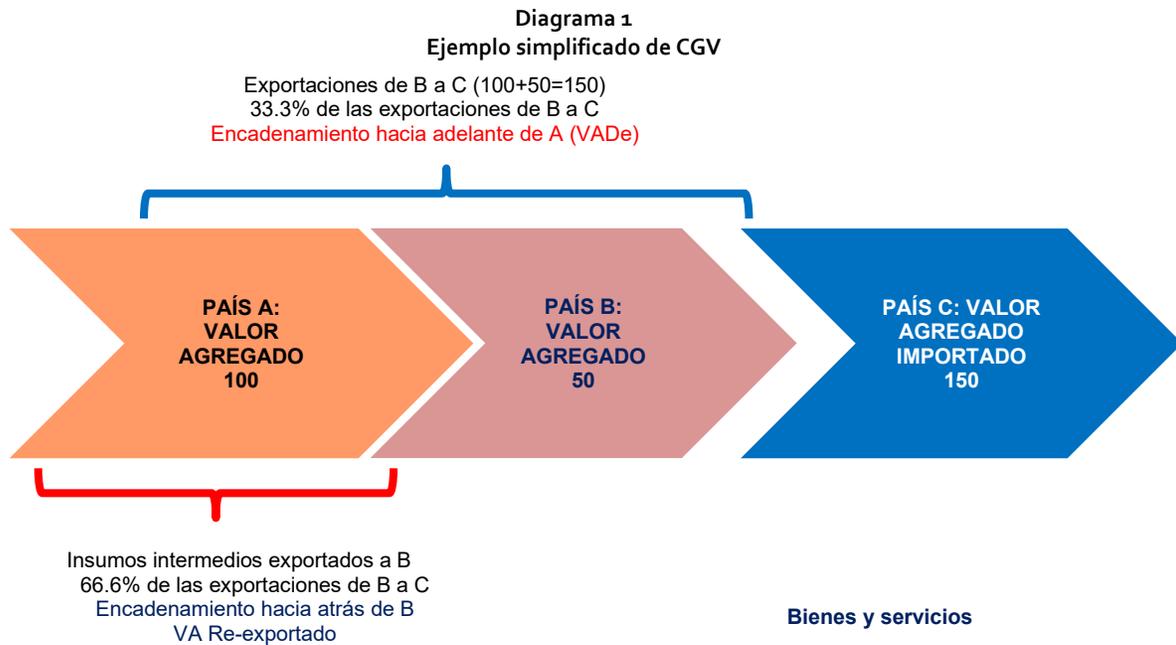
$EV_{2p}$ :	Insumos importados totales incorporados en las exportaciones de un país $p$ .
$EVI_p$ :	Contenido indirecto importado en las exportaciones de un país $p$ .
$VADDe_p$ :	Valor agregado doméstico directo contenido en las exportaciones de un país $p$ .
$VADTe_p$ :	Valor agregado total contenido en las exportaciones de un país $p$ .
$VADle_p$ :	Valor agregado doméstico indirecto contenido en las exportaciones de un país $p$ .
$VADTe_p^{int}$ :	Valor agregado doméstico total contenido en las importaciones intermedias.
$VADTe_p^f$ :	Valor agregado doméstico total contenido en las importaciones finales.
$VAETe_p$ :	Valor agregado extranjero total contenido en las exportaciones de un país $p$ .
$F$ :	Factor.
$F$ :	Coefficiente del factor.
$MF$ :	Multiplicador del factor, en forma de matriz $N \times N$ .
$N$ :	Factor empleo.
$CE$ :	Coefficiente de empleo.
$MCE$ :	Multiplicador de empleo.
$E$ :	Factor de emisiones de $CO_2$ .
$Ce$ :	Coefficiente de emisiones $CO_2$ .
$ME$ :	Multiplicador de emisiones de $CO_2$ .
$RP$ :	Responsabilidad del Productor.
$RC$ :	Responsabilidad del Consumidor.
$REB$ :	Balanza de Responsabilidades.

## Introducción

El crecimiento económico de las últimas décadas junto con el auge del comercio internacional fruto de la globalización ha generado una paulatina fragmentación geográfica de los procesos productivos. Así, como ejemplo meramente ilustrativo, un producto consumido en Chile puede haber sido generado con insumos primarios procedentes del Perú, que posteriormente fueron manufacturados en Ecuador, para después ser ensamblados y distribuidos como producto final por Colombia. Se estima que el comercio de bienes intermedios supera el 50% de las exportaciones totales en el mundo (Miroudot y otros, 2009). La deslocalización de las actividades económicas en diferentes fases de producción genera una serie de vínculos internacionales complejos que son difíciles de medir con las estadísticas convencionales. La proliferación de las llamadas Cadenas Globales de Valor (CGV) es el resultado de este tipo de entramados productivos y comerciales que se generan, dando lugar a una combinación de bienes y servicios importados y procesados domésticamente, que posteriormente son exportados para usos intermedios en las subsiguientes etapas de producción o como productos para uso o consumo final (OECD, 2012; ADB, 2015). Pese a la denominación “global” de las cadenas, muchos autores han analizado el carácter más bien regional de las mismas, organizadas en tres grandes fábricas: “fábrica América”, “fábrica Europa” y “fábrica Asia” (World Bank, 2017). Así, el comercio de bienes intermedios es mucho más importante entre países próximos, mientras que el de bienes finales mantiene una estructura más global (Lalanne, 2020).

Entender cómo se estructuran los vínculos que se producen entre países y sectores es realmente útil, pudiendo analizar no sólo la dependencia de una economía respecto al mundo, el efecto arrastre que ejercen sectores clave, o cómo los países contribuyen a generar el valor agregado de los bienes y servicios que son objeto de comercio en las redes de producción global; sino también para empresas, sectores y decisores políticos de países en desarrollo, que deseen integrarse y beneficiarse de estos vínculos (Gereffi y Kaplinsky, 2001). Para ello, medir este tipo de vínculos internacionales es primordial. Desafortunadamente, las estadísticas tradicionales de comercio internacional registran los flujos brutos de bienes y servicios transfronterizos, sin captar el valor agregado de cada país. Como ejemplo, un país A produce y exporta un bien valorado en 100 unidades monetarias al país B, que a su vez transforma dicho producto y lo exporta al país C por 150. Las estadísticas tradicionales muestran que el país B

exporta por valor de 150 unidades monetarias (véase el diagrama 1). Esta medición puede llevar a conclusiones erróneas sobre la contribución del comercio al crecimiento económico y al ingreso, pues incurre en un problema de doble contabilización (Miroudot y Yamano, 2013; De Backer y Miroudot, 2014), puesto que no tiene en cuenta los gastos incurridos de un país al requerir de insumos intermedios importados durante su proceso de producción. Este problema se resuelve cuando se realiza una medición en términos de valor agregado generado. El país A contribuye generando 100 unidades de valor agregado. El país B, sobre las importaciones del país A, añade 50 unidades más a las exportaciones que realiza al país C, generando en este proceso un total de 150 unidades monetarias.

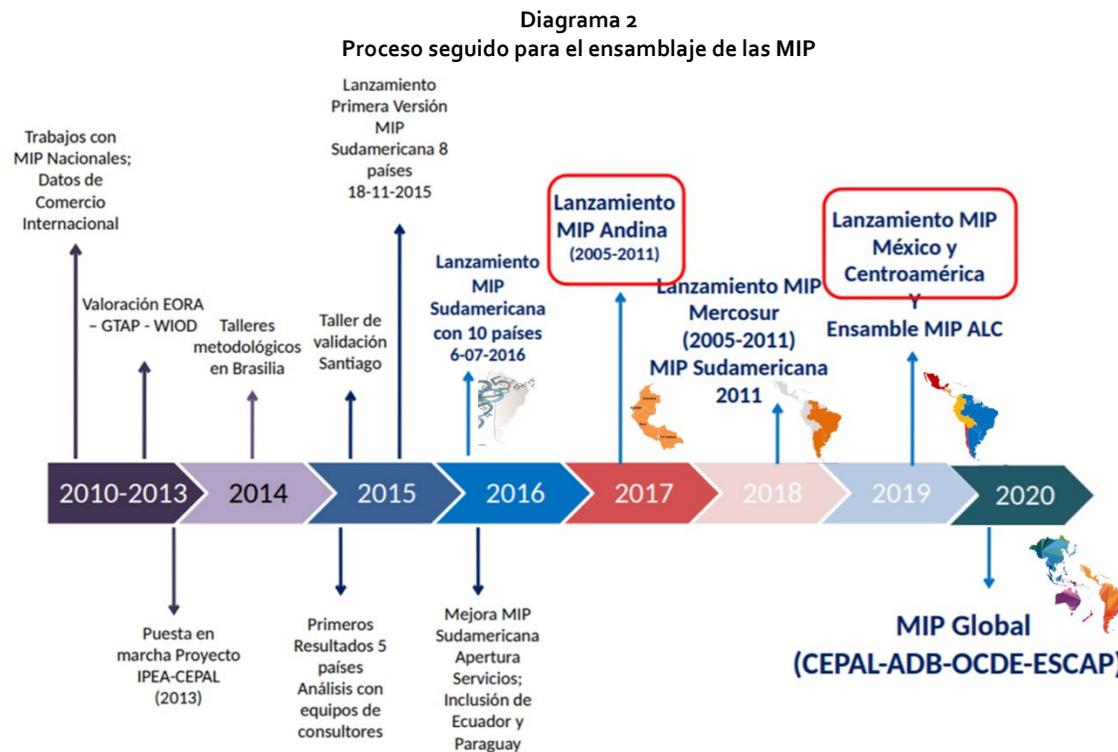


Fuente: elaboración propia.

Por ello, se hace necesario el uso de la metodología insumo-producto. Las matrices de insumo-producto multirregionales (MRIOT por sus siglas en inglés) permiten identificar el origen y destino del valor que fluye a través de las CGV, pudiendo definir los roles de los países e industrias que juegan un papel determinante en las cadenas de suministro y las fuentes de competitividad (Jones, Powers y Ubee, 2013). Desafortunadamente, la disposición de MRIOT es limitada, dado que su ensamblaje depende principalmente de la calidad y solidez de las Cuentas Nacionales y otras estadísticas de los países involucrados. Muchos países en desarrollo carecen de instituciones que puedan recabar la información necesaria para la elaboración de los Cuadros de Oferta y Utilización, punto de partida para la creación de matrices insumo-producto. Como veremos en este manual, no solo la medición e CGV es posible a partir de las MIP, por lo que los indicadores abarcan otras medidas.

Dadas las limitadas MRIOT disponibles actualmente, y conscientes de que no contemplan un amplio número de países de América Latina y el Caribe, en los últimos años, la Unidad de Integración de la División de Comercio Internacional e Integración de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) ha logrado avances sustantivos encaminados al ensamblaje de matrices insumo-producto (MIP) multi-país para la región, que permitan estudiar los encadenamientos productivos y el valor agregado basado en el comercio en América Latina. En 2016, se lanzó la Matriz de Insumo-Producto de América del Sur (en adelante MIP SA), la primera matriz propia de la región que capturaba los encadenamientos regionales de América del Sur para el año 2005 (CEPAL, 2016). Fruto del esfuerzo

realizado, y con el afán de profundizar en las relaciones productivas de América Latina y el Caribe, la División ha seguido ampliando y actualizando estas herramientas (véase el diagrama 2), con la creación de la MIP de la Comunidad Andina (MIP CAN) y la Matriz Insumo Producto del MERCOSUR para 2011, la actualización de la MIP SA a 2011 y 2014, y finalmente la creación de la Matriz de Insumo-Producto de América Latina (MIP AL) para 2011 y 2014. Se trata de un proceso de varios años de trabajo en el que participaron varios equipos nacionales. Como colofón, en 2020 la CEPAL ha formado parte del grupo de trabajo CEPAL-ESCAP-ADB/OECD, realizando un ejercicio intensivo de homogeneización metodológica en continuo desarrollo para la inclusión de los países latinoamericanos en matrices multirregionales globales. Al momento de la publicación de este manual dicha iniciativa de colaboración se encuentra en pleno desarrollo.



Fuente: Elaboración propia.

Así pues, actualmente se dispone de un potente conjunto de matrices de acceso público que marcan un hito para análisis económicos, tanto regionales como multirregionales. Además, todo tipo de actividades han sido llevadas a cabo: asistencias técnicas, divulgación de la matriz, capacitaciones, etc. El presente manual es un aporte más a este proceso, cuyo horizonte temporal además del lanzamiento de una matriz de América Latina, que además de América del Sur incluyó además a México junto con países centroamericanos, se ha extendido al lanzamiento de matrices globales que incluyen a los países de la región en un modelo insumo producto multipaís global.

MIP de América del Sur y la MIP de América Latina hace posible el análisis de la interconexión productiva entre los varios países de la región. En concreto, el manual presentado va más allá del cálculo de indicadores nacionales. Se centra en conceptos y herramientas aplicables a la MIP de América del Sur y a la de América Latina, a través de medidas cuantitativas o indicadores que los usuarios (funcionarios de gobierno, académicos, y público en general) podrá utilizar para generar cálculos e interpretar resultados que sirvan para definir los vínculos productivos y comerciales de los países de la región a nivel nacional, bilateral o latinoamericano. Dichos indicadores son extrapolables a cualquier MIP nacional. Adicionalmente, se presentan y analizan algunos resultados empíricos de la aplicación de esta metodología en América Latina. Si bien en el presente documento se centra en matrices insumo-producto, otros indicadores complementarios sobre comercio están disponibles en otros manuales desarrollados por la CEPAL (Durán y Alvarez, 2011; actualizado en Durán, Alvarez y Cracau, 2016). En definitiva, la mayor contribución de este manual es poder aplicar indicadores extensamente tratados en la literatura, adaptados al caso de las MIP de la CEPAL, ofreciendo resultados para la región.

Este manual pone en manos de los funcionarios del área del comercio exterior y de industria herramientas de consulta para el desarrollo de su trabajo cotidiano en la evaluación del comercio internacional y su rol en la estructura productiva de un país o una región. Aspiramos a que todos aquellos interesados en la medición de indicadores comerciales puedan apoyarse en esta compilación de indicadores que a su vez complementa el manual metodológico de la Matriz de América del Sur (CEPAL, 2016), y que sobre todo logren interpretar resultados correctamente con la finalidad de sentar las bases de una información que permita elaborar políticas públicas que faciliten el comercio, e impulsen relaciones comerciales dinámicas en sectores claves para la integración regional. La CEPAL ha enfatizado permanentemente en la necesidad de promover políticas de desarrollo industrial y productivo modernas, con una clara orientación transfronteriza (CEPAL, 2014a, 2014b). Ello va más allá de los objetivos nacionales. Esperamos que el uso de las metodologías aquí descritas dé nuevas herramientas que acompañen el diseño de la política pública, mediante la identificación de sectores con mayores impulsos y potenciales de producción compartida que generen un mayor crecimiento económico.

En la Sección I se presentarán las matrices insumo-producto multipaís de América Latina como herramienta de análisis económico, comentando las peculiaridades de la metodología, sus limitaciones y sus posibles aplicaciones; sucesivas secciones se centrará en el desarrollo de la definición, la formulación matemática y los resultados que nos ofrecen los diferentes grupos de indicadores: en la Sección II se presentarán indicadores económicos intersectoriales que muestren los vínculos productivos de las economías objeto de estudio; la Sección III trata la llamada Especialización Vertical, entendida como el contenido importado de las exportaciones de un país, un indicador relevante en la medida de CGV; la Sección IV se centra en indicadores de Valor Agregado, que facilitan la comprensión de las CGV al reflejar la verdadera participación de los países en los procesos de producción sin incurrir en el error de la doble contabilización; finalmente, la Sección V trata extensiones ambientales y socioeconómicas del modelo. El documento concluye con unas breves conclusiones sobre la metodología, los resultados y los objetivos alcanzados.

## I. La matriz de insumo-producto como herramienta del análisis económico

Las matrices de insumo-producto (MIP) son una herramienta estadística de análisis económico que permite medir y describir las interrelaciones productivas en una o varias economías en un año en particular, incluyendo los vínculos que surgen del comercio. Estudiar la producción y el comercio a través del marco del análisis insumo-producto es esencial en una era económica donde los procesos de producción trasfronteriza son la norma, con más de la mitad del comercio internacional siendo insumos intermedios (ADB, 2015). Los orígenes del análisis de insumo-producto se remontan a la primera mitad del siglo veinte, con la contribución de Wassily Leontief (1936).

Actualmente el modelo de insumo-producto es una de las herramientas metodológicas más relevantes en el análisis económico y su uso se ha difundido a través de diferentes áreas. Dependiendo de la construcción de estas matrices puede extraerse una gran cantidad de información, desde la participación de las exportaciones totales de una industria cualquiera en el PIB de un país, o el contenido importado del sector de la agricultura que un país requiere para poder exportar productos alimenticios al resto del mundo, hasta el estudio de la fragmentación de la producción en las CGV. Las matrices insumo-producto son además el punto de partida para el uso de modelos más complejos como la matriz de contabilidad social (ingl. *Social Accounting Matrix, SAM*), una herramienta que incorpora información sobre los agentes económicos, que permite construir multiplicadores y desarrollar modelos macroeconómicos. Además, la SAM es la principal fuente de información para trabajar con los llamados modelos de equilibrio general computable (ingl. *Computable general equilibrium models, CGE*), que capturan las principales interrelaciones entre los sectores y el comportamiento de los distintos agentes económicos, permitiendo evaluar escenarios alternativos fruto de shock que afectan a la economía.

Si se tiene en cuenta la introducción de las matrices insumo-producto en otros ámbitos de la economía como el contenido de los factores productivos en el comercio (Trefler y Zhu, 2010), *business cycles* (Acemoglu y otros 2012), la huella de empleo (Alsamawi y otros, 2014) y sus aplicaciones en temas del medio ambiente (Lenzen y otros, 2012; Peters y otros, 2010), se constata que la metodología insumo-producto se consolida como una herramienta de relevancia probada y de uso extendido. En la

región, esta herramienta también ha sido utilizada desde una perspectiva económica y social, calculando por ejemplo el empleo asociado a las exportaciones del Ecuador a la Unión Europea (Durán y Castresana, 2016); así como desde una perspectiva ambiental, contextualizando a América Latina en su posición respecto al Acuerdo de París (Durán y Banacloche, 2018). En CEPAL-OIT (2016) se realiza un análisis particular del impulso productivo que generan a nivel sectorial las compras intrarregionales. Otros estudios desarrollados a partir del Proyecto de la MIP Regional incluyen la integración productiva en la Comunidad Andina, analizando cadenas de valor entre Colombia y Ecuador (Durán, Cracau y Saeteros, 2018); la integración productiva entre Argentina y Brasil (Amar y García-Díaz, 2018); posibles efectos económicos y sociales de la profundización de la Unión Aduanera entre Guatemala y Honduras (CEPAL, 2017b); evaluación de impactos económicos y sociales de posibles negociaciones comerciales entre Jamaica y América Central, México y países del norte del Caribe (CEPAL, 2018); o el potencial dinamizador de las exportaciones en Centroamérica y la República Dominicana (Minzer y Orozco, 2018).

La metodología insumo-producto se nutre de fuentes diversas (censos económicos y encuestas de gastos e ingresos de los hogares entre otras), si bien la fuente principal son las Cuentas Nacionales de cada país. A partir de las mismas, se generan tres tablas: los Cuadros de Origen u Oferta (ingl. *Supply Table*); los Cuadros de Destino, Uso o Utilización (ingl. *Use Table*) y las así llamadas Tablas Simétricas (las mismas MIP). Las dos primeras tablas han sido extensamente tratadas en diversos manuales (European Commission, 2008; Schuschny, 2005) y serán obviadas debido a la elección de las tablas simétricas para trabajar los indicadores propuestos. Éstas últimas se construyen a partir de las dos primeras, por lo que no se obtienen directamente, pero permiten utilizar la metodología insumo-producto de forma más directa, pues las tablas simétricas relacionan las ramas (también llamadas sectores o industrias) de producción homogénea en las que se eliminan las producciones secundarias que se incorporan en las ramas donde son producción principal. Así, las tablas simétricas de una economía tienen  $N \times N$  sectores, tantos sectores por filas como por columnas. La eliminación de los productos secundarios requiere de dos hipótesis (tecnología de la industria y tecnología del producto), que no veremos en este manual. Las tablas simétricas son las más utilizadas para el análisis insumo-producto, pues el cálculo de coeficientes técnicos, multiplicadores y el uso de indicadores para el análisis de CGV es inmediato.

**Diagrama 3**  
Estructura simplificada de una MIP simétrica nacional

	Sectores $j$					Demanda final			Empleos totales
	1	2	3	...	N	C	FBC	e	
<b>Sectores <math>i</math></b> 1 2 3 ⋮ N	Demanda intermedia: Insumos, consumos o usos intermedios (Z)					y			Valor Bruto de Producción (VBP)
<b>Importaciones</b>	Insumos intermedios importados ( $Z^M$ )								
<b>Valor agregado (VAB)</b>	Remuneración de asalariados								
	Excedente Bruto de Explotación								
	Impuestos menos subsidios								
<b>Recursos totales</b>	Valor Bruto de Producción (VBP)								

Fuente: Elaboración propia.

La MIP es una matriz de doble entrada que ofrece por columnas la composición del valor bruto de producción desde la perspectiva del gasto, y por filas desde la del ingreso. Puede dividirse en tres matrices principales (véase el diagrama 3): la matriz de insumos intermedios ( $Z$ ), la de demanda final ( $y$ ) y la de valor agregado ( $VAB$ ). El output total, Valor Bruto de Producción (VBP) u oferta total (*recursos totales*) es la suma por columnas de  $Z$ , importaciones de insumos intermedios  $Z^M$  (no confundir con importaciones de bienes finales) y  $VAB$  por sector industrial, se muestra en el vector fila  $1 \times N$ ; la demanda total (*empleos totales*) por sector es la suma por filas de los sectores, que incluyen los insumos intermedios y la demanda final ofrecida por un vector columna  $N \times 1$ , cumpliéndose la identidad contable por la cual los recursos totales se igualan a los empleos totales. Para los sucesivos cálculos denominaremos  $x$  al vector  $1 \times N$  del VBP.

La estructura productiva está compuesta por sectores que producen y requieren de insumos intermedios para producir. La matriz de insumos intermedios (ya anotada como  $Z$ ) recoge así las transacciones bisectoriales (y también las bilaterales en el caso de las MRIOT y matrices regionales como la MIP SA) en insumos intermedios, que son productos utilizados en la producción de otros productos; donde  $Z_{ij}$  son los insumos intermedios domésticos del sector fila  $i$  destinados al sector columna  $j$ . Se trata de una matriz cuadrada, donde el número de sectores es el mismo por filas que por columnas. Por norma general las matrices nacionales solo disponen de un vector  $1 \times N$  de insumos intermedios importados que recoge el total de insumos que cada sector doméstico importa sin ofrecer el sector de origen de los mismos. No obstante, en el caso de las matrices regionales como las MIP de la CEPAL y las multirregionales, la matriz de insumos intermedios se puede subdividir en insumos intermedios domésticos ( $Z^D$ ) e importados ( $Z^M$ ) por país y sector si la matriz insumo-producto los ha desagregado.

La matriz de valor agregado (ya anotada como  $VAB$ ) muestra la remuneración de los factores productivos (remuneración de asalariados para el factor trabajo y excedente bruto de explotación para el capital). Dicho de otro modo, la matriz de valor agregado detalla la participación de los inputs primarios (trabajo y capital) en el output de un sector. Nótese que normalmente el excedente bruto de explotación suele incluir renta mixta, la cual a su vez agrega beneficios de empresas públicas, intervenidas, de empresas privadas, intereses cobrados por gobierno y familias, y rentas y alquileres percibidos o imputados.

La demanda final ( $y$ ) está compuesta por el Consumo final ( $C$ ), que a su vez puede dividirse en consumo privado y consumo/gasto público; la formación bruta de capital ( $FBC$ ) y las exportaciones ( $e$ ). En el caso de las matrices nacionales (SRIO en inglés) las exportaciones que captura la demanda final son totales; con MRIOT y matrices regionales (RIOT) que capturan el comercio de bienes y servicios intermedios como la MIP SA, la demanda final captura las exportaciones finales. Las exportaciones intermedias se trasladan a la matriz de insumos intermedios (véase diagrama 4). Al trabajar con matrices nacionales a partir de la MIP SA, este hecho debe tenerse en cuenta, ya que se combinará información de exportaciones intermedias y finales. Finalmente, por identidad contable los empleos totales son iguales a los recursos totales, reflejando el VBP o producción total de una economía, por sectores.

A partir de la información facilitada por la matriz de insumos intermedios  $Z$  se pueden obtener los coeficientes técnicos, que nos servirán para el cálculo de la matriz inversa de Leontief, eje fundamental del análisis insumo-producto. Los coeficientes técnicos ( $a_{ij}$ ) indican la cantidad de insumo de la rama  $i$  (primer subíndice - fila) necesaria para la producción de una unidad de output del sector  $j$  (segundo subíndice - columna).

$$a_{ij} = \frac{Z_{ij}}{x_j} \quad (1)$$

Para entender la lógica que se esconde detrás de esta metodología y desarrollar los indicadores aquí propuestos, son necesarios conocimientos básicos de álgebra matricial que en el presente manual se dan por sentados. En forma matricial, suponiendo una economía compuesta por tres sectores:

$$A = Z\hat{x}^{-1} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & Z_{13} \\ Z_{21} & Z_{22} & Z_{23} \\ Z_{31} & Z_{32} & Z_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{1}{x_1} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{x_2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{x_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{Z_{11}}{x_1} & \frac{Z_{12}}{x_2} & \frac{Z_{13}}{x_3} \\ \frac{Z_{21}}{x_1} & \frac{Z_{22}}{x_2} & \frac{Z_{23}}{x_3} \\ \frac{Z_{31}}{x_1} & \frac{Z_{32}}{x_2} & \frac{Z_{33}}{x_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Donde  $Z$  es la matriz de insumos intermedios domésticos,  $\hat{x}^{-1}$  es el vector del Valor Bruto de Producción diagonalizado e invertido, y  $A$  es la matriz  $N \times N$  de coeficientes técnicos domésticos, referida a los requerimientos directos de una economía por unidad de output producido. Derivados de la matriz de insumos intermedios, los elementos de  $A$  muestran la contribución directa de un sector  $i$  en la producción de un determinado output de un sector  $j$ . Así, una lectura por filas indica los insumos intermedios del sector cabecera de fila (primer subíndice) que se usan en el resto de sectores  $j$  de la economía por unidad de output del sector  $j$ . Una lectura por columnas indica los insumos intermedios del resto de sectores  $i$  de la economía que el sector cabecera de columna (segundo subíndice)  $j$  utiliza para producir una unidad de producto. Notar que, para producir un producto, un sector puede requerir de insumos procedentes del propio sector. Por norma general, a menos que se especifique lo contrario,  $A$  serán coeficientes técnicos domésticos  $A^D$ . En el caso de disponer de RIOT y MRIOT, para calcular los coeficientes técnicos importados  $A^M$  se procede al mismo cálculo que presenta la ecuación (2) utilizando la matriz de insumos intermedios importados  $Z^M$ .

Una vez obtenidos los coeficientes técnicos, se procede al cálculo de la matriz inversa de Leontief  $(I - A)^{-1}$ , un elemento clave del análisis insumo-producto:

$$L = (I - A)^{-1} \quad (3)$$

Si bien  $A$  recoge los requerimientos directos, en un modelo nacional, dentro de  $(I - A)^{-1}$  quedan recogidos los requerimientos domésticos totales, directos e indirectos, de los diferentes sectores que son necesarios para satisfacer una unidad monetaria destinada a la demanda final (ecuación (3)). Un ejemplo para 3 sectores sería:

$$L = \begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} \\ l_{21} & l_{22} & l_{23} \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{bmatrix} \quad (4)$$

La idea detrás de la inversa de Leontief es que los insumos requeridos por un sector a su vez necesitaron insumos de éste y otros sectores para producir, y así sucesivamente, en las diferentes rondas de producción. En este caso,  $I$  es la matriz identidad, una matriz diagonal cuadrada cuyas dimensiones coinciden con las de los coeficientes técnicos.

La ecuación clave del análisis insumo-producto queda recogida en la ecuación (5), que utiliza la inversa de Leontief. Éste es el llamado Modelo Abierto de Leontief (Miller y Blair, 2009), donde  $x$  es el output total, que es igual a la inversa de Leontief  $(I - A)^{-1}$  por un vector de demanda final,  $y$ . Se refleja cómo la producción de un país o región, depende de la demanda final (exógena):

$$x = (I - A)^{-1}y \quad (5)$$

A partir de la expresión anterior se puede calcular el aumento de la producción ( $\Delta x$ ) que resultaría de un aumento de la demanda final ( $\Delta y$ ) de la economía (ecuación (6)). Más adelante se ofrecen ejemplos prácticos (véase Sección II.F):

$$\Delta x = (I - A)^{-1} \Delta y \quad (6)$$

La matriz inversa de Leontief  $(I - A)^{-1}$  es un multiplicador que informa sobre cuánto tiene que aumentar la producción de toda la economía para atender a un determinado aumento de la demanda final. Así, en forma matricial el elemento genérico de la matriz inversa de Leontief  $l_{ij}$  recoge los requerimientos totales procedentes del sector  $i$  (primer subíndice) para producir una unidad de producto del sector  $j$  (segundo subíndice) que pueda ir destinado a la demanda final. La ecuación (7) es un ejemplo ilustrativo de una economía de tres sectores:

$$x = (I - A)^{-1} y = \begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} \\ l_{21} & l_{22} & l_{23} \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} \quad (7)$$

En concreto, una lectura de la inversa de Leontief por columnas informa del efecto total, directo e indirecto en la producción, del aumento exógeno de una unidad de demanda final en un sector. Es decir, tiene en cuenta los sectores verticalmente integrados (Pasinetti, 1973). Una lectura por filas hace referencia a los sectores observables, esto es, las transferencias de insumos que un sector  $i$  ofrece al resto de la economía. El significado de la inversa de Leontief reside en que se tiene en cuenta *i)* el aumento unitario de la demanda final, *ii)* los insumos que directamente se necesitan para producir esa unidad de producto final, *iii)* los insumos necesarios en la etapa anterior de la producción para producir los insumos directos, y así sucesivamente.

## A. Matrices de Insumo Producto Regionales: las MIP de América Latina

Toda matriz insumo-producto incluye el comercio internacional. Las MIP nacionales (SRIOT) recogen las importaciones intermedias necesarias para la producción doméstica de una región, así como las exportaciones totales (véase diagrama 3,  $Z^M$  y e). Aquí el comercio se entiende como una variable exógena, no incluida en las relaciones interindustriales. Para explicar la lógica de Leontief hemos partido de un modelo catalogado como SRIO (ingl. *Single Regional Input-Output*) que contempla una sola economía o región (Miller y Blair, 2009), dado que históricamente esta herramienta estaba destinada principalmente al análisis de estructuras económicas nacionales. No obstante, las MIP confeccionadas por la CEPAL son MIP regionales (*regional input-output table*, RIOT), que junto con las multirregionales (*multi-regional input-output table*, MRIOT) hacen endógeno parte o la totalidad del comercio internacional de bienes y servicios intermedios, respectivamente, capturando las relaciones intersectoriales interregionales. Toda matriz regional de insumo-producto, al considerar el comercio internacional entre regiones y/o países, requiere de tres principales fuentes: *i)* las estadísticas de las Cuentas Nacionales de cada país implicado (Cuadros de oferta y utilización o tablas input-output); *ii)* datos sobre comercio bilateral; *iii)* información o supuestos sobre la procedencia del comercio internacional de bienes intermedios. La lógica de Leontief se mantiene: independientemente de las tablas utilizadas el álgebra matricial es el mismo, si bien se obtienen inversas de Leontief nacionales, regionales o globales según qué matriz se utilice. En el presente documento se realizarán los cálculos de indicadores sobre las RIOT confeccionadas por la CEPAL, así como con la MRIOT, llevando a cabo cálculos orientados a todos los niveles: nacional, regional y global o multirregional.

Para el presente trabajo se han utilizado los datos de la *Matriz Insumo Producto regional de América del Sur* (MIP SA) para el año 2005, publicada por la CEPAL y el Instituto de Pesquisa Económica Aplicada de Brasil (IPEA) en 2016, así como los trabajos adicionales desarrollados por CEPAL para actualizar las MIPs de América del Sur desde 2005 a 2011 y 2014, y ampliar la cobertura de países que la conforman. La actual MIP de América Latina incluye además de las MIP de los diez países originales de América del Sur, las matrices de México, la de la República Dominicana, y la de un conjunto de países Centroamericanos (Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, y Panamá). Todas las

matrices disponibles para los países y subregiones de América Latina ofrecen datos útiles para el análisis de las cadenas regionales de producción en una región donde previamente no existía una matriz insumo-producto multi-país. El conjunto de matrices de insumo producto que la CEPAL ha producido (nacionales, subregionales, y la MIP Latinoamericana) son de acceso público y pueden descargarse, junto al manual metodológico, en la web de la División de Comercio e Integración de la CEPAL.

La matriz sudamericana (2005 y 2011) muestra las relaciones productivas y comerciales entre 10 países de la región: Argentina, Bolivia, E.P., Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela, R.B.), y la matriz latinoamericana, las de 18 países<sup>1</sup>. Todas las matrices poseen una estructura de 40 sectores con transacciones valoradas en precios básicos y apertura de los insumos intermedios (utilización intermedia) total en doméstica e importada (tanto insumos intermedios intrarregionales como extrarregionales), así como vectores de exportaciones finales por países y regiones.

Los resultados de este manual presentan ejemplos de indicadores calculados con la MIP de América del Sur para 2005, 2011 y 2014, así como también de la MIP Latinoamericana, o de matrices nacionales disponibles para años más recientes. A lo largo del manual se irán poniendo ejemplos particulares según sea el caso del indicador explicado.

El diagrama 4 ilustra la estructura de las MIP regionales de América Latina (MIP Comunidad Andina, MIP MERCOSUR, MIP Alianza del Pacífico, y MIP Sudamericana). La lectura de esta matriz es similar al ejemplo presentado anteriormente (véase el diagrama 3). En este caso, la diagonal principal de la matriz de demanda intermedia Z ofrece los insumos intermedios domésticos ( $Z^{A,A}$ ,  $Z^{B,B}$ ,  $Z^{C,C}$ ), matrices de  $N \times N$  sectores similares a las SRIO con los cuáles se calculan los coeficientes técnicos domésticos de cada país, tal cual queda reflejado en la ecuación (2). Fuera de la diagonal principal quedan reflejados los insumos importados tanto de países sudamericanos como desde el resto del mundo (Rdm). Así, en el ejemplo del esquema 4, el País A importa insumos del país B y C de la región y de insumos del resto del mundo ( $Z^{B,A}$ ,  $Z^{C,A}$ ,  $Z^{Rdm,A}$ ). Recordar que tanto para subíndices (generalmente sectores) como para superíndices (países o regiones), el primer elemento informa sobre el origen y el segundo sobre el destino de las transacciones. En este sentido,  $Z^{B,A}$  son insumos procedentes (exportados) del país B que recibe (importa) el país A. Esta nomenclatura aplica para todo el documento exceptuando la Sección IV, apartado C.

**Diagrama 4**  
**Estructura de la Matriz Insumo Producto Regional y Multirregional**  
*(Versión simplificada)*

**RIOT**

	Consumos intermedios				Demanda final			RoW	Output total
	País A	País B	País C	RoW	País A	País B	País C		
País A	$Z^{A,A}$	$Z^{B,A}$	$Z^{C,A}$		$Y^{A,A}$	$Y^{B,A}$	$Y^{C,A}$	$R^{A, RoW}$	Output <sup>A</sup>
País B	$Z^{B,A}$	$Z^{B,B}$	$Z^{C,B}$		$Y^{B,A}$	$Y^{B,B}$	$Y^{C,B}$	$R^{B, RoW}$	Output <sup>B</sup>
País C	$Z^{C,A}$	$Z^{C,B}$	$Z^{C,C}$		$Y^{C,A}$	$Y^{C,B}$	$Y^{C,C}$	$R^{C, RoW}$	Output <sup>C</sup>
Resto mundo (RoW)	$Z^{RoW,A}$	$Z^{RoW,B}$	$Z^{RoW,C}$						
Fletes y seguros	$FI^A$	$FI^B$	$FI^C$						
Total c. intermedios	$TI^A$	$TI^B$	$TI^C$						
Valor añadido (precios básicos)	$VA^A$	$VA^B$	$VA^C$						
Output total	Output <sup>A</sup>	Output <sup>B</sup>	Output <sup>C</sup>						
Cuentas satélite	$f^A$	$f^B$	$f^C$						

<sup>1</sup> Los países considerados son: Argentina, Bolivia, E.P., Brasil, Colombia, Costa Rica, Chile, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Uruguay, y Venezuela, R.B.

MRIOT

	Consumos intermedios				Demanda final				Output total
	País A	País B	País C	RoW	País A	País B	País C	RoW	
País A	$Z^{A,A}$	$Z^{A,B}$	$Z^{A,C}$	$Z^{A,RoW}$	$Y^{A,A}$	$Y^{A,B}$	$Y^{A,C}$	$Y^{A,RoW}$	Output <sup>A</sup>
País B	$Z^{B,A}$	$Z^{B,B}$	$Z^{B,C}$	$Z^{B,RoW}$	$Y^{B,A}$	$Y^{B,B}$	$Y^{B,C}$	$Y^{B,RoW}$	Output <sup>B</sup>
País C	$Z^{C,A}$	$Z^{C,B}$	$Z^{C,C}$	$Z^{C,RoW}$	$Y^{C,A}$	$Y^{C,B}$	$Y^{C,C}$	$Y^{C,RoW}$	Output <sup>C</sup>
Resto mundo (RoW)	$Z^{RoW,A}$	$Z^{RoW,B}$	$Z^{RoW,C}$	$Z^{RoW,RoW}$	$Y^{RoW,A}$	$Y^{RoW,B}$	$Y^{RoW,C}$	$Y^{RoW,RoW}$	Output <sup>RoW</sup>
Fletes y seguros	$FI^A$	$FI^B$	$FI^C$	$FI^{RoW}$					
Total c. intermedios	$TI^A$	$TI^B$	$TI^C$	$TI^{RoW}$					
Valor añadido (precios básicos)	$VA^A$	$VA^B$	$VA^C$	$VA^{RoW}$					
	Output <sup>A</sup>	Output <sup>B</sup>	Output <sup>C</sup>	Output <sup>RoW</sup>					
Cuentas satélite	$f^A$	$f^B$	$f^C$	$f^D$					

Fuente: elaboración propia a partir de la Matriz Insumo Producto de América del Sur (CEPAL, 2016).

A modo de ejemplo, desde la perspectiva del gasto, el sector 2 del País A utiliza outputs del sector 1 de su propia economía como insumos para su proceso de producción  $Z_{1,2}^{A,A}$ , empleando trabajo y capital, capturado por el valor agregado  $VAB_2^A$  para producir un output valorado en  $VBP_2^A$ . Desde la perspectiva del ingreso, el output producido puede destinarse a satisfacer la demanda intermedia del mismo país ( $Z^{A,A}$ ) o de otros ( $Z^{A,B}$   $Z^{A,C}$ ) o satisfacer la demanda final, bien siendo consumido por la demanda doméstica ( $Y^{A,A}=C+FBC$ ) o exportado al mundo ( $Y^{A,B}$   $Y^{A,C}$   $Y^{A,RoW}$ , siendo  $Y$  exportaciones finales y  $R$  exportaciones totales), y por ende no es utilizado en el proceso productivo. Otro ejemplo centrándonos en la matriz regional, el sector del calzado de la economía argentina (ARG) importa productos brasileños (BRA) como insumos intermedios, por ejemplo del sector  $Z_{textil,calzado}^{BRA,ARG}$ , que transforma o mejora usando factor trabajo y/o capital por valor  $VAB_{calzado}^{ARG}$  y produce un output valorado en  $VBP_{calzado}^{ARG}$ . Estas propiedades de la matriz permiten que sea posible descomponer el contenido del valor agregado tanto nacional como importado, discriminando también el origen de los insumos incorporados en la producción, y/o el destino de los mismos.

En este documento se entiende por "regional" las exportaciones, importaciones o el valor agregado que hace referencia a los países de la matriz insumo producto regional, mientras que extranjero o extrazona hace alusión al resto. Las RIOT no hace endógenas todas las transacciones interregionales (véase el diagrama 4). Al carecer de información sobre los consumos intermedios que la región exporta al "resto del mundo", así como los consumos intermedios extra-regionales y la demanda final importada regional del exterior (de fuera de la región), la matriz se encuentra a medio camino entre una matriz nacional y una multiregional. Análisis sobre indicadores de comercio (inputs importados sobre el PIB, especialización vertical) pueden ser desarrollados desde la perspectiva nacional o SRIO, con la ventaja de disponer de información adicional sobre países de la región y el resto del mundo, con los que ampliar los indicadores típicos de análisis SRIO. Este tipo de matrices RIOT pueden verse en ejemplos como la desarrollada por el Banco de Desarrollo de Asia Bank (ADB, 2015), el *Institute of Developing Economies, Japan External Organization* (IDE-JETRO, 2005), *China 30-Province Inter-Regional Input-Output Table* (Liu et. al, 2014) o la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2016).

No obstante, las propiedades destacadas de la MIP regional y el conjunto de matrices nacionales vinculadas a ella, es necesario aclarar se trata de una MRIOT incompleta, puesto que no está cerrada

con el mundo (véase el diagrama 4). Así, la RIOT Latinoamericana (MIP LA) podría ser definida como un modelo abierto de dieciocho regiones, o *Ten-Region Open Model* (Nakamura, 2009; Miller y Blair, 2009). Análisis sobre indicadores comerciales pueden ser desarrollados desde la perspectiva nacional o SRIO, con la ventaja de disponer de información adicional sobre países de la región y el resto del mundo, con los que ampliar los indicadores típicos de análisis SRIO. Lalanne desarrolla una adaptación de medidas o indicadores para el caso de RIOT, como pueden ser: medidas de valor agregado en las exportaciones, medidas de importancia de la producción en cadenas regionales de valor; medidas para caracterizar a las exportaciones bilaterales; y medidas para caracterizar a la posición de un país-sector en las cadenas (Lalanne, 2020). Junto con manuales orientados a MRIOT (Ahmad y otros, 2017; Arto, I., et al. 2019), el lector encontrará indicadores y propuestas metodológicas para estudiar las CGV en toda su amplitud.

El estudio exhaustivo de CGV en esta matriz no puede ser desarrollado, debido a las limitaciones previamente explicadas. Con el propósito de superar estas limitaciones, la CEPAL trabaja actualmente en un proyecto que tiene como objetivo principal ampliar la cobertura de las MIP de la región y su vínculo con otras regiones del mundo, principalmente de Asia y el Pacífico, la Unión Europea, así como también de un conjunto de socios de interés más allá de estas subregiones. Para ello, la matriz de América Latina se compatibiliza con la matriz multipaís del Banco Asiático de Desarrollo (ADB), así como con la información del conjunto de matrices de la base de la Organización de Cooperación y Desarrollo (OCDE). La ruta crítica para alcanzar dicho propósito consiste en la homogeneización de los sectores de las diversas iniciativas a fin de alcanzar un mismo conjunto de sectores que permitirá, luego de un proceso de validación de las cifras de comercio exterior, la reconciliación de estadísticas de todas las iniciativas en una nueva matriz global que tendrá como virtud principal la de permitir análisis más amplios de cadenas de valor, y fragmentación productiva para países tanto de América Latina como de Asia Pacífico entre sí y con el mundo (Durán, 2019). No obstante, la MIP regional, así como la matriz de América del Sur y las de las principales subregiones (Comunidad Andina, MERCOSUR, Centroamérica, y la Alianza del Pacífico), ofrecen dos ventajas principales: *i*) la producción y comercio de dichas regiones están definida por actividades de carácter primario y extractivo, si bien las principales bases de datos MRIO agregan estos sectores, en favor de una mayor desagregación sectorial en actividades manufactureras y de servicios. El ensamblaje de todas estas matrices tuvo en cuenta las características propias de la región/subregiones a la hora de confeccionar una desagregación sectorial representativa, con la que pueden establecerse análisis sectoriales más precisos; *ii*) además, el resto de bases de datos sobre IOT por norma general no incluyen a la gran mayoría de países latinoamericanos. Es por ello que la MIP regional y las subregionales son idóneas para estudiar la integración regional.

Por último, se hace notar que adicionalmente a la construcción de la MIP regional, la CEPAL ha compilado vectores de empleo (por cualificación y género) y emisiones de CO<sub>2</sub> consistentes con la producción de cada país de la región, y con la misma apertura que las matrices principales (40 sectores). De este modo, es posible el cálculo de empleo vinculado con la demanda final y sus componentes (consumo, inversión y exportaciones), así como también de emisiones incrustadas en la producción, cubriendo tópicos referidos a lo social y ambiental, vale decir del desarrollo sostenible. Estas cuentas satélites en permanente desarrollo son de acceso público bajo pedido a la División de Comercio Internacional e Integración de la CEPAL.

## **B. Bases de datos de matrices insumo-producto multirregionales (MRIOT)**

Además de la matriz sudamericana 2005 y las matrices de insumo producto latinoamericanas de 2011 y 2014, este manual considera como fuente complementaria análisis con matrices multirregionales y globales. Ambos tipos de matrices son la fuente principal de los análisis presentados en las siguientes secciones. Las matrices multirregionales se sustentan en la metodología insumo-producto al igual que las matrices regionales, aunque si bien cada una tiene sus particularidades. Los conjuntos de datos de

estas matrices difieren principalmente en tres aspectos: *i)* la metodología de construcción y las fuentes primarias utilizadas. Si bien las MIP provienen de los cuadros de oferta y utilización y las Cuentas Nacionales, pueden surgir diferencias entre bases de datos; *ii)* los métodos e información disponible para asignar insumos intermedios importados a sectores que los utilizan; y *iii)* la cobertura de países, sectores o productos y años.

Durante el trienio 2018-2020 la Comisión Económica para América Latina y el Caribe en conjunto con la Comisión Economía y Social para Asia y el Pacífico (CESAP) desarrollaron el proyecto “Desarrollo de cadenas de valor para una integración más profunda entre América Latina y Asia Pacífico”. A partir de este proyecto, se construyeron Matrices Globales de Insumo-Producto (MRIOT). Estas incluyen las matrices de insumo-producto previamente desarrolladas por cada institución: la matriz multi-país del Banco Asiático de Desarrollo y la Matriz Sudamericana ensamblada para 2005, así como las matrices insumo-producto para América Latina y el Caribe 2011 y 2014, ensambladas por la CEPAL. Las nuevas matrices de Insumo-Producto constituyen una herramienta potente para el desarrollo de políticas públicas y el impulso de las cadenas globales y regionales de valor. Ellas desagregan la producción para 20 sectores e incluyen a 71 economías, además del Resto de América Latina (ROLAC) y el Resto del Mundo, para los años 2007, 2011 y 2017. ROLAC en estas matrices agrega a Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y República Dominicana.

Por otra parte, se ha liberado al público una matriz para 2011 que incluye 25 sectores y 78 economías más el Resto del Mundo. Esta matriz desagrega todos los países del grupo ROLAC, y es consistente con la nueva matriz del Banco Asiático de Desarrollo que abarca 38 sectores económicos. Entre los archivos que se hacen públicos se incluye una tabla de correlación entre las iniciativas de la World Input-Output Database (WIOD), la CEPAL y el ADB.

A continuación, se presentan de forma esquemática las principales bases de datos vigentes que incluyen tablas de insumo-producto a nivel multirregional. En estas bases se destaca la presencia de algunos de los países del Hemisferio Occidental (Canadá, Estados Unidos, y América Latina y el Caribe) (véase el Cuadro 1). En dicho cuadro también se presentan todas las matrices de insumo producto que se han producido en CEPAL como parte de los proyectos: “Matriz de Insumo Producto para la Política Industrial en América Latina y el Caribe”, y “Desarrollo de cadenas de valor para una integración más profunda entre América Latina y Asia Pacífico”. Como resultado del primer proyecto mencionado, CEPAL alcanzó la extensión de la MIP desde América del Sur a toda la región, incluyendo a México, Centroamérica y República Dominicana. Asimismo, entre los socios extrarregionales se incluyó la apertura de dieciséis nuevos socios de Asia Pacífico: Australia, Brunéi, Camboya, Japón, China, República de Corea, Filipinas, Indonesia, Japón, Laos, Malasia, Tailandia, Malasia, Mongolia, Nueva Zelanda, Myanmar, Singapur, y Vietnam. A estos socios se agregan además un conjunto de socios de interés para América Latina, CARICOM, Cuba, Estados Unidos, Canadá, Unión Europea 28, y Resto de Asia y Resto del Mundo, conjunto de socios que ya se incluyeron en la primera matriz de insumo producto sudamericana (CEPAL, 2016).

Con dichas matrices pueden calcularse indicadores más avanzados y con un mayor grado de descomposición que presentan información detallada sobre las características que definen el fenómeno de la fragmentación internacional de la producción plasmada en las CGV. Además, la gran mayoría de las bases de datos presentadas en el Cuadro 1 ofrecen algún tipo de cuenta satélite, cuentas socioeconómicas y ambientales, con vectores sobre empleo, materiales utilizados, emisiones al aire, uso de la tierra, y otros factores. Dependiendo de las necesidades específicas del investigador, técnico o funcionario, estas bases de datos pueden servir como herramienta principal o como complemento para el análisis de cadenas de valor en América Latina y el Caribe.

**Cuadro 1**  
**Bases de datos regionales y multirregionales MRIO (Multi-Regional Input-Output)**

Bases de datos	Regiones	Países del Hemisferio Occidental	Sectores	Años
World Input-Output Database (WIOD)	41		35	1995-2011
	44	Canadá, Brasil, Estados Unidos, y México	56	2000-2014
Inter-Country Input-Output Tables ICIO-OECD	61	Argentina, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, Costa Rica, Estados Unidos, México y Perú	34	1995-2011
	64	Argentina, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, Costa Rica, Estados Unidos, México y Perú	36	2005-2015
	66	Argentina, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, Costa Rica, Estados Unidos, México y Perú	45	1995-2018
UNCTAD-Eora GVC Database	189	Todos, excepto Anguilla, Dominica, Granada, Guayana Francesa, Montserrat, San Vicente y las Granadinas, Santa Lucía, San Cristóbal y Nieves, Islas Turcas y Caicos, Islas Vírgenes (EE.UU.)	26	1990-2016
GTAP 10	141	Estados Unidos, Canadá, México; América Central excepto Belice; América del Sur excepto Guyana, Guayana Francesa, Surinam; Del Caribe: Jamaica, República Dominicana y Puerto Rico	65	2004, 2007, 2011, 2014
Asian International Input-Output Table 2005 IDE-JETRO	10	Estados Unidos	7	2005
			26	
EXIOBASE	44	Canadá, Estados Unidos, Brasil, México	129	2000
	48		163	1995-2011
MRIOT FEALAC (CEPAL-ADB-ESCAP)	83	Canadá, Estados Unidos, México, Argentina, Bolivia, E.P., Brasil, Colombia, Chile, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Uruguay, y Venezuela (República Bolivariana de)	20	2007, 2011, 2017
	71		25	
Matriz de Insumo Producto de América del Sur CEPAL-IPEA	10	Argentina, Bolivia, E.P., Brasil, Colombia, Chile, Ecuador, Paraguay, Perú, Uruguay, y (República Bolivariana de).	40	2005, 2011 y 2014
Matriz de Insumo Producto de América Latina	18	Argentina, Bolivia, E.P., Brasil, Colombia, Chile, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Uruguay, y Venezuela (República Bolivariana de).	40	2011, 2014
Matriz Multipaís Banco Asiático de Desarrollo	62	Brasil, México	35	2011-2017
Matriz Multipaís Banco Asiático de Desarrollo	71	Argentina, Bolivia, E.P., Brasil, Colombia, Chile, Ecuador, México, Paraguay, Perú, Uruguay, y Venezuela (República Bolivariana de).	35 38	2011-2017
Matriz Insumo Producto del MERCOSUR	5	Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay, y Venezuela (República Bolivariana de).	40	2005 y 2011
Matriz de Insumo Producto de la Comunidad Andina	4	Bolivia (Estado Plurinacional de), Colombia, Ecuador, y Perú,	40	2005, 2011, 2014
BRICs international Input-Output Table 2005 IDE-JETRO	7	Brasil y Estados Unidos	7 25	2005

Fuente: Elaboración propia a partir de Jones, Powers, y Ubee (2013) e información disponible en sitios oficiales de CEPAL, GTAP, IDE-JETRO; ADB; OCDE; EXIOBASE, WIOD, entre otros.

### C. Supuestos y limitaciones del modelo de insumo producto

Por la simplicidad de su estructura, el modelo de insumo-producto tiene la ventaja de ofrecer fácilmente información directa sobre los vínculos intra e intersectoriales, así como de los efectos derivados sobre

la economía a partir del uso de los multiplicadores del modelo. Teniendo en cuenta esta consideración, hay que indicar que el modelo insumo producto se apoya en una serie de supuestos o hipótesis que veremos a continuación (Schuschny, 2005):

- *Hipótesis de homogeneidad sectorial*: en las matrices insumo-producto simétricas, cada insumo es suministrado por un solo sector de producción. Mediante los supuestos de tecnología de producto o de tecnología de industria, las producciones secundarias se relocalizan en los sectores donde son producción principal. Es decir, cada sector produce un solo producto con igual estructura de insumos (Lora, 2008).
- *Hipótesis de invarianza de precios relativos*: con la finalidad de homogeneizar la medición de los agregados, los precios de los insumos y los productos se mantendrán invariables con respecto a los precios de un año base.
- *Hipótesis de proporcionalidad estricta*: la cantidad de insumos intermedios varía en la misma proporción que la producción. Esto implica que la composición de los productos de cada sector es fija, por lo que la función de producción del modelo de Leontief es lineal, con coeficientes técnicos fijos y rendimientos constantes de escala.
- *Hipótesis de aditividad*: se supone que el efecto total de la producción en una economía es igual a la sumatoria de los efectos sobre la producción sectorial.

Estas hipótesis, que constituyen la base de la simplicidad y utilidad del modelo, traen consigo una serie de limitaciones:

- Las MIP simétricas impiden analizar la cadena de valor intra-sectorial, al homogeneizar productos/sectores en industrias determinadas. Además, no hay posibilidad de sustitución de insumos. Los insumos intermedios de todos los sectores agregados se consolidan en una única industria.
- Los coeficientes técnicos fijos imponen la suposición de que todas las firmas tienen la misma tecnología de producción y los mismos niveles de eficiencia, imposibilitando las economías de escala.
- No tiene en cuenta la incorporación de bienes duraderos dentro de la matriz: los bienes de capital (construcciones, maquinaria, vehículos, etc.) que integran la formación bruta de capital fijo, se incluyen dentro de la demanda final, como productos terminados en lugar de factores primarios con capacidad de aportar productividad.
- Las matrices valoradas en términos monetarios suponen flujos equivalentes a los flujos físicos de bienes y servicios, por lo que el sistema de precios es perfectamente homogéneo. Esto no sucede en la práctica.

Si bien dichas limitaciones no son desdeñables, las ventajas del modelo insumo-producto sobrepasan sus defectos. El nivel de desagregación sectorial que ofrece, la medición de los vínculos intersectoriales, sus extensiones y aplicaciones (descomposición estructural, análisis de impacto, cadenas de valor, impactos ambientales y socioeconómicos), y principalmente su sencillez confieren importancia al modelo, que actualmente es de uso extendido.



## II. Indicadores básicos

En esta sección nos centramos en las matrices domésticas o nacionales, que están representadas en la diagonal principal de las MIP regionales y multirregionales (ej.  $Z^{A,A}$ ,  $Z^{B,B}$ , etc.). Se presentan los siguientes indicadores a derivar de una MIP que servirán a profesionales y decisores políticos como guía para generar información valiosa con la que llevar a cabo políticas que promuevan el comercio, impulsen la industria o sepan responder a efectos derivados de cambios en la demanda final. Los cálculos pueden ser desarrollados utilizando cualquier tipo de software matemático (Matlab, Stata, SAS, R, etc.). Igualmente, mediante un proceso menos automatizado pueden desarrollarse cálculos mediante Microsoft Excel o cualquier otra aplicación de hojas de cálculo. En adelante, en esta y las secciones subsiguientes se intercalará la metodología propuesta para el cálculo de los indicadores con su formalización particular, y en algunos casos alguna referencia gráfica que permita alguna interpretación analítica sugerida, siempre con el objetivo final de que los cálculos puedan ser reproducidos por los usuarios del manual.

Los indicadores de estructura presentados en esta sección ofrecen una visión general sobre la producción, el comercio y los vínculos sectoriales de un país en particular, o a su vez de la región en su conjunto si se presentan y analizan de manera conjunta. Con estos cálculos podremos obtener información sobre el PIB por país y sector; el peso de los insumos importados sobre los domésticos y el PIB; encadenamientos hacia atrás y hacia adelante; y el índice de Rasmussen y Hirschman. Si bien todos los cálculos suelen ser agregados por país, los mismos procedimientos pueden aplicarse para estudiar sectores específicos de la economía, y como ya se indicó, también son útiles para el análisis comparado de los diversos países de la región, de modo tal que se puedan identificar patrones y tipologías de países, y/o subregiones (MERCOSUR, Comunidad Andina, por ejemplo).

### A. Cálculo del PIB por país y sector

Las MIP ofrecen a primera vista información sobre el PIB por países y sectores: aparece directamente recogido por el vector  $1 \times N$  del Valor Agregado Bruto a precios básicos (VAB), siendo  $N$  el número de sectores. Tanto para el cálculo del PIB, como para futuros cálculos relacionados con el valor agregado,

se presenta el Valor Agregado por unidad producida ( $V$ ) como el vector de valor agregado bruto ( $VAB$ )  $1 \times N$  dividido por el valor bruto de producción. Nótese que aquí, al ser  $VAB$  un vector y no una matriz, el vector  $x$  no tiene que diagonalizarse como en el cálculo de los coeficientes técnicos. Éste es un ejemplo de factor, así como pueden ser también el número de empleados o las emisiones de  $CO_2$  de los sectores industriales, que veremos en la Sección V y cuyo tratamiento es igual que el aquí presentado:

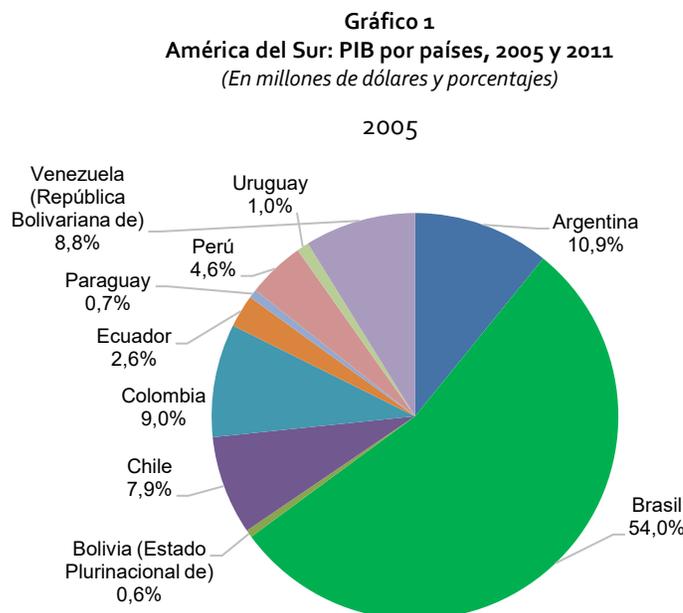
$$V = VABx^{-1} = \left[ \frac{VAB_1}{x_1} \quad \frac{VAB_2}{x_2} \quad \dots \quad \frac{VAB_N}{x_N} \right] \tag{8}$$

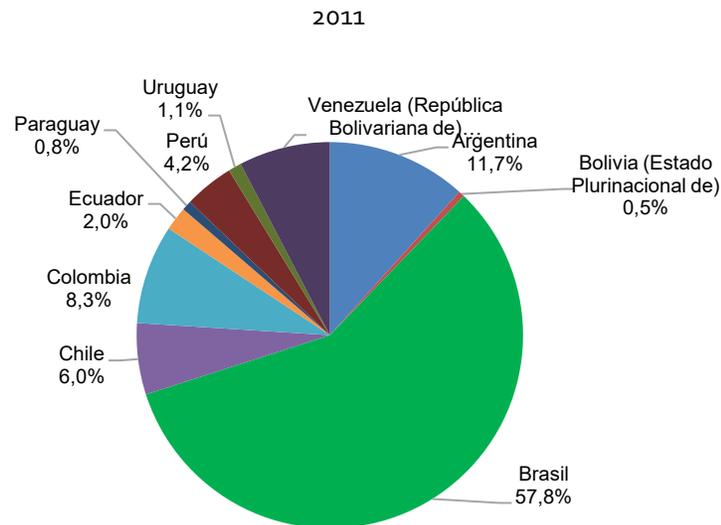
La suma del VAB de los sectores ofrece el PIB del país. El VAB engloba la contribución total de factores en todas las ramas de la economía de un país o región, para la producción de bienes y servicios que finalmente serán consumidos (tanto domésticos como para consumo extranjero). No obstante, como primer ejercicio de aproximación a la metodología insumo-producto, se calcula el PIB como queda reflejado en:

$$PIB_p = V(I - A)^{-1}y = [V_1 \quad V_2 \quad \dots \quad V_N] \begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & \dots & l_{1N} \\ l_{21} & l_{22} & \dots & l_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ l_{N1} & l_{N2} & \dots & l_{NN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_N \end{bmatrix} \tag{9}$$

Donde el PIB de un país es resultado de pre-multiplicar  $V$  de la ecuación (8) por la inversa de Leontief doméstica, multiplicada por la demanda final  $y$ , del país  $p$ . Como recordatorio de la lectura de la inversa de Leontief, el elemento  $l_{iN}$  representa los requerimientos domésticos totales, directos e indirectos, que el sector  $N$  necesita del sector  $i$  para producir una unidad de producto final que satisfaga a la demanda final. Siguiendo la lógica del álgebra matricial y puesto que en este caso el coeficiente de valor agregado  $V$  y la demanda final  $y$  no han sido diagonalizados, el resultado de la ecuación es un solo valor que representa el PIB del país.

El Gráfico 1 muestra los resultados del cálculo del PIB por países de América del Sur, pudiendo identificar a Brasil como la principal economía de dicha región, seguido de Argentina y Colombia. En 2005, estos tres países conformaron el 73,9% del PIB de América del Sur. Dicha relación se mantiene en 2011, con la particularidad de que hay un aumento en la participación de Argentina y Brasil, y de sus vecinos más cercanos, Paraguay y Uruguay, en tanto que el resto de los países mostraron una reducción de la participación.

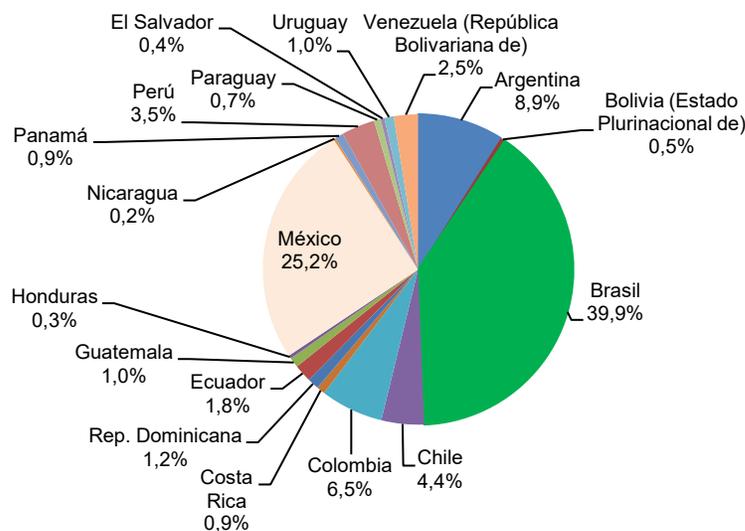




Fuente: Elaboración propia a partir de la MIP SA.

El Gráfico 2 muestra la distribución del PIB de los dieciocho países de la región en 2014, incluyendo México y Centroamérica. Allí puede observarse que México representa el 25% del PIB latinoamericano, y que Brasil es el país con mayor proporción del producto regional (casi 40%), con Argentina, y Colombia con participaciones por debajo sobre el 5% (8,9% y 6,5% del PIB, respectivamente) Entre los países centroamericanos, Guatemala, Costa Rica y Panamá reportan un PIB en torno al 1%. Los países más pequeños de la región que forman parte de la MIP regional son Nicaragua, Honduras y el Salvador, con PIB por debajo del 0,5% (Véase el gráfico 2).

**Gráfico 2**  
**Latinoamérica: PIB por países, 2014**  
*(En millones de dólares y porcentajes)*

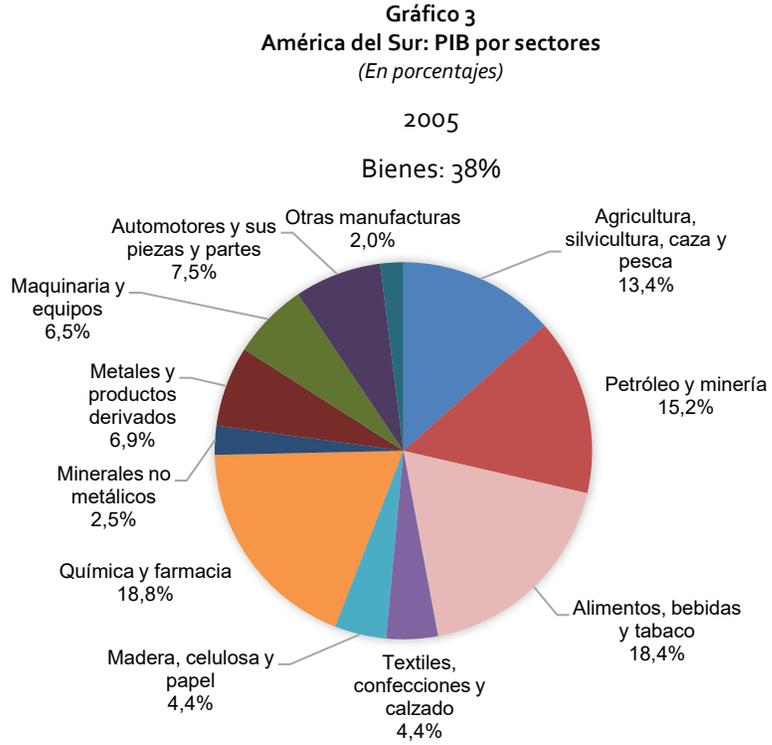


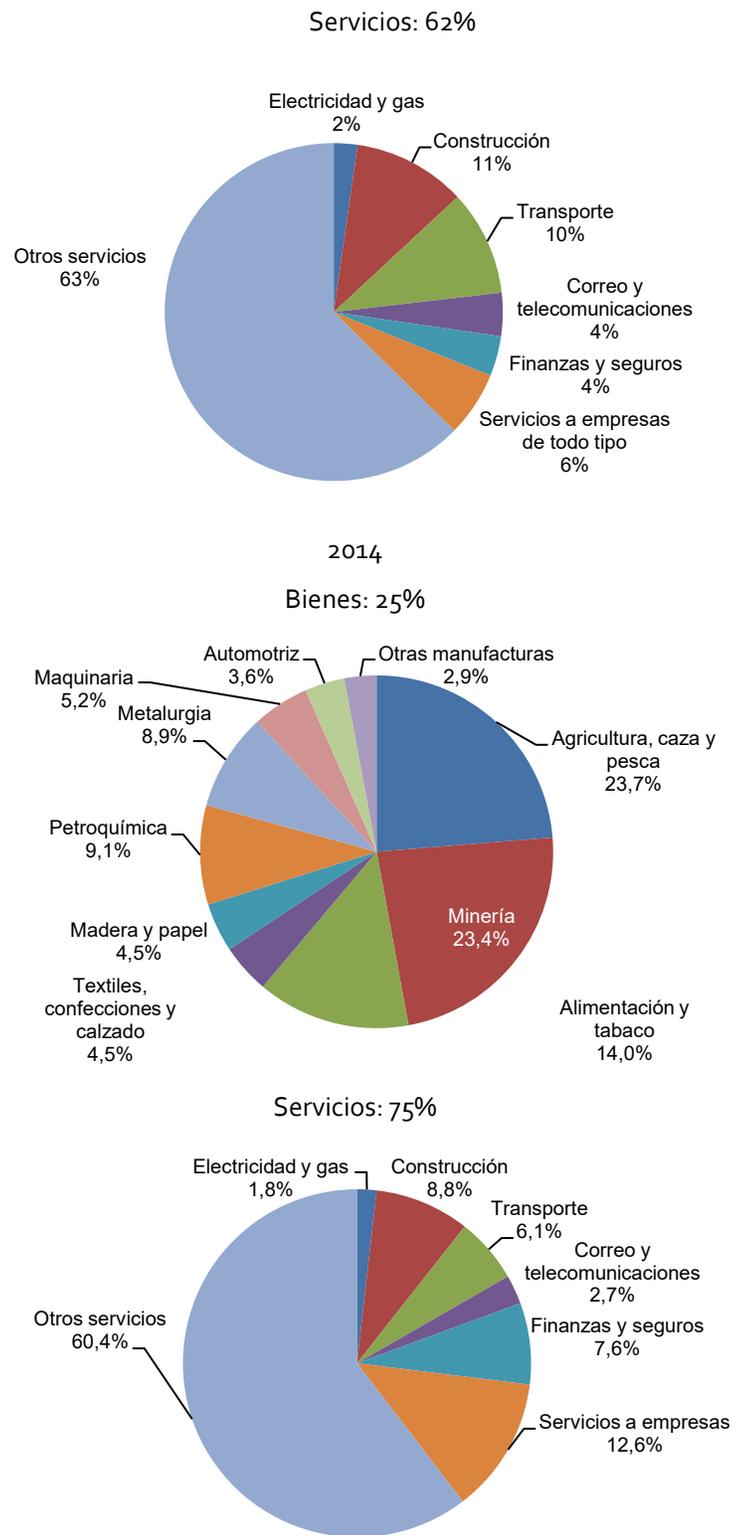
Fuente: Elaboración propia a partir de la MIP LA.

La ecuación (10) ofrece resultados a nivel sectorial. El resultado es un vector  $N \times 1$  que recoge la aportación de cada sector al PIB del conjunto de la economía. La matriz  $V$  esta vez ha sido diagonalizada. La inversa de Leontief no muestra cambios respecto a la ecuación (3). Este cálculo supone un ejercicio de comprensión útil para entender el funcionamiento de la MIP y los procedimientos que surjan de los sucesivos indicadores. Utilizando el vector de demanda final diagonalizado tendríamos una matriz  $N \times N$  cuya suma por filas arrojaría los mismos resultados.

$$\begin{bmatrix} PIB_1 \\ PIB_2 \\ \vdots \\ PIB_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & V_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & V_N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & \dots & l_{1N} \\ l_{21} & l_{22} & \dots & l_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ l_{N1} & l_{N2} & \dots & l_{NN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_N \end{bmatrix} \tag{10}$$

A nivel sectorial, el Gráfico 3 muestra la contribución sectorial al PIB Sudamericano en 2005 y 2014. Para facilitar su representación gráfica, y a modo ilustrativo dicho gráfico ha agregado los 40 sectores de la MIP a 12 grandes categorías, y los 7 sectores de servicios se observan por separado. Centrando la atención en el ejemplo de Argentina, el país destaca por generar un mayor valor agregado en los servicios. El 62% de la actividad económica en la región proviene de servicios relacionados con el turismo, servicios empresariales, finanzas y seguros, transporte, construcción, electricidad y gas, y otros servicios. En las economías desarrolladas el peso de los servicios oscila en torno al 70% del PIB (Lanz y Maurer, 2015). El peso de sectores primarios y de naturaleza extractiva también define la estructura productiva de la región, donde la agricultura, ganadería y pesca, la alimentación, bebidas y tabaco, así como la minería, suponen un 17,8 y un 15,1% del PIB sudamericano en 2005 y 2014, respectivamente.

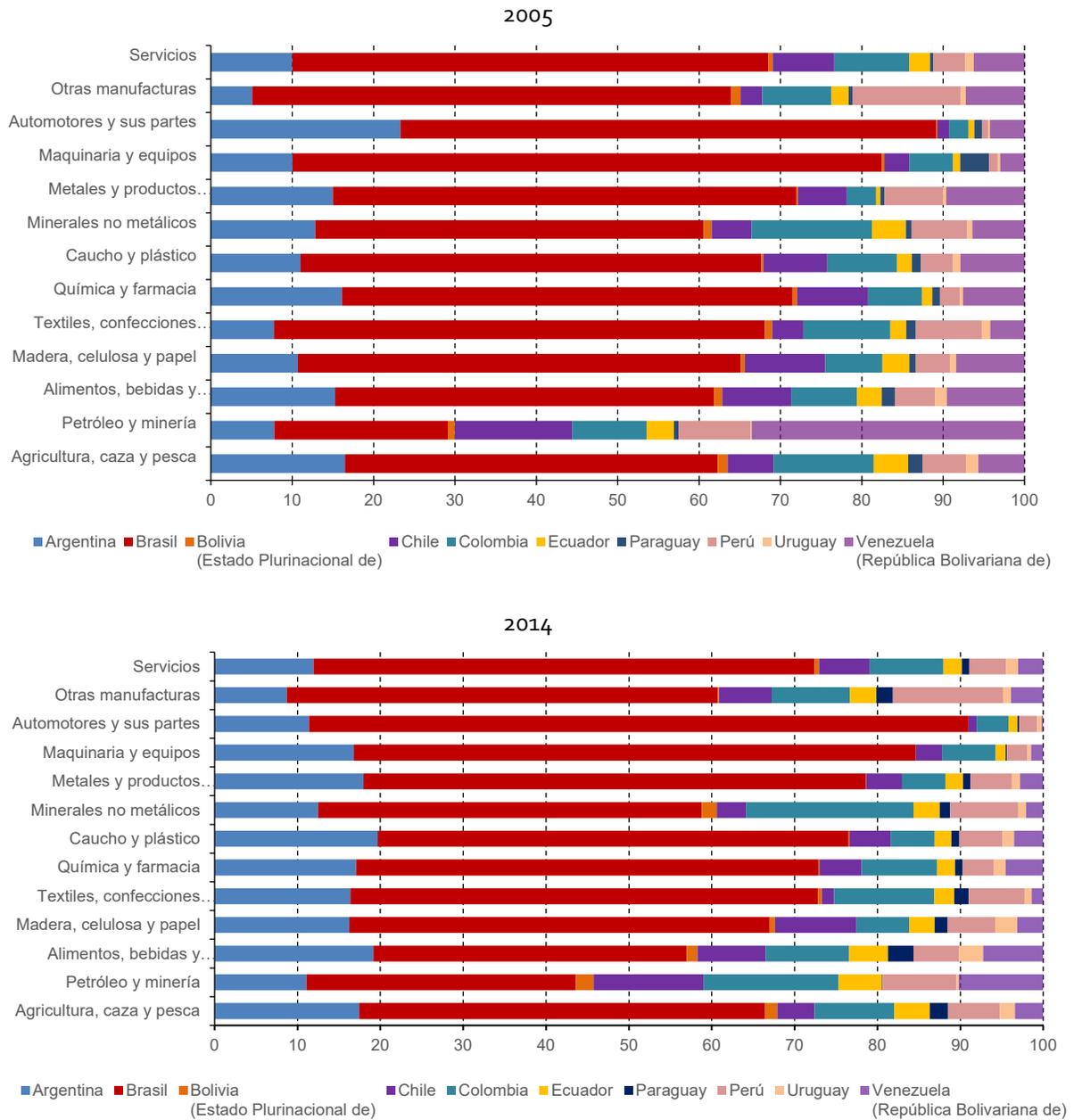




Fuente: Elaboración propia.

Brasil ocupa una posición predominante en la economía sudamericana al observar la participación de cada país en trece grandes sectores agregados (Gráfico 4). El 66% del PIB generado por el sector de Automotores y sus partes proviene del gigante sudamericano. Destaca también la participación brasileña en Textiles, confecciones y calzado (60%); Servicios (59%) y Otras manufacturas (59%). La menor participación de Brasil se observa en el sector del Petróleo y minería (21% del PIB sudamericano). Venezuela (petróleo), así como Chile, Perú (cobre) y Colombia (carbón y petróleo), alcanzan juntos el 66% del PIB del sector en América del Sur.

**Gráfico 4**  
**América del Sur: participación sectorial en el PIB por países de origen, 2005 y 2014**  
*(En porcentajes)*



Fuente: elaboración propia a partir de la MIP LA.

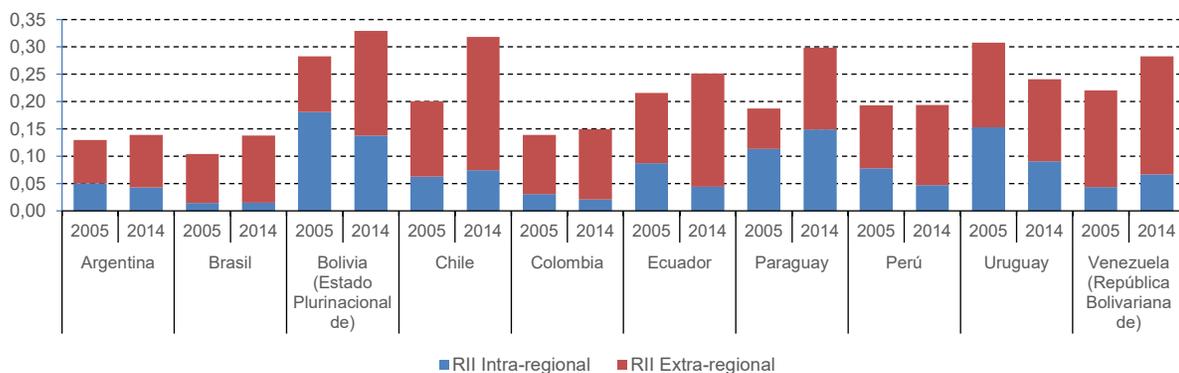
## B. Ratio de insumos importados sobre insumos domésticos

Este indicador (RII) sirve para comparar el valor de los insumos intermedios importados y domésticos utilizados en la producción de un país  $p$ . Los insumos, tanto importados como domésticos, son los requerimientos directos de una economía dada, es decir, no tienen en cuenta los requerimientos indirectos que también captura la matriz Inversa de Leontief. Un resultado de  $RII$  superior a uno indica que los insumos intermedios importados tienen una mayor participación que los domésticos en el total de los insumos del país/sector, o viceversa, si el ratio se sitúa por debajo de uno.

$$RII_p = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N Z_{ij}^M}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N Z_{ij}^D} \quad (11)$$

Donde el numerador es un valor que representa la suma total de la matriz  $N \times N$  de insumos intermedios importados  $Z^M$ , siendo  $i$  y  $j$  los sectores fila y columna, respectivamente. El valor del denominador es la sumatoria de insumos domésticos  $Z^D$ . El Gráfico 5 muestra el  $RII$  para el conjunto de países de América del Sur en 2005 y 2014, con una descomposición adicional del contenido de insumos importados de origen intrarregional y extrarregional, a fin de determinar el peso del mercado sudamericano como fuente de insumos importados. Varias apreciaciones pueden ser extraídas a partir del gráfico: *i*) en 2005, a excepción de Uruguay, todos los países sudamericanos han visto aumentar su dependencia de insumos importados; *ii*) a excepción de Venezuela, la participación de insumos importados extra-regionales sobre el total de insumos importados ha aumentado considerablemente, reflejando posibles carencias en la integración regional. Si bien ya en 2005 países como Brasil y Colombia importaban insumos intermedios extra-regionales, países que parecían más integrados en 2005 como Bolivia o Paraguay han pasado en 2014 a requerir una mayor proporción de insumos procedentes de fuera de América del Sur; *iii*) actualmente, Bolivia, Chile y Paraguay son los países de América del Sur que más insumos importan por insumos domésticos producidos: se requieren entre 0,33, 0,3 dólares de insumos importados por cada dólar de insumo doméstico requerido por estas economías. La menor dependencia se observa en Brasil, Argentina y Colombia. Se advierte que, en estos tres países, el ratio de insumos extra-regionales es mucho mayor que en el resto de los países de América del Sur.

Gráfico 5  
Ratio de insumos importados sobre insumos domésticos en los países de América del Sur



Fuente: elaboración propia a partir de la Matriz de Insumo-Producto de América del Sur y MIP LA.

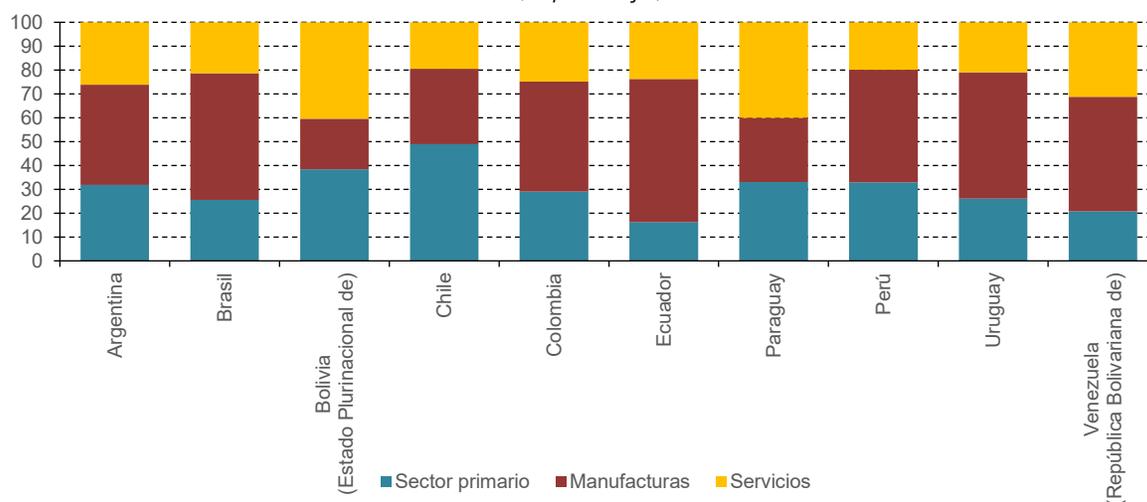
Este indicador también puede ser utilizado para medir la dependencia a nivel sectorial, entendido como el ratio de insumos importados sobre insumos domésticos utilizados por cada industria (véase ecuación (12)):

$$rii_j = \frac{\sum_{i=1}^N Z_{ij}^M}{\sum_{i=1}^N Z_{ij}^D} \quad (12)$$

Donde el resultado es un vector  $1 \times N$  que presenta el ratio de insumos importados sobre los domésticos en una economía dada. Este cálculo establece una suma por columnas en cada matriz  $Z$  y divide los elementos  $j$  del vector  $1 \times N$  resultante calculado para  $Z^M$  entre los calculados para  $Z^D$ , obteniendo un vector  $1 \times N$  que ofrece información para cada sector. Un valor superior a 1,

El Gráfico 6 muestra la participación de cada gran rama productiva en las importaciones de insumos intermedios sobre el uso de insumos domésticos, si bien no informa sobre el origen sectorial de las importaciones (qué productos de qué sectores importan los tres grandes sectores). El sector que más insumos importados requiere es el de las Manufacturas. La economía ecuatoriana es fuertemente dependiente del exterior en este gran sector, principalmente en Maquinaria y equipos; Productos de caucho y plástico; y Vehículos de motor. Los servicios de transporte en Bolivia y Paraguay son más dependientes. Colombia destaca por la dependencia de insumos importados principalmente en sectores como vehículos (82% de sus insumos son importados), maquinaria de oficina e informática (79%), equipos de radio, televisión y comunicaciones (73%), productos químicos básicos (65%), y otros equipos de transporte (58%). Por el contrario, sectores como la minería, los productos cárnicos o la electricidad no superan el 4%.

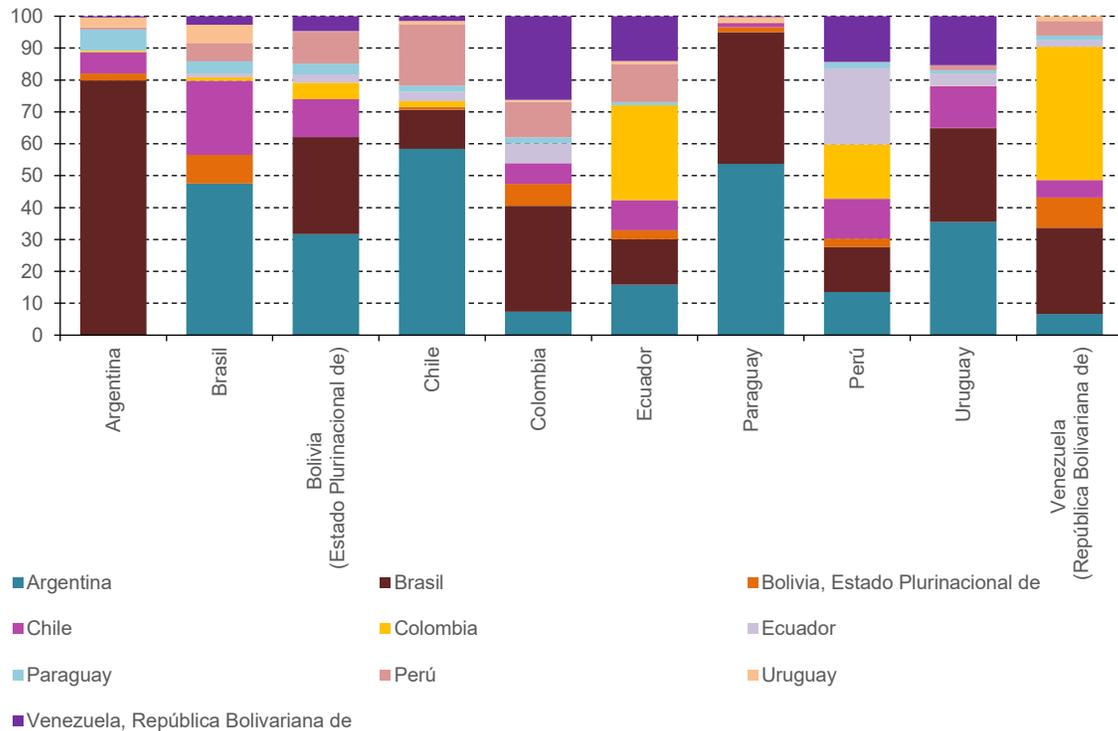
**Gráfico 6**  
América del Sur: RII, tres grandes sectores, 2005  
(En porcentajes)



Fuente: elaboración propia a partir de la Matriz de Insumo-Producto de América del Sur.

Atendiendo al comercio intrarregional de insumos intermedios, destaca la integración entre países vecinos, así como la gran presencia de Argentina y Brasil como principales proveedores de insumos intermedios entre sí, así como también entre estos y el resto de sus socios dentro del Mercado Común del Sur (MERCOSUR), principalmente Paraguay y Uruguay. Este es también el caso del mayor vínculo entre Ecuador, Colombia y Perú entre los países miembros de la Comunidad Andina. (véase gráfico 7).

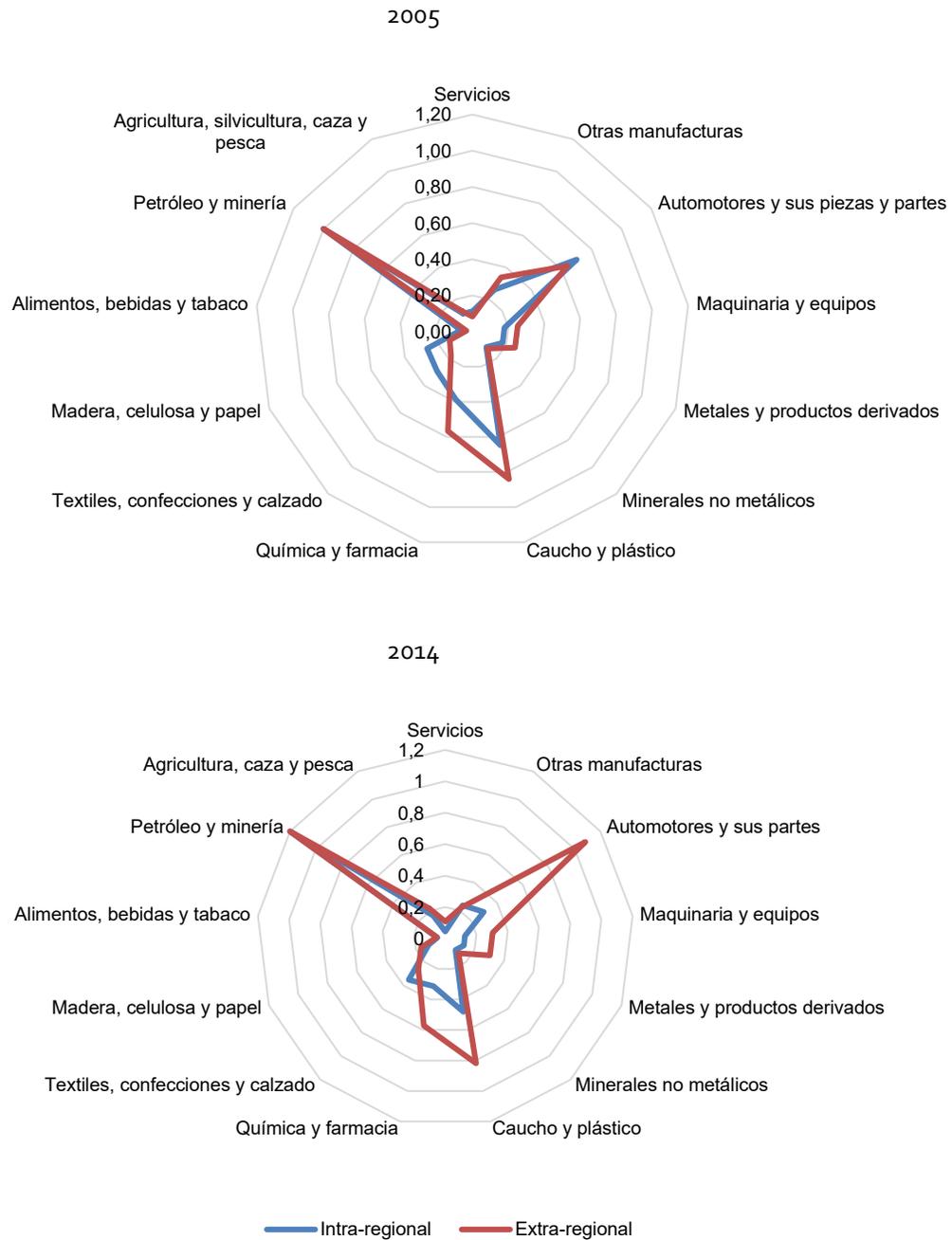
**Gráfico 7**  
América del Sur: insumos intermedios importados intrarregionales por país de origen, 2005  
(En porcentajes)



Fuente: elaboración propia a partir de la Matriz de Insumo-Producto de América del Sur.

El gráfico 8 muestra el ratio de insumos importados sobre insumos domésticos de un país particular, Uruguay, el país que registró el indicador más alto en 2005 y que ha visto disminuir su dependencia hacia 2014. Los sectores más dependientes del exterior en dicho país son el Petróleo y la minería que, en 2005, por cada insumo intermedio doméstico requería del exterior 7,62 insumos importados, de los cuáles el 35% provino de Sudamérica. La dependencia disminuyó a la mitad, pasado a ser de sólo 3,8 en 2014. Se trata de un país dependiente de productos relacionados con la minería energética, utilizados por el sector del Petróleo y la minería, si bien dicho sector solo supone un 1% del PIB del país. Destaca sobre todo una reducción de la dependencia de insumos intermedios regionales requeridos en sectores como la Madera, celulosa y papel; o Automotores y sus piezas y partes, que provenían de la propia región en 2005, han disminuido drásticamente hacia 2014. Por otro lado, se observa una mayor dependencia extra-regional en un amplio conjunto de sectores, a excepción de los previamente señalados (madera, celulosa y papel, y petróleo y minería). Este predominio de insumos importados por sobre insumos domésticos es mucho más notorio en los sectores: Automotores y Maquinaria y equipos. Por otra parte, los sectores de Alimentos, bebidas y tabaco, junto con los Servicios, son los que comparativamente tienen una menor dependencia del exterior en su proceso productivo.

**Gráfico 8**  
Uruguay: ratio de insumos importados sobre insumos domésticos, principales sectores



Fuente: elaboración propia a partir de la Matriz de Insumo-Producto de América del Sur y MIP LAC.

Nota: el sector del Petróleo y minería tiene un ratio *iii* intra-regional de 2,65 (2005) y 1,75 (2014) y extra-regional de 4,97 (2005) y 2,05 (2014).

Gracias a la apertura sectorial que ofrece la MIP SA en el caso de los insumos importados, puede crearse una matriz  $N \times N$  de insumos intermedios totales,  $Z^T$  (véase ecuación (13)). En este caso la lectura sería diferente, pues informaría sobre el porcentaje de insumos importados sobre el total de insumos requeridos directamente. Un valor cercano a cero indicaría la baja participación de los insumos

intermedios importados en la economía objeto de estudio. Por el contrario, un valor cercano a uno indicaría una alta dependencia del exterior.

$$Z^T = Z^D + Z^M \quad (13)$$

$$RII_p^* = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N Z_{ij}^M}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N Z_{ij}^T} \quad (14)$$

Un ejemplo de actividades cuya estructura productiva difiere de la producción doméstica y que no suelen capturar las bases de datos de matrices de insumo-producto es el caso de las “zonas francas”, también llamadas zonas especiales de exportación o *processing exports*. Estas actividades centran su proceso productivo en el ensamblaje de insumos importados para su posterior exportación. Países como China o México, cuya actividad maquiladora es destacable, muestran unos vínculos inter-industriales distintos a los que se aprecian en la producción para satisfacer el consumo doméstico (Koopman y otros, 2012). Por último, comparar estos indicadores a nivel sectorial con el PIB es necesario para entender la magnitud del impacto: una dependencia del exterior alta puede no tener un impacto relevante en sectores con baja participación en la economía.

### C. Insumos importados requeridos en la producción

Siguiendo la misma lógica que en el apartado anterior, puede calcularse el peso que tienen los insumos directamente requeridos en una economía, sobre el Producto Interno Bruto, que expresa el valor monetario de la producción de bienes y servicios de demanda final del país objeto de estudio. Los cálculos pueden ser dispuestos de forma agregada o por sectores, tal cual se calcularon *RII* (ecuación (11) y *rii* (ecuación (12), respectivamente.

$$IPIB_p = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N Z_{ij}^M}{PIB_p} \quad (15)$$

$$ipib_j = \frac{\sum_{i=1}^N Z_{ij}^M}{VAB_j} \quad (16)$$

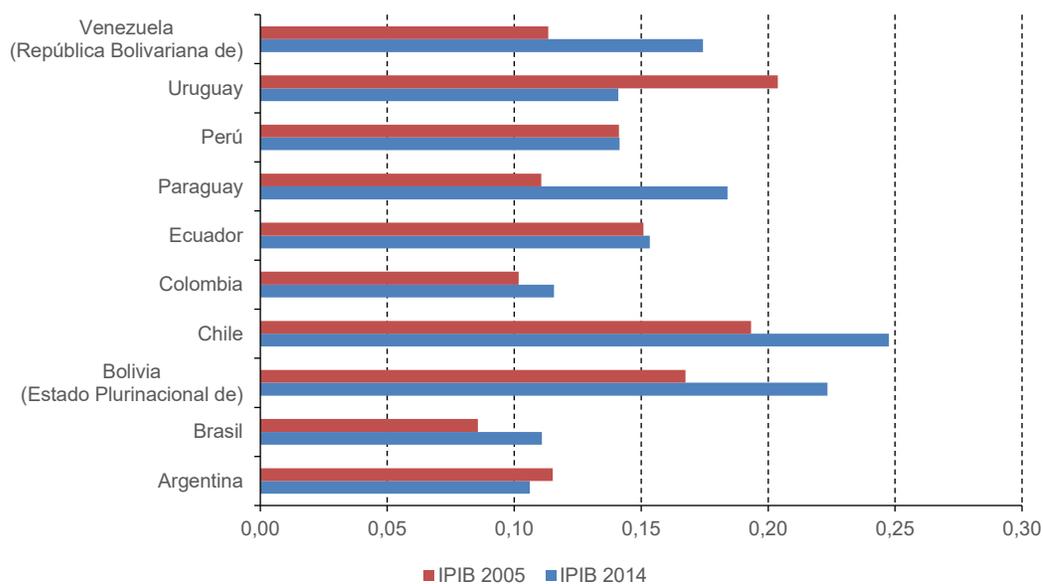
Tal y como se plantea en el apartado A de la presente sección, el PIB sectorial de una economía (*VAB*) puede ser encontrado directamente por sectores en la Matriz de América del Sur (valor agregado a precios básicos), siendo la sumatoria de *VAB* el PIB total del país. La lectura de este indicador sería la siguiente: por cada unidad de producto final se requieren directamente *IPIB* unidades de insumos intermedios importados. La ecuación (15) arroja un solo valor que informa del total de la economía, donde el denominador, *PIB<sub>p</sub>*, es el resultado de la ecuación (9). Por otro lado, la ecuación (16) ofrece un vector  $1 \times N$  que se refiere a los sectores de dicha economía. Puede utilizarse como denominador el vector  $N \times 1$  de la ecuación (10), más debe transponerse para generar un vector  $1 \times N$  que pueda dividirse por el numerador.

El Gráfico 9 muestra el peso de los insumos importados sobre el PIB en América del Sur. Dado un monto de insumos importados, cuanto mayor es el valor agregado (o consumos intermedios) que genera un país, menor es el ratio *IPIB* (o *RII*). Las diferencias entre los ratios *RII* e *IPIB* provienen del denominador. Así, el peso de los insumos domésticos y respecto al del valor agregado en Chile, Argentina y Brasil es cercano. Bolivia, Uruguay o Venezuela en cambio ven una mayor participación del valor agregado respecto de los insumos domésticos.

Disponiendo de una serie temporal de matrices insumo-producto, los indicadores *RII* e *IPIB* propuestos, pueden servir de complemento para analizar el grado de dependencia de una economía en el tiempo, reflejando si la economía aumenta o disminuye su dependencia internacional. Una alta dependencia de las importaciones en un momento dado puede llevar consigo a una profundización de los vínculos industriales que promueva el cambio tecnológico. En el caso de economías poco maduras

como las que conforman América Latina y el Caribe podría evaluarse si éstas se han aprovechado en una fase inicial de la transferencia de tecnología incorporada en los insumos importados para, en la siguiente etapa, expandir la exportación de productos manufacturados de mayor complejidad, que requieren tecnologías de producción avanzadas e insumos de alta calidad. Además, como queda reflejado en la Sección I, una de las grandes virtudes de la MIP SA es la posibilidad de abrir por origen y destino algunos indicadores. En este caso, se puede saber de dónde provienen los insumos importados que los diez países de la región utilizan en su proceso productivo.

**Gráfico 9**  
**Ratio de insumos importados sobre el PIB en los países de América del Sur**



Fuente: elaboración propia a partir de la Matriz de Insumo-Producto de América del Sur.

Estos indicadores también ofrecen pistas sobre las relaciones intra-regionales de dependencia, que serían mayores si el ratio de los indicadores aumentase en el tiempo. No obstante, cabe remarcar que no ofrecen información sobre la integración de los países en CGV, ya que la información obtenida no diferencia si los insumos importados son utilizados para la producción y consumo domésticos o para procesar, agregar valor y posteriormente exportar. Estos análisis pueden completarse estableciendo una relación entre las exportaciones y las importaciones de insumos intermedios, esto es, la llamada Especialización Vertical, cuyo indicador se tratará en la próxima sección.

## D. Encadenamientos productivos, eslabonamientos hacia atrás y hacia adelante

Los encadenamientos productivos informan sobre la interdependencia existente entre los sectores de una economía. En su proceso productivo, los sectores toman el rol tanto de oferentes como de demandantes de insumos intermedios, si bien no todas las actividades económicas tienen la misma capacidad de inducir impactos multiplicadores sobre otras (Schuschny, 2005). Los cambios en la demanda final generan unos efectos en la producción que afectan de forma diferente según el sector observado. Aquí entran los eslabonamientos hacia atrás y hacia adelante. Los primeros tratan de describir qué sectores influyen en la actividad de otros sectores al requerir de sus insumos para producir.

Los segundos miden la relevancia de un sector como proveedor de insumos para las actividades productivas de otros sectores.

Dichos eslabonamientos hacia atrás y hacia adelante pueden observarse de forma directa en la matriz  $A$  de coeficientes técnicos (véase ecuación (3)) y de la matriz de coeficientes de distribución ( $B$ ), respectivamente (Chenery y Watanabe, 1958). Una lectura por columnas de  $A$  muestra las compras intermedias de un sector en relación a su producción efectiva, o cómo el sector  $j$  absorbe insumos intermedios de otros sectores. Para estudiar los encadenamientos hacia adelante es necesario primero definir la matriz de coeficientes de distribución:

$$B = \hat{x}^{-1}Z = \begin{bmatrix} \frac{1}{x_1} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{x_2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{x_3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & Z_{13} \\ Z_{21} & Z_{22} & Z_{23} \\ Z_{31} & Z_{32} & Z_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{Z_{11}}{x_1} & \frac{Z_{12}}{x_1} & \frac{Z_{13}}{x_1} \\ \frac{Z_{21}}{x_2} & \frac{Z_{22}}{x_2} & \frac{Z_{23}}{x_2} \\ \frac{Z_{31}}{x_3} & \frac{Z_{32}}{x_3} & \frac{Z_{33}}{x_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{bmatrix} \quad (17)$$

Donde  $B$  es la matriz de coeficientes directos de producto, o coeficientes de distribución. A diferencia de los coeficientes técnicos estudiados en la ecuación (3), cuya lectura por filas informa sobre los requerimientos directos que un sector  $i$  transfiere como insumos al resto de sectores de una economía para que éstos puedan satisfacer la demanda final, en el caso de los coeficientes de distribución se tiene en cuenta el efecto de la difusión de un sector  $i$  en la economía objeto de estudio en términos de la producción de ese mismo sector (ecuación (17)). Los elementos de  $B$ , llamados  $b_{ij}$ , representan el consumo intermedio que realiza el sector  $j$  de productos del sector  $i$  por unidad de producto del sector  $i$ . Una suma por filas ofrece los encadenamientos directos hacia delante, los insumos que el sector  $i$  transfiere al resto de sectores de una economía, en términos de la producción total del sector  $i$ .

Una vez presentados los encadenamientos directos, podemos dar un paso más analizando los encadenamientos totales a partir de la matriz inversa de Leontief doméstica (véase la ecuación (18)) y de la inversa de Ghosh (véase la ecuación (19)). Así, se pueden analizar resultados sobre los requerimientos totales, directos e indirectos, que los diferentes sectores del país necesitan para satisfacer la demanda final. A partir de aquí pueden analizarse los eslabonamientos hacia adelante y hacia atrás propuestos por Rasmussen (1958) y Hirschman (1958).

$$L_p = \begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & \dots & l_{1N} \\ l_{21} & l_{22} & \dots & l_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ l_{N1} & l_{N2} & \dots & l_{NN} \end{bmatrix} \quad (18)$$

Donde es  $L$  la matriz inversa de Leontief, y  $l_{ij}$  es el valor de los requerimientos totales, directos e indirectos, que el sector  $i$  transfiere al sector  $j$  para que éste pueda producir una unidad de producto destinado a satisfacer la demanda final. Dicho de otro modo, revela cómo el producto de un determinado sector ha sido producido. Así,  $l_{11}$  son los requerimientos que el sector 1 necesita de sí mismo para producir. Una lectura por columnas de  $L$  hace referencia a los *backward linkages* (BL), o encadenamientos hacia atrás, que informan sobre el efecto arrastre del sector objeto de estudio. Así, un mayor valor en *backward linkages* significa que el sector objeto de estudio es importante debido al efecto arrastre que genera sobre sí mismo y otros sectores de los que depende para producir y satisfacer la demanda final. Para medir encadenamientos hacia atrás sobre otros sectores se suelen excluir los elementos de la diagonal principal,  $l_{11}, l_{22}, \dots, l_{NN}$ .

Para analizar los *forward linkages* (FL) se utiliza un enfoque alternativo a la inversa de Leontief, propuesto por Ghosh (1958) que supone una mejora en la medición de encadenamientos hacia adelante, puesto que se construye desde el punto de vista de la oferta (véase ecuación (17)):

$$G = (I - B)^{-1}$$

$$= \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & \cdots & g_{1N} \\ g_{21} & g_{22} & \cdots & g_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ g_{N1} & g_{N2} & \cdots & g_{NN} \end{bmatrix} \quad (19)$$

Donde  $G$  es la inversa de Ghosh. Una lectura por filas hace referencia a los llamados *forward linkages* (FL), o encadenamientos hacia adelante, que informan sobre el efecto de la difusión de un sector en la economía del país objeto de estudio. A partir de esta información se puede analizar qué sectores son los que más transfieren al resto de sectores de una economía, dicho de otro modo, qué sectores difunden más sus productos hacia adelante en el proceso productivo. En definitiva, una fila específica detalla la demanda de toda la economía por el producto del sector objeto de estudio.

En el siguiente apartado se llevan a cabo cálculos atendiendo a encadenamientos domésticos o nacionales, que capturan los vínculos que se generan en la economía interior de un país  $p$ , neto de importaciones. Si bien no se ofrecen resultados en el presente manual, las MIP regionales y multirregionales también permitirían calcular los encadenamientos que se generan entre sectores de una economía con el exterior. Resulta de interés en el caso de países y sectores con una mayor dependencia del exterior. Para ello, las ecuaciones (18) y (19) serían la inversa de Leontief y Ghosh regional o global según la MIP escogida.

## E. Índice de Rasmussen y Hirschman

Una de las formas más aceptadas por la literatura para la medición de encadenamientos productivos es el Índice de Rasmussen y Hirschman (Miller y Blair, 2009), también llamados índices de poder de dispersión y de sensibilidad de dispersión recogidos por las contribuciones de Rasmussen (1958) y Hirschman (1958). Estas medidas están relacionadas con los *Backward* y *Forward linkages*, respectivamente. Los índices de Rasmussen-Hirschman distinguen entre encadenamientos hacia atrás y encadenamientos hacia adelante. Los primeros ( $BL_j$ ) comparan la capacidad que tiene un sector  $j$  para estimular al resto de sectores de una economía, con el promedio de los requerimientos del conjunto de sectores que conforman dicha economía. Un sector tendrá mayor capacidad y su BL será mayor, cuantos más insumos requiera directa e indirectamente para producir. Por su parte, los segundos ( $FL_i$ ) miden cómo un sector  $i$  transfiere sus productos a los demás sectores, que necesitan incorporarlos como insumos intermedios para sus procesos productivos. Dicho de otro modo, el FL sirve para evaluar el potencial de un sector como proveedor de insumos. Así, el índice Rasmussen-Hirschman, o índice de poder de dispersión para cada sector  $j$  medirá encadenamientos hacia atrás y se calcula de la siguiente manera:

$$BL_j = \frac{\sum_{i=1}^N l_{ij}}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N l_{ij}} \quad (20)$$

Donde  $BL_j$  es el indicador de encadenamientos hacia atrás referente al sector columna  $j$ , el numerador indica los requerimientos totales de producción procedentes de todos los sectores, que son necesarios para que el sector  $j$  pueda satisfacer una unidad monetaria de demanda final. Se calcula como la sumatoria de los  $l_i$  del sector  $j$ , es decir, los elementos  $i$  del sector  $j$  elegido de la matriz inversa de Leontief denotada como  $L = (I - A)^{-1}$ . El denominador es un promedio de los requerimientos del conjunto de sectores de la economía, un valor que refleja la suma de todos los elementos de la matriz  $L$  dividido por el número de sectores  $N$  en los que se estructura la matriz de insumo-producto.

Por otro lado, el índice de sensibilidad de dispersión, o encadenamientos hacia adelante ( $FL_i$ ), se calcula a partir de la denominada matriz inversa de coeficientes técnicos de distribución  $G$ . Así, el índice de sensibilidad de dispersión de cada sector  $i$  está dado por la siguiente expresión:

$$FL_i = \frac{\sum_{j=1}^N g_{ij}}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N g_{ij}} \quad (21)$$

Donde  $FL_i$  es el indicador de encadenamientos hacia adelante referente al sector fila  $i$ . El numerador es la sumatoria de los elementos  $j$  del sector  $i$  de la matriz  $G$  (suma de la fila  $i$ ); así, un mayor valor del numerador indica una mayor distribución de los insumos de un sector  $i$  respecto a su producción total. El denominador es el promedio de la distribución total generada en la economía, calculado como la suma de todos los elementos de la matriz  $G$  dividido por el número de sectores  $N$  en los que se estructura la matriz de insumo-producto. Cada  $g_{ij}$  puede interpretarse como una medida de la producción total generada en el sector  $j$  por unidad monetaria de insumo del sector  $i$ .

Ambos encadenamientos,  $BL$  y  $FL$ , evalúan el efecto de un sector concreto respecto del efecto promedio de la economía, por ello un valor por encima (debajo) de uno indicará que el sector objeto de estudio ejerce un mayor (menor) poder de arrastre (hacia atrás o hacia adelante) respecto al promedio de la economía. Calculados ambos encadenamientos, caben cuatro posibles opciones, reflejadas en el diagrama 5.

**Diagrama 5**  
**Clasificación de los sectores económicos según los índices de Rasmussen-Hirscham**  
*(Sectores más representativos)*

	Encadenamientos hacia atrás < 1	Encadenamientos hacia atrás > 1
Encadenamientos hacia adelante > 1	(II) Sectores <b>IMPULSADOS</b>	(I) Sectores <b>CLAVES</b>
Encadenamientos hacia adelante < 1	(III) Sectores <b>INDEPENDIENTES</b>	(IV) Sectores <b>IMPULSORES</b>

Fuente: elaboración propia a partir de Miller y Blair (2009).

En el **cuadrante I** se incluyen aquellos sectores con altos encadenamientos hacia adelante y hacia atrás, los que se denominan *sectores claves*. Estos sectores destacan como demandantes y oferentes de insumos intermedios, lo que les otorga una mayor capacidad para influir en el resto de sectores de la economía.

En el **cuadrante II** se presentan aquellos sectores con bajos encadenamientos hacia atrás y altos encadenamientos hacia adelante, llamados *sectores impulsados*. Estos sectores se llaman así pues destacan como proveedores de insumos al resto de sectores, es decir, son impulsados por la demanda del resto de sectores. Tanto los sectores claves como los sectores impulsados pueden generar los llamados cuellos de botella frente a shocks de demanda: ante un aumento inesperado del consumo, la inversión o debido a políticas fiscales expansivas, estos sectores pueden responder con lentitud, ralentizando el proceso de producción de un país.

En el **cuadrante III** se ubican los sectores con bajos encadenamientos tanto hacia atrás como hacia adelante, denominados *sectores independientes*. Esto significa que dichos sectores, por un lado, no son importantes proveedores de insumos intermedios, indicando que su producción se destina principalmente a satisfacer la demanda final; por otro lado, ejercen un bajo efecto de arrastre, con lo cual no son grandes dinamizadores de la economía. Un aumento de la demanda de productos de dicho sector no generaría grandes aumentos de la oferta de productos procedentes de otros sectores.

Por último, el **cuadrante IV** engloba aquellos sectores con altos encadenamientos hacia atrás y bajos encadenamientos hacia adelante, denominados *sectores impulsores*. Ejercen un potente efecto de arrastre, con potencial para dinamizar la economía, pero su oferta abastece principalmente a la demanda final.

Como ejemplo se presentan los índices de Rasmussen-Hirschman para Brasil (año 2005). Sectores como el de la Molinería, panadería y pastas; Bebidas; o productos químicos básicos, son claves en la economía de Brasil, con capacidad de dinamizar la economía debido a su fuerte oferta y demanda de insumos intermedios. La Minería se caracteriza por ser un sector impulsado, que requiere de pocos insumos intermedios domésticos respecto al promedio de la economía brasileña. Por otro lado, el sector de la Construcción o los Productos farmacéuticos son sectores independientes, que destinan su producción a la demanda final, sin afectar ni ser afectados por el efecto arrastre de otros sectores. Por último, sectores como el Azúcar y productos de confitería o Vehículos de motor son impulsores, que requieren gran cantidad de insumos intermedios y su oferta va dirigida principalmente a satisfacer la demanda final (véase Cuadro 2).

**Cuadro 2**  
**Brasil: índices de Rasmussen-Hirschman**

	Encadenamientos hacia atrás < 1 (Sectores impulsados)	Encadenamientos hacia atrás > 1 (Sectores claves)
Encadenamientos hacia adelante > 1	1) Minería (no energía) 2) Correo y telecomunicaciones 3) Electricidad y gas 4) Agricultura y forestal (Sectores independientes)	1) Molinería, panadería y pastas 2) Bebidas 3) Productos químicos básicos 4) Productos de caucho y plástico (Sectores impulsores)
Encadenamientos hacia adelante < 1	1) Equipos de oficina 2) Construcción 3) Otros servicios 4) Productos farmacéuticos	1) Azúcar y productos de confitería 2) Vehículos de motor 3) Otros productos alimenticios 4) Productos del tabaco

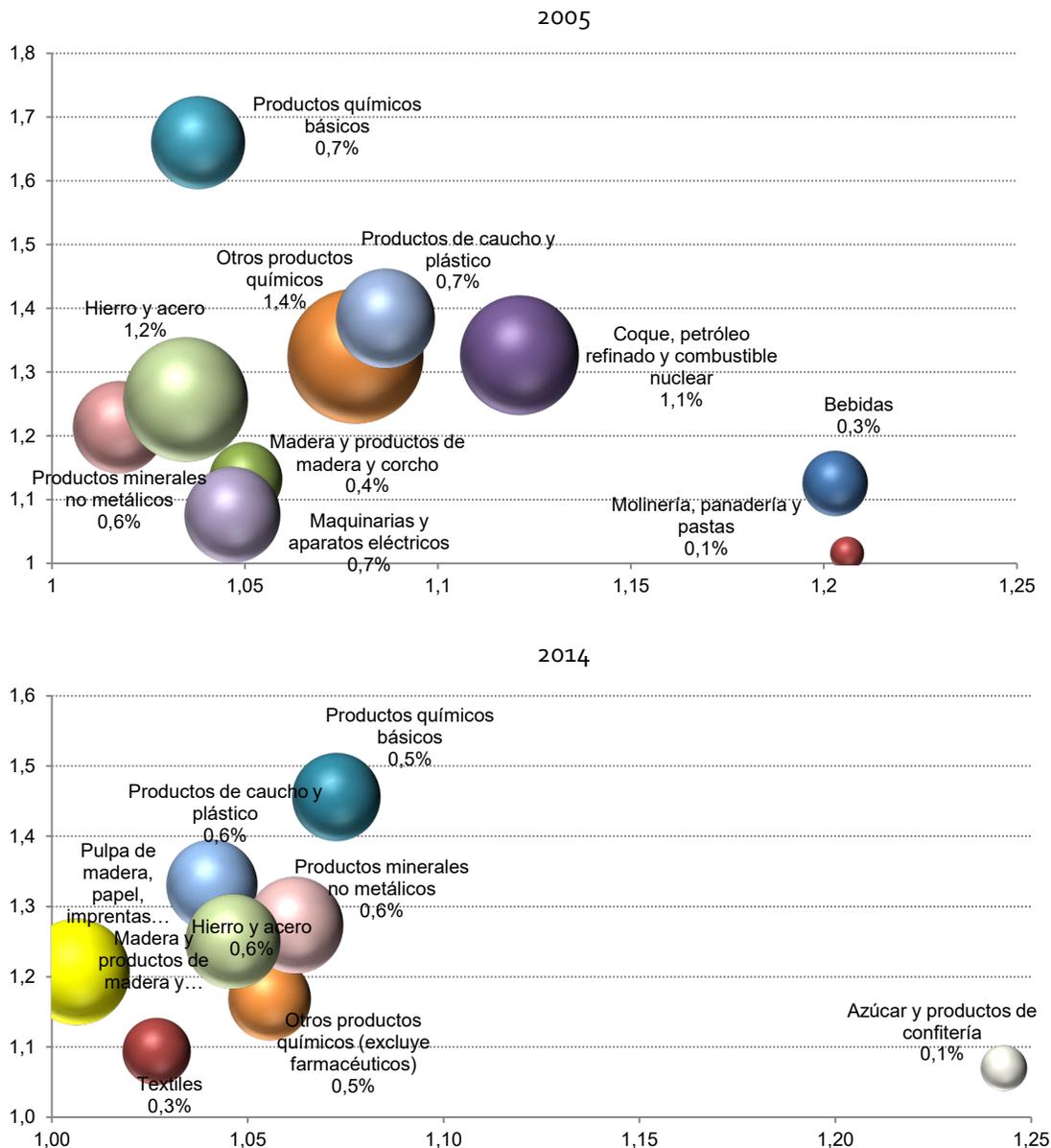
Fuente: Elaboración propia a partir de la Matriz de Insumo-Producto de América del Sur.

Según Chenery y Watanabe (1958), que establecen estas mediciones en términos directos, en un proceso de desarrollo económico y productivo, los países empezarían en una primera etapa con relaciones débiles hacia atrás. Atendiendo al *IRH*, éste es el caso de países como Bolivia, Paraguay o Venezuela. En una segunda etapa los sectores mostrarían elevadas relaciones hacia adelante y hacia atrás. Es el caso de Brasil, Uruguay y Chile. Finalmente, en las economías más desarrolladas predominarían los sectores con elevadas relaciones hacia atrás y bajas hacia adelante (Schuschny, 2005).

Esta forma en la que se presentan los indicadores de encadenamientos productivos no es única, por lo que puede completarse con otros estudios que ofrecen distintas metodologías para su medición (Laumas, 1976; Dietzenbacher, van der Linden y Steenge, 1993; Lopes, Dias y Ferreira do Amaral, 2002), todos ellos tratados ya en Schuschny (2005). Estos indicadores en sí mismos ofrecen información sobre el arrastre potencial de las industrias, si bien un sector puede ser clave en una economía, con un alto potencial de arrastre, así como proveedor de insumos a otros sectores, pero ser un sector poco relevante en la economía, en términos de producción y valor agregado. Por ello es necesario vincular los encadenamientos a la participación relativa de cada sector en el nivel de actividad de la economía objeto de estudio. Por ejemplo, en el caso de Brasil (véase el cuadro 2) si bien el sector de la *Azúcar y productos de confitería* tiene mayor potencial de arrastre que el sector de *Otros productos alimenticios*, éste último tiene una participación seis veces mayor en el PIB brasileño que el primero. El gráfico 10 muestra los *sectores claves* de la economía brasileña, y su participación en el PIB para los años 2005 y 2014. El sector de los *Productos químicos básicos* tiene grandes encadenamientos hacia adelante, por lo que proveen de insumos al resto de sectores. Sus

encadenamientos hacia atrás, aunque no son tan remarcables, se encuentran por encima del promedio. No obstante, el sector representa el 0,7% del PIB. El efecto arrastre es mayor en sectores como las *Bebidas* o la *Molinería, panadería y pastas*. Si bien, este último es el *sector clave* que menor participación ostenta en el PIB de Brasil. Los sectores claves de Brasil conforman apenas el 7,2% del PIB del país, y su participación disminuye al 6,3% en 2014. Se mantienen como *sectores clave* la rama de *Productos químicos básicos*; *Productos de caucho y plástico*, *Productos minerales no metálicos*; *Hierro y acero*; y *Otros productos químicos*. Sectores como las *Bebidas* dejan de ser clave en 2014, si bien aparecen ahora los de la *Pulpa de madera y papel*, o el del *Azúcar y productos de confitería*.

**Gráfico 10**  
**Brasil: sectores claves según el IRH y su participación en el PIB**  
*(Participación en porcentajes)*



Fuente: elaboración propia a partir de la Matriz de Insumo-Producto de América del Sur.

Nota: *backward linkages* en el eje de abscisas, *forward linkages* en el eje de ordenadas.

Cabe mencionar que estos cálculos no contemplan cuestiones como la relación de un sector con los demás, así como el grado de concentración y dispersión de los impactos. Un sector puede ser clave (con un multiplicador por encima del promedio en encadenamientos hacia delante y hacia atrás) pero afectar a muy pocos sectores (con un alto grado de concentración). Para lidiar con esta limitación, varios estudios y medidas al respecto se han llevado a cabo, como el poder y sensibilidad de la dispersión (Rasmussen, 1963); la representación gráfica de la matriz de productos de multiplicadores (*multiplier product matrix*, MPM) (Sonis, Hewings y Guo, 1997).

Por último, para mostrar los vínculos sectoriales en términos relacionales, medidas y metodologías como la de los coeficientes de Streit (Streit, 1969); la identificación de complejos industriales o *clusters* que tienen a localizarse próximas en el espacio y vinculadas por un intenso intercambio de bienes y servicios (Domínguez Hidalgo y Prado Valle, 1999); o la combinación de estudios sobre insumo-producto con el Análisis de Redes (AR), que considera también el número de relaciones y la posición de los sectores en la estructura de insumo-producto (Noguera-Méndez y otros, 2016), permitiendo analizar el crecimiento económico relacionando los sectores productivos de una economía y su interconectividad (Kubo y otros, 1986). Este tipo de análisis permiten dirigir la atención hacia sectores que, no solamente sean claves como demandantes y oferentes de insumos intermedios, sino que además ejerzan un peso importante en la economía de un país y sean ejes de la red interindustrial, definidas por una gran complejidad donde destaque la difusión del producto y la diversificación.

Otro tipo de análisis como el de *descomposición estructural* o el modelo *dinámico de insumo-producto* también son utilizados a partir de las matrices de insumo-producto. Ambos análisis quedan recogidos en Schuschny (2005). El análisis de descomposición estructural se utiliza como modelo predictivo que nos permite identificar las causas que dan lugar a los cambios en el tiempo de los componentes de la demanda final (Schuschny, 2005). Este análisis necesita de información de matrices insumo-producto elaboradas en dos períodos consecutivos, por lo que, en el caso de la América del Sur, es posible llevarlo a cabo gracias a la actualización de la MIP SA al año 2011 y 2014. Por otro lado, el modelo dinámico de insumo-producto surge como respuesta para solventar ciertas limitaciones del modelo original, relacionadas con la naturaleza estática del mismo. El modelo de insumo-producto tradicional no considera ninguna dinámica de ajuste endógeno, configurándose como un “macro-ejercicio” de estática comparativa (Schuschny, 2005), donde los patrones de consumo de los agentes económicos no atienden a funciones que incluyen cambios en los precios, gustos, etc.; donde la inversión es considerada exógena; o donde la variación de existencias no genera efectos de retroalimentación sobre el consumo intermedio. Así, el modelo dinámico de insumo-producto ofrece soluciones a una de las limitaciones del modelo previamente tratadas (véase Sección I, Apartado A), donde se incorpora la medición de bienes duraderos dentro de la matriz, generando el llamado coeficiente del capital, para medir los insumos que contribuyen en el proceso productivo y que no son inmediatamente utilizados en el proceso productivo (construcciones, maquinaria, vehículos, etc.).

Modelar los cambios en la demanda final mediante la utilización de las matrices de insumo-producto no obstante ha sido criticado debido a las limitaciones del modelo. Para ello, otras metodologías como los modelos de equilibrio general computable, han demostrado ser más efectivas a la hora de realizar análisis realistas a largo plazo sobre cambios en la producción y el comercio, al permitir estimar precios de forma endógena, resolver problemas no lineales e incorporar variables estructurales concretas (O’Ryan y otros, 2000).

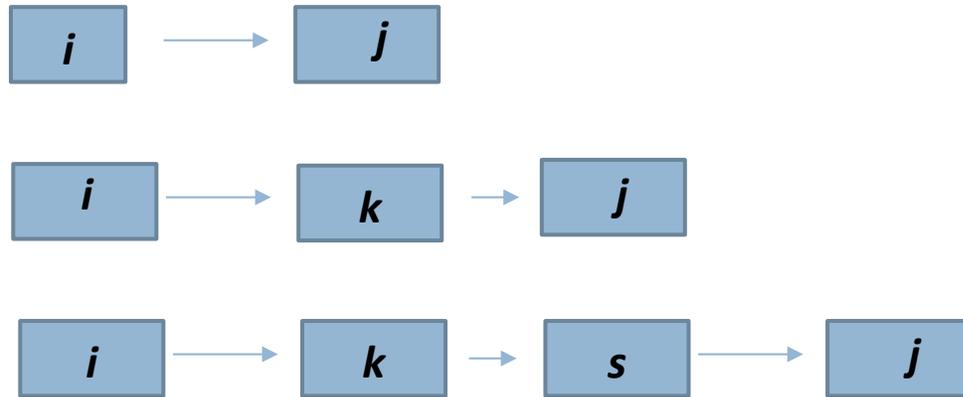
## F. Longitud media de propagación

Mientras que los Índices de BL y FL miden la *fuerza* los encadenamientos, la longitud media de propagación nos informa acerca de la distancia de los encadenamientos. Hace referencia a las rondas de producción necesarias para conectar a dos sectores industriales. La relación productiva entre la

industria  $i$  y  $j$ , la obtenemos del coeficiente  $l_{ij}$  (lo que requiere la industria  $j$  del producto  $i$ ). Ambas industrias se conectan en forma directa y en un paso lógico.

Pero, ¿cómo se conectan la industria  $i$  y la industria  $j$ , en forma indirecta? Mediante el coeficiente  $l_{ik}l_{kj}$ , que nos muestra los requerimientos de la industria  $k$  de productos de la industria  $i$ . Luego, en una ronda futura, el producto  $k$  será requerido por la industria  $j$ . Esto es en 2 pasos.

**Diagrama 6**  
Pasos necesarios para conectar el sector  $i$  con el sector  $j$



Fuente: Elaboración propia.

Una forma compacta de medir la longitud media de propagación es mediante la construcción de una matriz de coeficientes bilaterales, la misma que definimos como APL, siguiendo la definición inglesa (*Average Propagation Lengths*). Dicha matriz nos permitirá encontrar la distancia económica entre sectores. A partir de dicha matriz, sumando por fila, obtenemos la longitud media de propagación hacia atrás, mientras que por columna obtenemos la longitud media de propagación hacia adelante. En ambos casos, el número de pasos necesarios para que un cambio exógeno afecta el valor de la producción en otro sector. Las ecuaciones siguientes (22 a 24) definen la metodología

$$APL = \frac{L(L-1)}{(L-1)} \tag{22}$$

Siendo la Matriz APL

$$\begin{bmatrix} APL_{ij} & \dots & APL_{iN} \\ \dots & \dots & \dots \\ APL_{Nj} & \dots & APL_{NN} \end{bmatrix}$$

Donde,  $APL_{ij}$  son los pasos requeridos para llegar de  $i$  a  $j$  en el caso de un empuje de costos, o alternativamente, los pasos requeridos para llegar de  $j$  a  $i$  en el caso de un aumento de la demanda.

Con un promedio simple, no estamos incorporando el peso relativo de la compra de bienes intermedios. Es por eso, que lo relativizaremos utilizando la matriz  $Z$ .

$$APL_i^f = \frac{\sum_j APL_{ij}z_{ij}}{\sum_j z_{ij}} \tag{23}$$

$$APL_j^b = \frac{\sum_i APL_{ij}z_{ij}}{\sum_i z_{ij}} \tag{24}$$

$APL_i^f$  nos informa del número promedio de pasos necesarios para conectar a la industria  $i$  con todas las fuentes de demandas.

$APL_j^b$  nos informa el número de pasos requeridos por la industria  $j$  para alcanzar a todas las industrias de la economía.

## G. Dependencia de insumos importados

Para determinar la dependencia de insumos importados, o lo que es lo mismo, la identificación de los requisitos directos e indirectos de insumos importados por la economía del país, se consideró la metodología de insumo producto que consiste en el uso de la matriz de utilización intermedia importada de la matriz insumo producto del país, para calcular la matriz de coeficientes técnicos importados ( $A^m$ ), como sigue:

$$A^m = [a_{ij}^m] \quad (25)$$

donde  $a_{ij}^m = \frac{x_{ij}^m}{X_j}$ ;  $x_{ij}^m$  es el valor del insumo  $i$  importado por el sector  $j$ ; y  $X_j$  Es el VBP del sector  $j$ .

$a_{ij}^m$  es el coeficiente que mide el valor de la importación del insumo  $i$  por el sector  $j$  por cada unidad monetaria producida por este sector.

Posmultiplicando la matriz de coeficientes de importación por la inversa de Leontief se obtiene la matriz de requerimientos de importaciones totales.

$$Q = A_{ij}^M L \quad (26)$$

La suma de la columna  $j$  de la matriz informa el contenido total de importaciones necesario para producir internamente una unidad monetaria del sector  $j$ . Este cálculo permite determinar las actividades cuya dependencia del resto del mundo es relevante en términos de demanda de insumos importados, es decir, que dependen del exterior para incrementar su nivel de producción.

La suma de la columna  $j$  de la matriz informa el contenido total de importaciones necesario para producir internamente una unidad monetaria del sector  $j$ . Este cálculo permite determinar las actividades cuya dependencia del resto del mundo es relevante en términos de demanda de importación, es decir, que dependen del exterior para incrementar su nivel de producción.

La suma de la línea  $i$  de la matriz indica la importación del insumo  $i$  necesaria en caso de que la producción de todos los sectores aumente una unidad monetaria. Este indicador permite conocer los sectores del exterior de los cuales la economía tiene mayor dependencia, es decir, los que están más presentes en el flujo de importaciones cuando crece la producción interna.

La comparación de los indicadores descritos anteriormente con los valores promedio, permite obtener una clasificación sectorial que agrupa los sectores económicos de acuerdo con su comportamiento como demandantes o demandados de los insumos intermedios importados. Si por ejemplo, como demandante, un sector obtiene un indicador superior a 1, se entiende como evidencia de ser un sector más demandante de insumos intermedios que el promedio de los sectores de la economía. Asimismo, un valor superior a 1 para el caso de los sectores demandantes viene siendo indicativo de un mayor impulso económico tras aumentos de la producción interna del país ante choques esperados. Por ejemplo, ante el aumento de la construcción de una gran obra de infraestructura, los productos de sectores vinculados a este sector van a ser mucho más demandados (importaciones de barras de hierro y acero, tuberías, así como bienes de capital para la obra de infraestructura). En la medida en que esos bienes puedan ser suministrados por empresas locales, en vez de insumos importados, el impacto sobre la importación será menor. Por el contrario, ante la

ausencia de productos domésticos, las importaciones aumentarían más que proporcionalmente ante aumentos de la producción esperados por el impulso del sector en cuestión.

Con el fin de analizar el patrón de la dependencia de insumos importados, se presenta una tipología analítica estilizada que identifica cuatro posibles opciones, reflejadas en el diagrama 7.

**Diagrama 7**  
**Clasificación de los sectores económicos según los índices de dependencia para la matriz de importaciones**  
 Sectores más representativos

	Demandantes $Q_j > \sum_j \frac{Q_j}{n}$ $Q_j > 1$	Poco Demandantes $Q_j \leq \sum_{ij} \frac{Q_j}{n}$ $Q_j \leq 1$
Demandados $Q_i > \sum_j \frac{Q_i}{n}$ $Q_i > 1$	(II) Sectores <b>ALTAMENTE DEPENDIENTES</b>	(I) Sectores <b>Impulsados MEDIANAMENTE DEPENDIENTES</b>
Poco demandados $Q_i \leq \sum_{ij} \frac{Q_j}{n}$ $Q_i \leq 1$	(III) Sectores <b>MEDIANAMENTE DEPENDIENTES</b>	(IV) Sectores <b>POCO DEPENDIENTES DE IMPORTACIONES</b>

Fuente: CEPAL, Elaboración propia a partir de Miller y Blair (2009).

**Sectores Tipo I.-** En el cuadrante I se incluyen aquellos *sectores impulsados* que, ante una expansión de la producción, la demanda total de insumos importados provenientes de estos sectores aumenta por encima de la media. Más, cuando la producción de estos sectores aumenta, su demanda de insumos importados es relativamente pequeña. Dado que el impulso sobre la demanda de insumos importados de estos sectores tiene lugar únicamente cuando se produce una expansión de la producción total de la economía, e impulsa su demanda de insumos importados, y no cuando su oferta total se incrementa se trata de **sectores medianamente dependientes**.

**Sectores tipo II:** En el cuadrante II se ubican aquellos sectores que dependen de la importación de insumos por encima de la media para incrementar su producción y, cuando los demás sectores de la economía incrementan su producción, la importación total de insumos provenientes de estos sectores también aumenta. En consecuencia, son sectores que necesitan insumos importados para producir y que atienden la demanda interna de insumos por encima de la media de la economía. Por ese motivo, se trata de sectores que probablemente tienden a no crear muchos eslabones en el sistema productivo nacional, y son más bien **sectores altamente dependientes de importaciones**.

**Sectores tipo III:** En el cuadrante III se incluyen aquellos sectores que presentan una demanda total de insumos importados por encima del promedio de la economía. Para aumentar su producción, necesariamente dependen de importaciones del resto del mundo mucho más que el resto de los sectores de la economía. Por el contrario, cuando los demás sectores incrementan su producción, la demanda total de insumos importados provenientes de estos sectores es inferior a la media de la economía. Al igual que los sectores tipo I, son sectores con una **mediana dependencia de insumos**

**importados**, ya que, si la demanda total de toda la economía aumenta, el impulso sobre sus importaciones de insumos importados se afecta menos que el conjunto de la economía.

Por último, el **cuadrante IV** se localizan sectores con una baja dependencia a la importación de insumos para aumentar su producción, siendo sectores o bien poco encadenados o con dependencia de insumos nacionales. Asimismo, son sectores poco demandados, de manera que cuando se incrementa la producción de la economía, la demanda total de importación de insumos provenientes de estos sectores es inferior a la media de todos los sectores. En conclusión, se trata de sectores **poco dependientes de importaciones**.

Para complementar el análisis de la dependencia por importaciones, se sugiere calcular adicionalmente índices de dependencia de importaciones, construidos como índices de especialización vertical, denominados EV2 y que consiste en el cálculo del contenido total de importaciones incorporado en la producción, el mismo que puede descomponerse en contenido directo e indirecto de la producción. Sobre éste concepto de especialización vertical vamos a volver en la sección siguiente:

$$EV2_i = A_i^M (I - A)^{-1} \widehat{VBP}_i \quad (27)$$

El resultado de este cálculo arroja una matriz NxN cuya suma por columnas ofrece información sobre el contenido importado destinado a la producción de los sectores j en forma matricial. Es lo que se conoce en la literatura como especialización vertical de los sectores j. La suma de todos los elementos de la matriz ofrece información sobre la especialización vertical de la economía en su conjunto. Este indicador fue popularizado en la literatura de especialización vertical, definida por Hummels, Ishii y Yi (2001) como el uso de insumos intermedios exteriores en la producción de productos finales que son exportados, sin embargo, para el caso que nos ocupa, por ser de interés el contenido importado de la producción, no se consideraron las exportaciones, sino el valor bruto de la producción.

Los resultados de la metodología aquí descrita de dependencia de importaciones y contenido importado en la producción se presentan y analizan a continuación, utilizando como ejemplo el caso del Estado Plurinacional de Bolivia. Se advierte que para el cálculo de los indicadores señalados aquí se utilizó la matriz regional de América Latina y el Caribe, desarrollada por CEPAL para el año 2014.

Los índices de dependencia de intensidad importadora calculados mediante la metodología de Leontief muestran que hacia 2014, al menos un 84% del VBP de Bolivia estaba conformado por sectores económicos con poca dependencia de importaciones, considerándose la intensidad de la demanda medida como proporción del PIB como indicador del peso de la dependencia. En términos agregados, la proporción de Valor Bruto de la Producción de Bolivia, E.P. con menores encadenamientos importados respecto del promedio la encontramos en sectores primarios, algunos subsectores de la agroindustria (carne, molinería, azúcar, y bebidas, tabaco), minerales no metálicos, construcción, y una variada gama de servicios (electricidad y gas, telecomunicaciones y correos, y finanzas y seguros) agregados en la categoría otros servicios (véase el cuadrante 4 del cuadro 3).

Los sectores con mayores índices de dependencia de las importaciones son los de textiles, papel y madera, química básica, otros productos químicos, caucho y plástico, vehículos y maquinarias y equipos. Todos estos son sectores que tienen una doble dependencia, esto es, son demandantes de importaciones por sobre la demanda promedio, y además reaccionan aumentando la demanda de importaciones cuando aumenta la producción total. Puede decirse que son sectores de gran conexión con el mercado internacional. A primera vista pudiera decirse que es allí donde habría que focalizar la búsqueda de posibles sectores potenciales para un programa de sustitución de importaciones. No obstante, el peso relativo de la suma de todos los sectores del cuadrante en el VBP apenas alcanza el 1,3%. Sin embargo, el indicador en cuestión alerta sobre la alta dependencia de importaciones en todas las industrias de la lista.

Otros sectores dignos de mencionarse son los comprendidos en el cuadrante 2: transporte, combustibles y refinados de petróleo, servicios a las empresas, y hierro y acero. Estos cuatro sectores tienen una incidencia conjunta de 13% en el total del VBP. Todos tienen en común el ser altamente demandados por el resto de los sectores de la economía. Si la demanda total se incrementa, estos sectores verán expandida su demanda por bienes intermedios importados. Aunque estos sectores son poco demandantes de importaciones intermedias, todos ellos requieren importaciones de bienes de capital, principalmente vehículos de motor, maquinarias y equipo, así como bienes de consumo final.

Cuadro 3

Estado Plurinacional de Bolivia: caracterización sectorial según índice de dependencia de las importaciones, 2014  
(En porcentajes del valor bruto de la producción)

	Demandantes	Poco demandante
Demandados	<p><b>Textiles (0,22%);</b>  <b>Papel y Madera (0,42%);</b>  <b>Química básica (0,018%);</b>  <b>Otros productos químicos (0,27%);</b>  <b>Minerales no metálicos (0,185%);</b>  <b>Farmacéuticos (0,18%);</b>  <b>Caucho y Plástico (0,18%);</b>  <b>Vehículos (0,01%);</b>  <b>Maquinarias y equipo (0,13%)</b></p>	<p><b>Combustibles y refinados de petróleo (1,96%);</b>  <b>Servicios a empresas (1,95%)</b>  <b>Hierro y acero (0,20%);</b>  <b>Transporte (9%)</b></p>
	1,3%	13,1%
Poco demandados	<p><b>Confecciones (0,44%);</b>  <b>Calzado (0,50%);</b>  <b>Metales no ferrosos (0,6%);</b>  <b>Productos de metal (0,10%);</b>  <b>Maquinarias y equipos eléctricos (0,03%);</b>  <b>Otras manufacturas (0,22%)</b></p>	<p><b>Minería Energía (12,61%);</b>  <b>Agricultura, caza y pesca (9,31%);</b>  <b>Minería no energía (6,46%);</b>  <b>Construcción (5,03%);</b>  <b>Carne y derivados (3,4%);</b>  <b>Molinería, pastelería y pastas (2,48%);</b>  <b>Azúcar (0,62%);</b>  <b>Otros productos alimenticios (3,47%);</b>  <b>Bebidas (2,59%);</b>  <b>Productos del tabaco (0,13%);</b>  <b>Minerales no metálicos (2,06%);</b>  <b>Metales no ferrosos (0,6%);</b>  <b>Otros servicios (34,26%)</b></p>
	1,9%	83,7%

Fuente: CEPAL, sobre la base de la Matriz Insumos Producto (MIP) de Bolivia estimada en la MIP Latinoamericana.

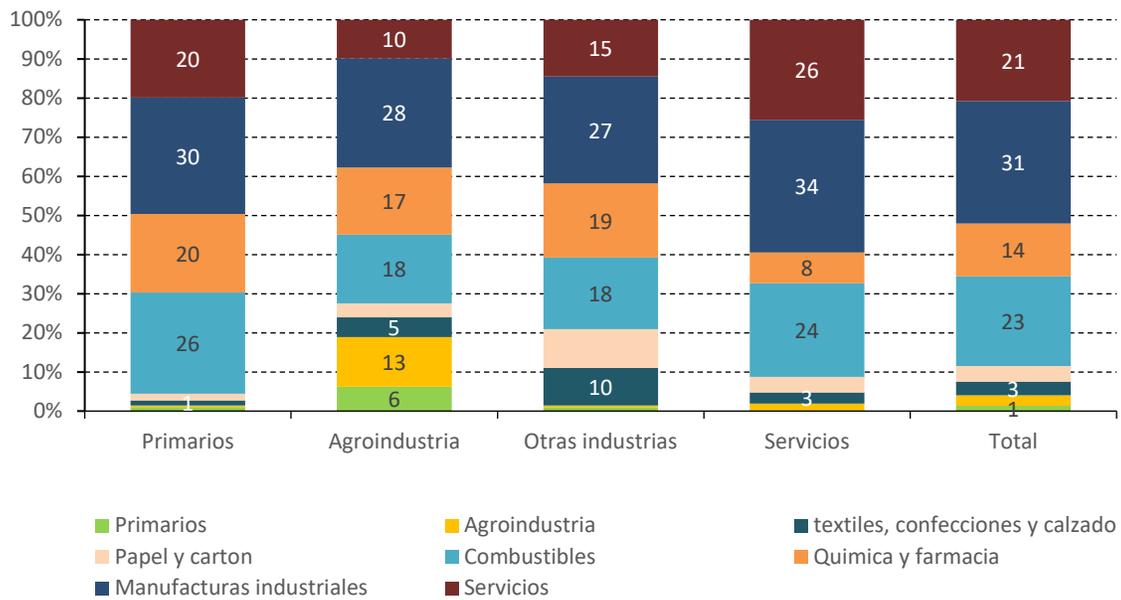
Con participaciones menores, y no superiores al 2% en conjunto, aparecen un grupo de sectores que son poco demandados por el resto de la economía, pero que por sí mismos son demandantes de insumos intermedios importados desde el resto del mundo. En este grupo destacan las confecciones, el

calzado, los metales no ferrosos, los productos fabricados de metal, las maquinarias y equipos eléctricos, además de otras manufacturas.

La principal limitación para avanzar en un proceso de sustitución de importaciones radica en que la estructura productiva del Estado Plurinacional de Bolivia, es decir, el patrón de su estructura productiva, tiene como columna vertebral las industrias agrícola, agropecuaria, minera y agroindustrial. Todas ellas son altamente dependientes de las importaciones de bienes industriales de las categorías de bienes de capital, así como de manufacturas de contenido tecnológico medio y alto en general.

Agregada la matriz de importaciones intersectoriales del Estado Plurinacional de Bolivia, para 4 grandes sectores económicos (bienes primarios, agroindustriales, industriales y servicios), se pudo verificar que la mayor demanda de importación en dicho país se concentró en 4 categorías: combustibles (23%); bienes industriales de diverso tipo (31%), esto es (hierro y acero, maquinarias y equipos, autos, equipo eléctrico y de telecomunicaciones, etc.), además de servicios (21%). Tal patrón se reproduce en todos los sectores. El gráfico 11 muestra que, en todos los casos, los 4 sectores sumaron más del 85% de los insumos importados de cada sector, con participaciones menores para los bienes primarios, papel y cartón y productos de la agroindustria.

**Gráfico 11**  
**Bolivia, E.P.: Estructura de insumos importados de la función de producción de grandes sectores económicos, según sector de procedencia, 2014**  
*(En porcentaje de las importaciones totales)*



Fuente: CEPAL, sobre la base de la Matriz Insumos Producto de Bolivia estimada en la Matriz Latinoamericana de Insumo Producto.

### III. Especialización vertical

La tendencia del comercio internacional observada a nivel mundial queda marcada por el fenómeno de la globalización y la fragmentación geográfica de la producción. El comercio de insumos intermedios representó el 56% y el 73% del comercio de bienes y servicios en países de la OCDE, respectivamente (Miroudot y otros, 2009). Los esfuerzos por impulsar el comercio internacional mediante reducción de barreras arancelarias, facilitación del comercio y otros instrumentos, han ayudado en la deslocalización de la producción. Las empresas trasladan fases de sus procesos productivos fuera de sus fronteras, aprovechando las ventajas que ofrecen otros países (menores costes laborales, acceso a determinados mercados, etc.). Fenómenos como el *outsourcing*, *offshoring*, *nearshoring* y las CGV dan cuenta de la importancia de este proceso (Grossman y Hansberg, 2006; Shamis y otros, 2005). En este sentido, la especialización vertical es un indicador que captura información sobre la fragmentación de la producción, relacionándola con las exportaciones (Cadarsó y otros, 2008).

La especialización vertical es definida por Hummels, Ishii y Yi (2001) como el uso de insumos intermedios exteriores en la producción de productos finales que son exportados. Cabe remarcar que así pueden determinarse las fases de producción de un determinado producto, es decir, se concluye que países se vuelven parte de una sola cadena de producción (Backer y Yamano, 2012), puesto que al menos tres países están involucrados de forma secuencial: el contenido importado procedente del país A, incorporado en el producto finalizado del país B, que es exportado a un tercer país C que recibe dicho producto para satisfacer la demanda doméstica de su economía. Los ejemplos tratados en esta sección se corresponden con MIP nacionales, pero pueden ser utilizados con MIP regionales y multirregionales, donde las posibles combinaciones son mayores, ya que es posible calcular el contenido importado por origen, necesario para exportar por destino. Los indicadores de especialización vertical, junto con los de valor agregado (presentados en la Sección IV), son uno de los principales pilares del análisis del comercio internacional con el uso de la metodología de insumo-producto.

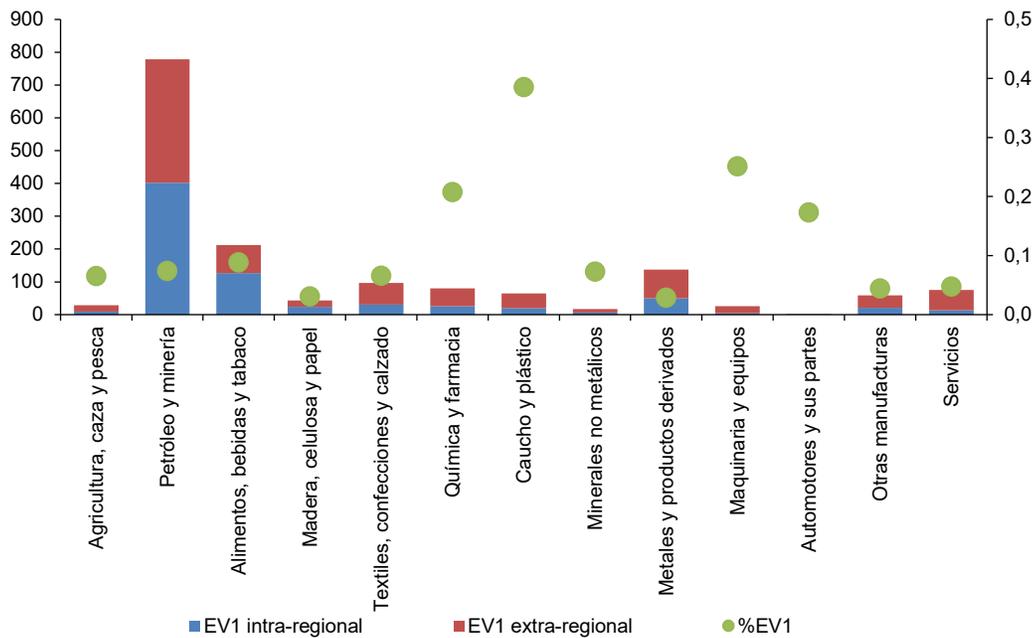
### A. Contenido importado directo sobre las exportaciones (EV1)

Este indicador, llamado aquí  $EV1_p$ , es la medida básica de la especialización vertical (EV) que considera el contenido directo importado en las exportaciones de un país  $p$  con un ejemplo matricial de tres sectores:

$$EV1_p = \sum_{i,j=1}^N (A_{ij}^M \hat{e}_{ij}) = \sum_{i,j=1}^N \left( \begin{bmatrix} a_{11}^m & a_{12}^m & a_{13}^m \\ a_{21}^m & a_{22}^m & a_{23}^m \\ a_{31}^m & a_{32}^m & a_{33}^m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 & 0 & 0 \\ 0 & e_2 & 0 \\ 0 & 0 & e_3 \end{bmatrix} \right) = \sum_{i,j=1}^N \begin{bmatrix} a_{11}^m e_1 & a_{12}^m e_2 & a_{13}^m e_3 \\ a_{21}^m e_1 & a_{22}^m e_2 & a_{23}^m e_3 \\ a_{31}^m e_1 & a_{32}^m e_2 & a_{33}^m e_3 \end{bmatrix} \quad (22)$$

La  $EV1$  puede calcularse multiplicando directamente las matrices  $A^M$  y  $\hat{e}$ , donde  $A^M$  es la matriz  $N \times N$  de coeficientes técnicos importados por el país  $p$  y  $\hat{e}$  es el vector  $N \times 1$  de exportaciones brutas (totales) diagonalizado del país  $p$ . Así se genera una nueva matriz, cuya suma de todos los valores de la misma, arroja un valor referente a las unidades monetarias de contenido directo importado en las exportaciones del país  $p$ . Este indicador suele referirse en términos de participación en las exportaciones totales (véase 12). Una suma por columnas ofrece la especialización vertical por sector en unidades monetarias. Una comparativa a nivel sectorial ofrece información mucho más detallada sobre qué sectores son los que más contenido importado necesitan para exportar, pudiendo establecerse análisis que relacionen relevancia del sector en la economía (participación en el PIB, índice de Rasmussen-Hirschman), su participación en las exportaciones brutas y el nivel de fragmentación productiva.

**Gráfico 12**  
**Perú: contenido importado directo (por origen) sobre las exportaciones (EV1), 13 grandes categorías, 2005**  
*(En millones de dólares y porcentajes)*



Fuente: elaboración propia a partir de la Matriz de Insumo-Producto de América del Sur (2005).

El Gráfico 12 muestra el contenido importado directo sobre las exportaciones de Perú en términos absolutos (eje izquierdo), y en términos relativos a los insumos importados por unidad producida (eje derecho). En términos absolutos, destacan principalmente las exportaciones del sector del Petróleo y la minería, que además demuestra ser un sector impulsor, con encadenamientos hacia atrás por encima del promedio del país. Este sector no sólo ejerce un efecto de arrastre en la economía doméstica, sino que también participa en gran medida en las exportaciones del país. Para poder exportar, este sector importa insumos principalmente de la región (52%). Aunque sólo este sector, junto con el de Alimentos, bebidas y tabaco; y Madera, celulosa y papel, tienen una mayor participación de insumos intra-regionales importados, juntos suponen el 57,5% de las exportaciones totales del país. Atendiendo a la participación extra-regional, se encuentra el sector de Maquinaria y equipos; y Servicios, si bien se trata de sectores cuya participación en las exportaciones no es relevante. En términos de insumos importados por unidad de output producido, el sector del Caucho y plástico (0,38 unidades importadas por unidad exportada), junto con el de Maquinaria y Equipos (0,25); y Automotores y sus partes (0,17), son los que más insumos importados requiere para exportar. No obstante, son sectores cuya participación en las exportaciones no supera el 1,1%. En cambio, el sector del Petróleo y la minería requiere de 0,07 unidades de insumos intermedios importados por unidad exportada. Un alto ratio de insumos importados por unidad producida, junto con una elevada participación de las exportaciones de un sector, informa sobre la especialización productiva de dicho sector en CGV, hecho que no se aprecia en Perú. En definitiva, Perú no parece ser parte de las CGV, puesto que no participa en la fragmentación productiva. Los sectores exportadores más importantes no procesan grandes cantidades insumos intermedios importados.

Las MIP regionales además ofrecen insumos importados por sector y país de origen y exportaciones brutas por país de destino para los 10 países de la región, por lo que también puede computarse la  $EV1$  considerando exportaciones bilaterales. A continuación, se presentan tres ecuaciones que cubren la totalidad de las combinaciones posibles. En todos los casos las ecuaciones arrojan un solo valor. Para un análisis sectorial se debe proceder como se ha explicado previamente en la ecuación (29), sumando por columnas:

$$\begin{aligned}
 EV1_A &= \sum_{i,j=1}^N (A_{ij}^M \hat{e}_{ij}^{A,B}) \\
 EV1_B &= \sum_{i,j=1}^N (A_{ij}^{C,B} \hat{e}_{ij}) \\
 EV1_C &= \sum_{i,j=1}^N (A_{ij}^{A,C} \hat{e}_{ij}^{C,B})
 \end{aligned} \tag{23}$$

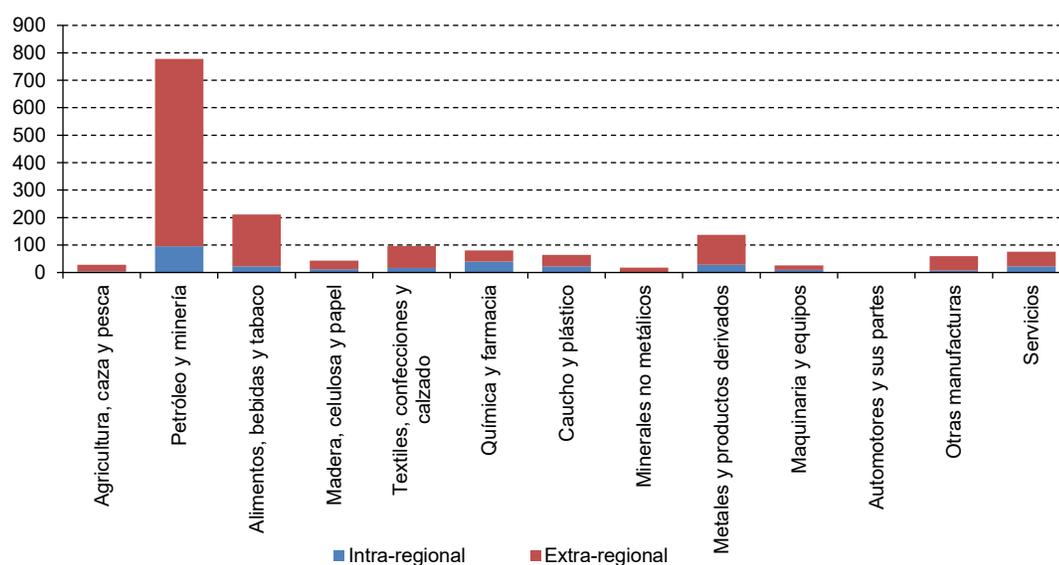
En este caso,  $EV1_A$  mide la especialización vertical del país A informando sobre el contenido importado total en las exportaciones brutas del país A al país B. Los cálculos son exactamente iguales a los expuestos en la ecuación (22), con la diferencia de poder ir combinando los insumos importados  $A^M$  por origen y las exportaciones brutas  $e$  por país de destino. La  $EV1_B$  el contenido que el país B importa de C, para satisfacer sus exportaciones brutas. Una vez más, recordar que el primer superíndice informa sobre el país de origen de los insumos y el segundo el destino. El primer ejemplo se centra en el destino del contenido importado en las exportaciones de un país, es decir, hacia dónde va el producto final que exporta el país objeto de estudio (país A en este caso). El segundo ejemplo se centra en el origen de las importaciones que son necesarias para que país objeto de estudio (país B en este caso) pueda satisfacer la demanda exterior. La  $EV1_C$  mide el contenido importado del país A en las exportaciones del país C al

país B. Este último ejemplo se centra tanto en el origen de las importaciones que son necesarias del país A para que el país objeto de estudio (país C en este caso) pueda satisfacer la demanda final del país B.

Normalmente este tipo de análisis que incluyen origen y destino no puede ser realizado por matrices de insumo-producto nacionales, que por norma general no informan del origen de las importaciones intermedias y el destino de las exportaciones totales, pero las MIP regionales sí proveen insumos intermedios  $Z^M$  por origen y exportaciones totales e por destino para los 10 países de la región.

El gráfico 13 captura el destino de los requerimientos directos importados por Perú para satisfacer la demanda exterior. Destaca la diferencia entre origen y destino del contenido importado en sectores como el *Petróleo y minería*, que requiere de insumos importados principalmente de América del Sur, que son procesados por el país para luego ser exportados en su mayoría al resto del mundo.

**Gráfico 13**  
Perú: contenido importado directo sobre las exportaciones, por destino (EV1), 13 grandes categorías, 2005  
(En millones de dólares)



Fuente: elaboración propia a partir de la Matriz de Insumo-Producto de América del Sur.

El contenido directo importado sobre las exportaciones de Perú  $EV1_{PER}$  utilizando  $A^M$  procedentes de Chile y exportaciones totales a la Unión Europea, muestra una  $EV1$  igual a 12.3 millones de dólares y su lectura es la siguiente: de los 4.484 millones de dólares que Perú exportó en 2005 a la Unión Europea, 12.3 millones se le atribuyen a los requerimientos directos importados de Chile contenidos en exportaciones a la Unión Europea. En definitiva, un 0,3% de las exportaciones de Perú a la UE-27 proviene de insumos importados de Chile.

Una limitación de este indicador es que son considerados solo los requerimientos directos importados en las exportaciones. Ignora los vínculos inter-industriales indirectos, que también contribuyen a la especialización vertical. No obstante,  $EV1$  es generalmente utilizada en combinación con otro indicador, propuesto por Hummels, Ishii y Yi (2001), presentado a continuación, que captura ambos insumos importados (directos e indirectos), incorporados en las exportaciones del país objeto de estudio.

## B. Contenido total (directo e indirecto) importado sobre las exportaciones (EV2)

En el apartado anterior se ha presentado un indicador que mide los requerimientos directos importados en las exportaciones de un país. Este hecho ignora los vínculos inter-industriales indirectos, es decir, todas las fases o etapas anteriores de la producción necesarias para producir insumos directos (los insumos necesarios para producir insumos, y así sucesivamente). Esto supone una subestimación del contenido importado en las exportaciones de un país. Por ello, para capturar el contenido total se presenta a continuación el indicador  $EV2$ , que incorpora los insumos importados totales, directos e indirectos, incorporados en las exportaciones de un país.

$$EV2_p = A_p^M (I - A)^{-1} \hat{e}_p \quad (30)$$

Donde  $A_p^M (I - A)^{-1} \hat{e}_p$  es el contenido total importado en la producción doméstica del país  $p$  destinado a las exportaciones, en forma matricial. Se trata de una matriz  $N \times N$  cuya suma por columnas ofrece información sobre la especialización vertical de los sectores  $j$ . La suma de todos los elementos de la matriz ofrece información sobre la especialización vertical de la economía en su conjunto. Un ejemplo para 3 sectores:

$$\sum_{i,j=1}^N \left( \begin{bmatrix} a_{11}^m & a_{12}^m & a_{13}^m \\ a_{21}^m & a_{22}^m & a_{23}^m \\ a_{31}^m & a_{32}^m & a_{33}^m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} \\ l_{21} & l_{22} & l_{23} \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 & 0 & 0 \\ 0 & e_2 & 0 \\ 0 & 0 & e_3 \end{bmatrix} \right) =$$

$$\sum_{i,j=1}^N \begin{bmatrix} a_{11}^m l_{11} e_1 + a_{12}^m l_{21} e_1 + a_{13}^m l_{31} e_1 & a_{11}^m l_{12} e_2 + a_{12}^m l_{22} e_2 + a_{13}^m l_{32} e_2 & a_{11}^m l_{13} e_3 + a_{12}^m l_{23} e_3 + a_{13}^m l_{33} e_3 \\ a_{21}^m l_{11} e_1 + a_{22}^m l_{21} e_1 + a_{23}^m l_{31} e_1 & a_{21}^m l_{12} e_2 + a_{22}^m l_{22} e_2 + a_{23}^m l_{32} e_2 & a_{21}^m l_{13} e_3 + a_{22}^m l_{23} e_3 + a_{23}^m l_{33} e_3 \\ a_{31}^m l_{11} e_1 + a_{32}^m l_{21} e_1 + a_{33}^m l_{31} e_1 & a_{31}^m l_{12} e_2 + a_{32}^m l_{22} e_2 + a_{33}^m l_{32} e_2 & a_{31}^m l_{13} e_3 + a_{32}^m l_{23} e_3 + a_{33}^m l_{33} e_3 \end{bmatrix} \quad (31)$$

Tomando en cuenta el valor total, directo e indirecto, del contenido importado de las exportaciones de Colombia se aprecia que el 10,3% de los productos que exporta provienen de insumos importados (véase el gráfico 14). En concreto, 2.264 millones de US\$ importados fueron necesarios para producir y satisfacer las exportaciones colombianas que ascendieron a 22.055 millones en 2005. Uruguay y Bolivia siguen manteniendo los mayores valores de especialización vertical, no sólo en términos directos sino también indirectos; Venezuela ofrece el menor valor. Éste es uno de los países sudamericanos que presenta menor fragmentación de la producción, puesto que las principales exportaciones venezolanas provienen de sectores extractivos como la *Minería*, *el Coque* y *el petróleo* que no requieren un gran contenido importado, pues Venezuela posee abundantes dotaciones de recursos naturales. No obstante, con la finalidad de satisfacer la demanda final en un país cuya economía es de naturaleza extractiva y que se define por una débil participación de las manufacturas en su PIB, Venezuela es uno de los países más dependientes del exterior.

Utilizando la MIP SA, este indicador puede abrirse por origen del contenido importado y por destino de las exportaciones. El proceso es el mismo que en el caso de la ecuación (24), simplemente se cambian los coeficientes técnicos importados  $A^M$  según origen, y/o el destino de las exportaciones. La ecuación (32) se muestra como un ejemplo ilustrativo:

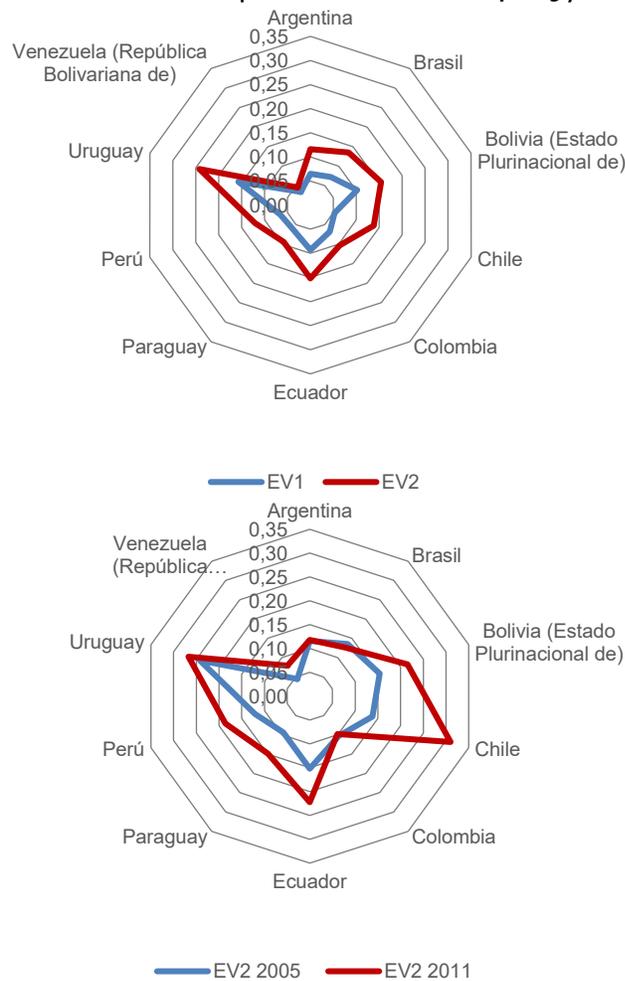
$$EV2_A = A^{B,A} (I - A)^{-1} \hat{e}^{A,C} \quad (32)$$

En la ecuación (26) se presenta el indicador de especialización vertical del país A que informa sobre los requerimientos totales procedentes de insumos importados del país B, necesarios para satisfacer la demanda final del país C. Siguiendo el ejemplo de Perú, al tener en cuenta la  $EV2_{PER}$  con insumos importados de Chile y exportaciones a la UE, el contenido importado total, directo e indirecto,

aumenta a 22.85 millones de dólares. Un análisis sectorial (por columnas) atribuye más de 10 millones de dólares de contenido importado chileno a las exportaciones peruanas con destino a la UE-27 procedentes del sector de la *Minería (no energía)*, seguido de 4,3 millones de *Otros productos alimenticios*.

Además, una vez calculados los requerimientos directos y los totales expuestos (ecuaciones (30) y (33), como diferencia entre la  $EV_2$  y la  $EV_1$  puede calcularse el contenido importado indirecto de las exportaciones de un país ( $EV_i$ ). En el caso de Colombia,  $EV_i$  es igual al 3,5%, frente al 6,8% que supone el contenido importado directo  $EV_1$  y el 10,3% que supone el contenido total  $EV_2$ . Los mayores valores de  $EV_i$  se observan en Uruguay y Chile; los menores para Colombia, Paraguay y Venezuela. El gráfico 13 demuestra la importancia de medir los requerimientos totales, puesto que en la región el 45% del contenido importado sobre las exportaciones es explicado por los requerimientos indirectos que no logra capturar el  $EV_1$ . En Colombia, el contenido importado directo sobre las exportaciones es del 7%. Es decir, por cada unidad exportada Colombia requiere directamente de 0,07 unidades importadas. Este indicador es más alto en países como Uruguay (15,7%), Bolivia (10,2%) y Ecuador (9,3%). El menor peso de este indicador se observa en Venezuela (3,4%) y Chile (5,3%). El contenido importado en las exportaciones pasa a ser aún mayor en 2011 en todos los países con excepción de Brasil, Argentina y Colombia. Destaca el cambio de Chile, Bolivia, Ecuador y Perú.

**Gráfico 14**  
**Especialización Vertical en los países de América del Sur, 2005 y 2011**



Fuente: elaboración propia a partir de la Matriz de Insumo-Producto de América del Sur.

Una vez obtenidos los requerimientos totales importados necesarios para exportar ( $EV_2$ ) y sabiendo cuáles son las exportaciones totales de un país, podemos también calcular por diferencia los requerimientos totales domésticos incorporados en las exportaciones de un país. Ésta es entendida como una variable proxy del valor agregado doméstico incorporado en las exportaciones  $VADe$ , que veremos en la sección siguiente.

$$\widehat{VADe}_p \approx \sum_{i,j=1}^N (\hat{e}_{ij}) - EV2_p \quad (33)$$

Donde el valor obtenido está expresado en unidades monetarias del país  $p$ . En el caso de Colombia, el  $VADe_p \approx 22.055 - 2.264 = 19.791$  millones de dólares siendo 135.428 millones de dólares el total de VAB de la economía colombiana. En este caso, el valor agregado doméstico asociado a las exportaciones es del 14,6% sobre el valor agregado total. Esta proxy será comparada con los indicadores del valor agregado mostrados en la siguiente sección.

Esta aproximación (33) y el valor agregado doméstico en las exportaciones (30) no suelen ofrecer resultados idénticos, ya que estos indicadores de especialización vertical asumen que las importaciones son totalmente producidas en el exterior, por lo que no es posible contabilizar el valor agregado doméstico que pueda estar incorporado en insumos importados. Como ejemplo, tomando el caso de Chile en la MIP SA, el sector del Hierro y acero importa insumos intermedios  $Z^M$  por un valor de 22,28 millones de dólares, procedentes del sector de Productos fabricados del metal de Perú. Estos insumos importados por Chile pueden no ser enteramente provenientes de Perú, ya que para su producción pueden haberse requerido insumos procedentes de terceros países, así como del propio país importador, Chile en este caso. En cambio, un análisis del valor agregado captura los factores que han sido empleados por una economía para generar productos finales. Éste último se trata pues de un enfoque más acertado para medir la representatividad de los procesos productivos de un país en el comercio internacional y las CGV.

La evidencia sugiere que, para muchos países, al menos a nivel agregado, los indicadores de la  $EV$  (también  $EV_i$  y  $VADe$ ) calculados utilizando MIP nacionales, están muy cerca de las estimaciones equivalentes que derivarían utilizando MRIOT. No obstante, la relación empieza a desajustarse cuando las estimaciones se derivan por socio e industria (Ahmad y otros, 2017). Esto es debido a que las matrices nacionales suponen misma dotación tecnológica sectorial de las importaciones, y porque no captura vínculos inter-país que afectan a los requerimientos domésticos. Además, algo que no pueden hacer las MIP nacionales y sí las MRIOT y la RIOT es que éstas últimas permiten descomponer el contenido importado de las exportaciones en exportaciones de insumos intermedios y en exportaciones de bienes finales.

Los indicadores de especialización vertical expuestos en el presente apartado ofrecen información valiosa sobre la fragmentación de los procesos de producción entre países. Valores altos de estos indicadores muestran una mayor inserción de los sectores en las cadenas globales de valor, que por otro lado puede entenderse como una mayor dependencia respecto del exterior. Así, estableciendo una comparativa entre el  $RII$  y la  $EV_2$  (gráfico 5 y gráfico 14, respectivamente), los países con mayor dependencia del exterior como Uruguay, Bolivia, Chile o Argentina suelen ser los que más contenido importado requieren para exportar. Unos valores bajos pueden suponer una baja inserción en las CGV, así como una menor dependencia del exterior. Este es el caso de Paraguay. En el caso de Venezuela, puesto que su especialización exportadora descansa en *commodities* y no posee una industria desarrollada que le permita satisfacer la demanda final, Venezuela es una excepción, altamente dependiente del exterior pero sin participar en el proceso de fragmentación productiva.



## IV. Indicadores de Valor Agregado

En esta sección se presentan los principales indicadores de valor agregado que pueden obtenerse con matrices nacionales de insumo-producto. Junto con la especialización vertical, que arroja resultados sobre la fragmentación productiva, los indicadores de valor agregado informan con mayor precisión que las estadísticas convencionales sobre el papel de los países y su peso en el comercio a la hora de determinar la participación de un país en el valor de un producto final. Además, la medición y descomposición de estos indicadores en MRIOT posibilitan el estudio de las llamadas Cadenas Globales de Valor, que son las redes que se forman por la vinculación de las diferentes etapas de producción de bienes y servicios a nivel internacional, donde insumos importados y domésticamente producidos se combinan para producir productos que son exportados como insumos intermedios para subsiguientes etapas de producción o como productos terminados para su consumo final. Aunque las posibilidades de las MRIOT para el análisis de indicadores de valor agregado son mucho mayores que en MIP nacionales, a continuación, se presentan los siguientes indicadores que ofrecen información agregada sobre el contenido que cada país deposita sobre los productos que pasan por sus fronteras. En esta sección se estudian las diferentes mediciones del valor agregado contenido en las exportaciones de los países de América del Sur que nos ofrece la MIP SA, pudiendo diferenciar entre valor agregado directo, indirecto y total, así como valor agregado contenido en las exportaciones intermedias o exportaciones finales. También se calcula por diferencia el valor agregado extranjero por diferencia.

### A. Valor agregado doméstico contenido en las exportaciones

Al igual que se utilizó  $A^M$  para evaluar el contenido importado en la producción de un país (ecuación (28)), el valor agregado doméstico contenido en las exportaciones sigue la misma lógica. Este indicador puede ser desagregado igual que la Especialización Vertical, en *i*) valor agregado directo y *ii*) valor agregado doméstico total (directo e indirecto). Un componente más que no puede ser medido con MIP nacionales, pero sí con MRIOT es el llamado valor agregado re-importado, que hace referencia al valor agregado doméstico que regresa de vuelta al país de origen incorporado en importaciones intermedias que son utilizadas por la industria en cuestión (Ahmad y otros, 2017). A partir de las MRIOT se pueden desagregar

las exportaciones de un país en esas tres categorías, que a su vez albergan tres componentes, contabilizando un total de nueve componentes de las exportaciones brutas (Koopman y otros, 2014). Para este manual se van a calcular solo el valor agregado doméstico directo, indirecto y total, y el valor agregado extranjero de las exportaciones de un país. Recordar que la cualidad distintiva de la MIP SA es el hecho de poder abrir por destino las exportaciones. Dicho esto, para una economía de tres sectores, el valor agregado doméstico directo contenido en las exportaciones brutas de un país  $p$  es calculado de la siguiente forma:

$$VADde_p = \sum_{i,j=1}^N \hat{V}_p \hat{e}_p$$

$$\sum_{i,j=1}^N \left( \begin{bmatrix} V_1 & 0 & 0 \\ 0 & V_2 & 0 \\ 0 & 0 & V_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 & 0 & 0 \\ 0 & e_2 & 0 \\ 0 & 0 & e_3 \end{bmatrix} \right) = \sum_{i,j=1}^N \begin{bmatrix} V_1 e_1 & 0 & 0 \\ 0 & V_2 e_2 & 0 \\ 0 & 0 & V_3 e_3 \end{bmatrix} \quad (34)$$

El valor agregado doméstico total, directo e indirecto, contenido en las exportaciones brutas de un país  $p$  queda plasmado en la siguiente fórmula:

$$VADE_p = \sum_{i,j=1}^N \hat{V}_p (I - A^D)^{-1} \hat{e}_p$$

$$\sum_{i,j=1}^N \left( \begin{bmatrix} V_1 & 0 & 0 \\ 0 & V_2 & 0 \\ 0 & 0 & V_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} \\ l_{21} & l_{22} & l_{23} \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 & 0 & 0 \\ 0 & e_2 & 0 \\ 0 & 0 & e_3 \end{bmatrix} \right) = \sum_{i,j=1}^N \begin{bmatrix} V_1 l_{11} e_1 & V_1 l_{12} e_2 & V_1 l_{13} e_3 \\ V_2 l_{21} e_1 & V_2 l_{22} e_2 & V_2 l_{23} e_3 \\ V_3 l_{31} e_1 & V_3 l_{32} e_2 & V_3 l_{33} e_3 \end{bmatrix} \quad (35)$$

Donde  $\hat{V}_p$  es un vector diagonalizado de los coeficientes de valor agregado (ecuación (8) del país  $p$  por industria de origen. Los demás componentes de la ecuación, la matriz Inversa de Leontief y el vector de exportaciones diagonalizado, ya han sido ampliamente tratados en las secciones previas. Así, las ecuaciones (34) y (35) ofrecen unas matrices  $N \times N$  cuya sumatoria de todos sus elementos arroja el valor en unidades monetarias del  $VADde$  y  $VADE$  para la economía  $p$ , respectivamente. Para analizar el origen sectorial del valor agregado, se lleva a cabo una lectura por filas. No obstante, los resultados más importantes vienen de la mano de la suma por columnas, puesto que se relaciona el valor agregado generado en un país en términos del sector  $j$ , que es el exportador.

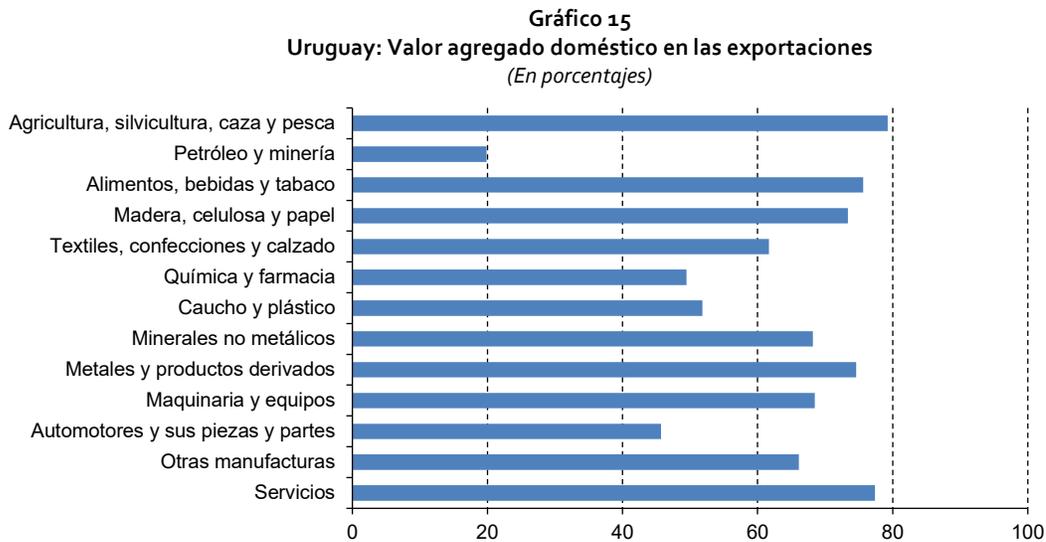
El  $VADE$  es el indicador más completo aquí expuesto para medir el valor agregado doméstico contenido en las exportaciones. Con él puede medirse cuál es la participación del valor agregado doméstico incorporado en las exportaciones totales del país:

$$\%VADE_p = \frac{VADE_p}{\sum_{i,j=1}^N (\hat{e}_{ij})_p} \cdot 100 \quad (24)$$

Este indicador toma valores entre 0 y 100. Cuanto más bajo (mayor) es el indicador, mayor (más bajo) es el contenido exterior de las exportaciones y, por ende, mayor (menor) la importancia de las importaciones en las exportaciones. Además de sus implicaciones directas, también sugiere señales del grado de "doble contabilización" en las estadísticas de comercio, puesto que refleja de forma más precisa la verdadera contribución de un país en las exportaciones.

Tomando como ejemplo el caso de Uruguay, las exportaciones con mayor valor agregado doméstico provienen de sectores de servicios como finanzas y seguros (91%), correos y telecomunicaciones (89%), o servicios empresariales de todo tipo (86%). Por otro lado, el componente doméstico de exportaciones relacionadas con el coque y petróleo refinado (19%), productos de metales básicos (42%), o vehículos a

motor (4,5%) es especialmente bajo. El gráfico 15 muestra la participación del valor agregado doméstico en las exportaciones de Uruguay al mundo, atendiendo a 13 grandes categorías.



Fuente: elaboración propia a partir de la Matriz de Insumo-Producto de América del Sur.

Por último, el valor agregado doméstico indirecto incorporado en las exportaciones brutas (originarias de insumos intermedios domésticos) es calculado por diferencia entre  $VADe_p$  y  $VADde_p$  como sigue:

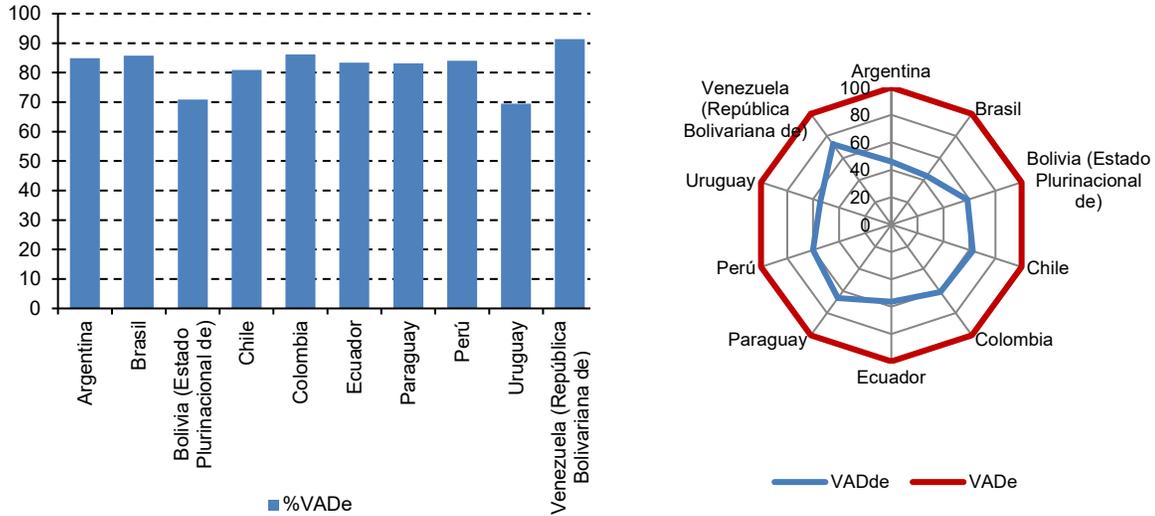
$$VADie_p = VADe_p - VADde_p \quad (25)$$

El valor agregado doméstico contenido en las exportaciones brutas puede ser descompuesto en la suma del valor agregado exportado a diferentes países de destino (que puede ser también agrupado en regiones), reemplazando el vector  $e$  en las ecuaciones (34), (35) o (36) con una matriz  $N \times N$  de exportaciones brutas de cada industria de origen a cada país de destino.

Las principales conclusiones que se extraen del gráfico 16 son: *i*) un alto valor agregado doméstico contenido en las exportaciones; *ii*) una alta participación del valor agregado doméstico indirecto, capturado por la inversa de Leontief. Países como Brasil, Ecuador o Uruguay destacan en este sentido, lo que implica una mayor vinculación de su estructura productiva. Uruguay además es el que menor valor agregado doméstico contiene en sus exportaciones, lo que indica una mayor inserción en las CGV si se complementa con el indicador de Especialización Vertical tratado en la sección anterior. El caso opuesto es el de Venezuela, cuyo alto valor agregado en las exportaciones principalmente viene de forma directa. Esto es debido a la naturaleza de su producción, extractiva.

Las características de la MIP SA aumentan las posibilidades descriptivas del valor agregado doméstico en la región. A continuación, se muestran tres ejemplos que profundizan en el valor agregado doméstico de las exportaciones de un país: el valor agregado doméstico en las exportaciones intermedias y finales del país; y el valor agregado doméstico de las exportaciones por país de destino.

**Gráfico 16**  
**Valor agregado doméstico contenido en las exportaciones, 2005**  
 (En porcentajes)



Fuente: elaboración propia a partir de la Matriz de Insumo-Producto de América del Sur.

### 1. Valor agregado doméstico contenido en exportaciones intermedias y finales

El valor agregado doméstico contenido en las exportaciones brutas de los diez países que conforman la MIP Latinoamericana puede ser descompuesto en aquél que sirve como demanda intermedia extranjera ( $VADe_p^{int}$ ) y aquellas exportaciones que satisfacen la demanda final ( $VADe_p^f$ ):

$$VADe_p^{int} = \hat{V}_p (I - A^D)^{-1} \hat{e}_p^{int} \tag{26}$$

$$VADe_p^f = \hat{V}_p (I - A^D)^{-1} \hat{e}_p^f \tag{39}$$

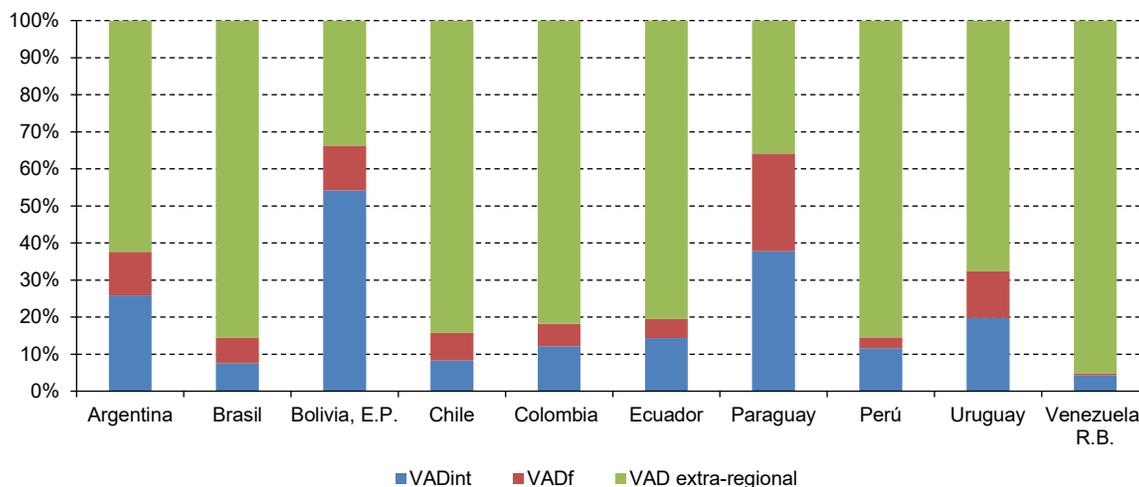
Donde  $\hat{e}_p^{int}$  es la matriz de exportaciones intermedias brutas del país  $p$  por industria de origen, generada al diagonalizar el vector que ofrece la MIP SA, y  $e_p^f$  es la de exportaciones finales brutas del país  $p$  por industria de origen. Este cálculo es posible solo si la matriz ofrece información de apertura de las exportaciones, que diferencie las exportaciones por destino en intermedias y finales. El gráfico 16 muestra la participación del valor agregado doméstico total contenido en las exportaciones de los diez países de la región. Mismos cálculos de desagregación del VADe llevados a cabo en las ecuaciones (24) y (37) pueden reproducirse para las ecuaciones (38) y (39), cambiando simplemente el vector de exportaciones brutas  $e$  por  $e_p^{int}$  o  $e_p^f$  según corresponda. Estos cálculos pueden realizarse además a nivel sectorial, siguiendo la misma lógica expuesta.

Una limitación de la diferenciación de bienes intermedios y finales en matrices nacionales es el trato que se da a los bienes intermedios. Al disponer de un vector  $e_p^{int}$ , se trata a éste como una variable exógena, fuera de los límites de la inversa de Leontief. Esto significa asumir que los requerimientos totales, directos e indirectos, del país de destino de los insumos intermedios guarda la misma estructura tecnológica (de costes) que la economía exportadora de insumos intermedios. En el caso de las matrices multi-regionales, estas interrelaciones quedan dentro de la inversa de Leontief global, resolviendo el problema.

Además de poder diferenciar entre exportaciones intermedias y finales, una de las mediciones más relevantes que posibilita la MIP SA es el estudio de la participación del comercio intrarregional

respecto al total, en términos de valor agregado, permitiendo observar el grado de integración de los países y sectores en la región. El gráfico 17 recoge el valor agregado doméstico contenido en las exportaciones diferenciando, por un lado, entre exportaciones intrarregionales intermedias y finales, y por otro, exportaciones regionales.

**Gráfico 17**  
**Valor agregado doméstico contenido en las exportaciones intrarregionales, 2005**  
(En porcentajes)



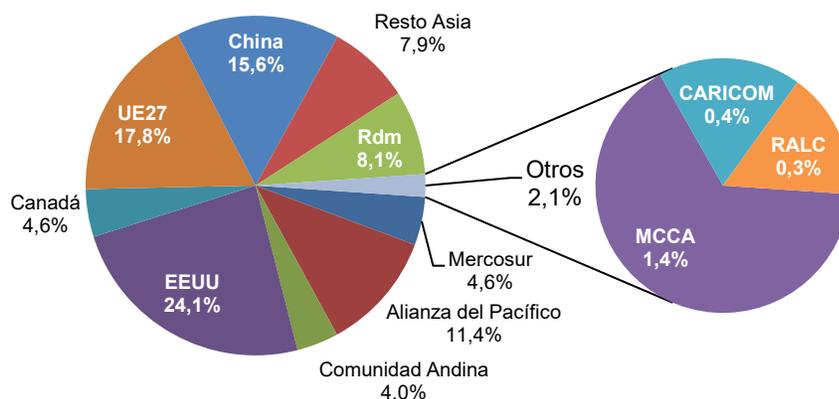
Fuente: elaboración propia a partir de la Matriz de Insumo-Producto de América del Sur.

La integración de los países de América del Sur es baja, atendiendo a la alta participación del valor agregado doméstico en el comercio extra-regional. Países como Bolivia o Paraguay son los más integrados en la región, dadas sus características particulares. Se trata de países interiores, sin acceso marítimo, lo que aumenta sus costes de transporte y reduce sus posibilidades de exportación fuera de la región. Son además economías pequeñas, que basan su dependencia y relaciones comerciales con los países vecinos. En el otro extremo se sitúan países como Chile, Venezuela o Brasil, especializados en bienes primarios y extractivos destinados a las grandes fábricas del mundo, economías desarrolladas y potencias emergentes. Otro dato relevante es la importancia del comercio de bienes intermedios. A nivel intrarregional se observa cómo la totalidad de los países de la región genera mayor valor agregado en el comercio de bienes intermedios que en el de bienes finales.

## 2. Valor agregado doméstico contenido en las exportaciones por país de destino

El Gráfico 18 muestra la situación de Perú con sus principales socios comerciales. Una de las mediciones más relevantes que posibilita la MIP SA es el estudio de la participación del comercio intrarregional y su comparación con el resto del mundo. Así, el valor agregado de Perú en las exportaciones va destinado principalmente a los Estados Unidos, la Unión Europea de los 27 y China. Dentro de la región destacan sus relaciones con el resto de los miembros de la Alianza del Pacífico. Principalmente impulsada por el comercio con su vecino Chile, en términos de valor agregado, esta iniciativa de integración regional es la más relevante en Perú, por delante de la Comunidad Andina.

**Gráfico 18**  
**Perú: valor agregado doméstico contenido en las exportaciones**  
*(En porcentajes)*



Fuente: elaboración propia a partir de la Matriz de Insumo-Producto de América del Sur.

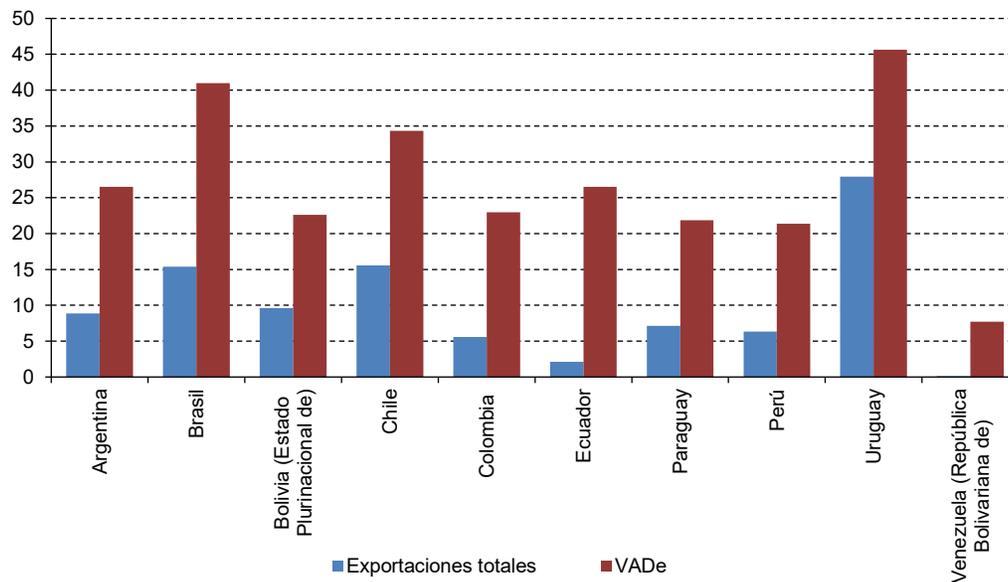
Nota: el valor agregado doméstico contenido en las exportaciones a Colombia queda recogido tanto en la Comunidad Andina como la Alianza del Pacífico, este gráfico incurre en doble contabilización.

### 3. Valor agregado doméstico contenido en las exportaciones de servicios

La importancia de los servicios en las economías desarrolladas y en desarrollo es innegable en términos de su participación en el PIB y empleo. No obstante, el comercio de servicios quedaba relegado a un segundo puesto, eclipsada por la importancia de los flujos de bienes, así como por la dificultad que supone contabilizar las transacciones transfronterizas de los servicios. Así, las estadísticas convencionales (Balanza de Pagos) reflejan una participación del comercio de servicios que no excede el 20% del total de flujos comerciales (Lanz y Maurer, 2015). No obstante, los servicios son necesarios para que el resto de los sectores puedan llevar a cabo sus actividades (*servificación* de las manufacturas). Para poder exportar productos como alimenticios como aceite de soja o leche de arroz, se requiere de insumos procedentes del sector agrícola, pero también de servicios como la electricidad, servicios de transporte, servicios de intermediación financiera, servicios de I+D, etc. Por ende, ante el aumento de la demanda de bienes que serán exportados, parte de la generación de empleo resultante vendrá de la mano de los sectores de servicios, que han sido requeridos por las diferentes industrias manufactureras para poder exportar. Cuando se mide el comercio de servicios como suministrador de insumos intermedios en términos de valor agregado, la participación de servicios en las exportaciones aumenta considerablemente, reflejando la importancia de este sector como “pegamento” de todo proceso productivo.

El Gráfico 19 muestra una comparativa del peso de los servicios en las exportaciones. En términos totales, sólo Uruguay, Brasil y Chile sobrepasan una participación de los servicios del 15%. Cuando se mide el valor agregado doméstico de los servicios incorporados en las exportaciones (29), la participación de los servicios en las exportaciones aumenta considerablemente en todos los casos. Este cálculo se lleva a cabo mediante la suma por filas de los siete sectores de servicios que ofrece la MIP SA (Banacluche, 2017).

**Gráfico 19**  
**Participación de los servicios en las exportaciones de América del Sur**  
*(En porcentajes)*

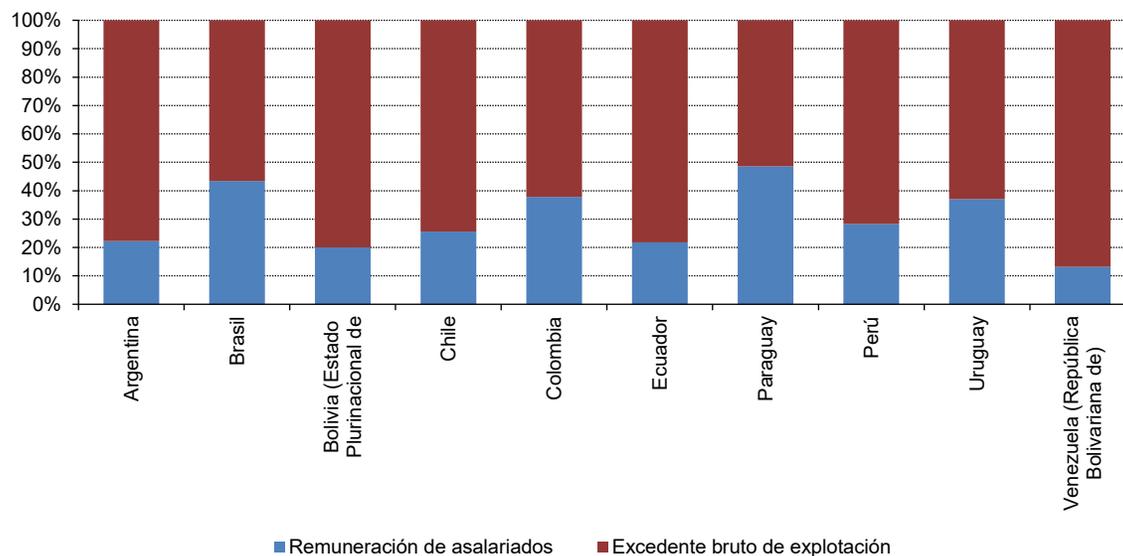


Fuente: elaboración propia a partir de la Matriz de Insumo-Producto de América del Sur.

#### 4. Descomposición del VADe: Remuneración de Asalariados vs excedente bruto de explotación

Descomponer el pago a los factores productivos en el proceso productivo de un país ofrece información sobre la distribución de la renta. En América del Sur, el pago al capital es en todos los países, mayor que el pago al trabajo (Gráfico 20). Políticas de redistribución de la renta enfocadas en el capital serían más efectivas en América del Sur, si bien el excedente bruto de explotación suele incluir las rentas mixtas, y el empleo informal en la región tiene un peso importante; dos hechos que repercuten en la interpretación de los resultados.

**Gráfico 20**  
**Participación de la remuneración de asalariados y el excedente bruto de explotación en las exportaciones totales**  
*(En porcentajes)*



Fuente: elaboración propia a partir de la Matriz de Insumo-Producto de América del Sur.

## B. Valor agregado extranjero contenido en las exportaciones

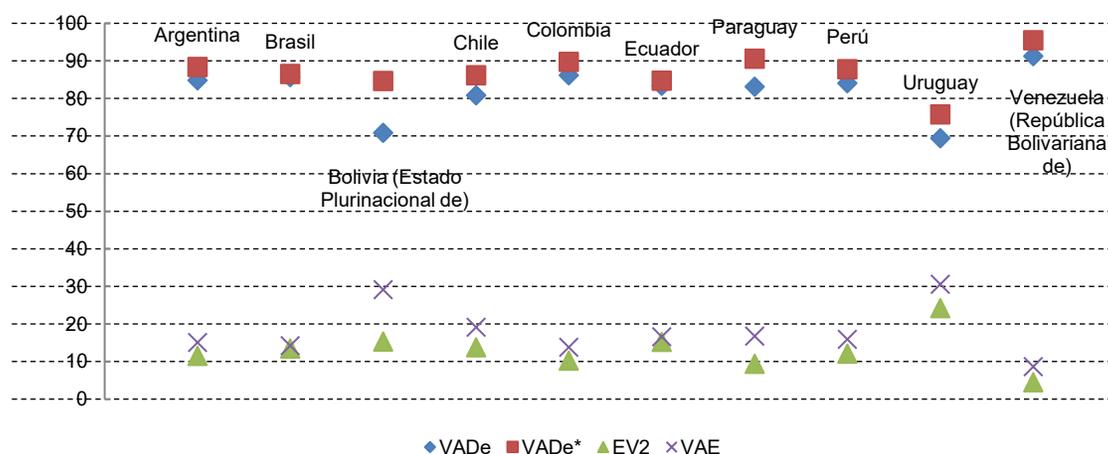
El valor agregado extranjero contenido en las exportaciones puede calcularse en el caso de tener MIP nacionales como la diferencia entre las exportaciones totales del país objeto de estudio y el valor agregado doméstico contenido en dichas exportaciones. En el caso de MRIOT, donde aparecen los vectores de valor agregado de todos los países/regiones tratadas y donde la matriz se cierra, puede correrse el MRIO que desagregue el valor agregado en toda su amplitud. En el caso de las matrices nacionales, el ratio  $VAE_e$  para el país  $p$  queda expresado como:

$$VAE_e_p = \sum_{i,j=1}^N (\hat{e}_{ij})_p - VADE_p \quad (40)$$

$$\%VAE_e_p = 1 - \%VADE_p \quad (41)$$

Este indicador arroja valores parecidos a los de la  $EV_2$ , puesto que conceptualmente son ratios similares. En el caso de la MIP SA, puede diferenciarse este ratio también abriendo exportaciones por industria de origen, país de destino, y/o tipo de demanda a la que sirve (final o intermedia). La ecuación (35) implica que la suma del contenido de valor agregado doméstico y extranjero debe ser igual a las exportaciones totales del país  $p$ , tanto a nivel agregado como a nivel sectorial.

**Gráfico 21**  
**Diferencias entre principales indicadores de valor agregado y especialización vertical**  
 (En porcentajes)



Fuente: elaboración propia a partir de la Matriz de Insumo-Producto de América del Sur.

Existen varias formas de medir la participación de un país en CGV. No obstante, MIP nacionales o regionales abiertas como la MIP SA no pueden calcular las CGV en toda su magnitud, de modo que ésta y la Especialización Vertical son las únicas aproximaciones de las que se dispone para calcular el valor agregado exterior contenido en las exportaciones<sup>2</sup>. Con MRIOT puede calcularse este indicador por origen y destino. Para el análisis de MRIOT, manuales especializados ofrecen información al respecto para el cálculo de CGV (Ahmad y otros, 2017; ADB, 2015; Jones, Powers y Ubee, 2013).

Los indicadores aquí expuestos son útiles para entender la participación de cada país en el comercio internacional. Notar que midiendo el valor agregado doméstico contenido en la demanda final, se obtendrían resultados sobre el PIB de cada país (véase Sección II. A).

### C. Descomposición del valor agregado en las exportaciones

La Matriz de Insumo-Producto de América del Sur (MIPSA) es una matriz regional abierta, cuya estructura no incluye los insumos intermedios exportados por los países de la región al resto del mundo, así como tampoco los vínculos comerciales entre el resto del mundo. Tratar a la MIPSA como una matriz multi-regional implica aceptar la distorsión que se produce en la inversa de Leontief, principalmente porque parte del supuesto de que Sudamérica no exporta bienes intermedios al resto del mundo. Además, los propios vínculos directos en el resto del mundo modifican los encadenamientos indirectos de una inversa de Leontief global (Banacloche et al, 2020). Por esto, muchas medidas de valor agregado no pueden desarrollarse a partir de RIOT sin, al menos, adaptar la notación matemática y acotar las medidas para el caso de RIOT como las MIP de la CEPAL (Lalanne, 2020). Esta adaptación ha sido ya llevada a cabo por Álvaro Lalanne en su documento "La inserción del Uruguay en las cadenas de valor de América del Sur; documento de referencia para entender cómo aplicar medidas de valor agregado en RIOT.

<sup>2</sup> En el caso de la MIP SA, el término *abierto* se refiere a la falta de información sobre insumos intermedios exportados por el país o los países incluidos en dicha MIP al mundo, así como importaciones finales de los países desde el mundo.

Para complementar las matrices de insumo-producto multi-país existentes en América Latina y Asia Pacífico, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), conjuntamente con la Comisión Económica y Social para Asia y el Pacífico (ESCAP) y el Banco Asiático de Desarrollo (ADB), construyeron Matrices Globales de Insumo-Producto (MRIOT). Estas incluyen las matrices de insumo-producto previamente desarrolladas por cada institución: la matriz multi-país del Banco Asiático de Desarrollo y la Matriz Sudamericana ensamblada para 2005, así como las matrices insumo-producto para América Latina y el Caribe 2011 y 2014, ensambladas por la CEPAL.

Las nuevas matrices de Insumo-Producto constituyen una herramienta potente para el desarrollo de políticas públicas y el impulso de las cadenas globales y regionales de valor. Ellas desagregan la producción para 20 sectores e incluyen a 71 economías, además del Resto de América Latina (ROLAC) y el Resto del Mundo, para los años 2007, 2011 y 2017. ROLAC en estas matrices agrega a Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y República Dominicana.

Por otra parte, se ha liberado al público una matriz para 2011 que incluye 25 sectores y 78 economías más el Resto del Mundo. Esta matriz desagrega todos los países del grupo ROLAC, y es consistente con la nueva matriz del Banco Asiático de Desarrollo que abarca 38 sectores económicos. Entre los archivos que se hacen públicos se incluye una tabla de correlación entre las iniciativas de la World Input-Output Database (WIOD), la CEPAL y el ADB.

Con esta nueva herramienta se pretende mejorar el conocimiento de los encadenamientos productivos interregionales, impulsar el desarrollo de las cadenas de valor y contribuir a la formulación de políticas para la integración entre ambas regiones. Se invita a estudiantes, académicos y hacedores de política pública a utilizar la herramienta puesta a disposición del público en estudios, análisis técnicos, y en el diseño de indicadores que apoyen la toma de decisiones.

Gracias a la creación de MIP multirregionales, en este documento, se presenta la metodología y resultados de análisis de GGV a partir de la propuesta de Koopman, Wang y Wei (2014), que descompone las exportaciones brutas de un país en componentes de valor agregado:

$$\begin{aligned}
 uE_{s*} = & \left\{ V_s \sum_{r \neq s}^G B_{ss} Y_{sr} + V_s \sum_{r \neq s}^G B_{sr} Y_{rr} + V_s \sum_{r \neq s}^G \sum_{t \neq s, r}^G B_{sr} Y_{rt} \right\} \\
 & + \left\{ V_s \sum_{r \neq s}^G B_{sr} Y_{rs} + V_s \sum_{r \neq s}^G B_{sr} A_{rs} (I - A_{ss})^{-1} Y_{ss} \right\} \\
 & + V_s \sum_{r \neq s}^G B_{sr} A_{rs} (I - A_{ss})^{-1} E_{s*} \\
 & + \left\{ \sum_{t \neq s}^G \sum_{r \neq s}^G V_t B_{ts} Y_{sr} + \sum_{t \neq s}^G \sum_{r \neq s}^G V_t B_{ts} A_{sr} (I - A_{rr})^{-1} Y_{rr} \right\} \\
 & + \sum_{t \neq s}^G V_t B_{ts} A_{sr} \sum_{r \neq s}^G (I - A_{rr})^{-1} E_{r*}
 \end{aligned} \tag{42}$$

Donde  $uE_{s*}$  son las exportaciones totales del país  $s$ . El componente  $u$  es un vector  $1 \times GN$  de unos, siendo  $N$  el número de sectores y  $G$  el de países;  $V$  es el vector diagonalizado de valor agregado por

producto, de dimensiones  $GN \times GN$ ;  $B$  es la matriz inversa de Leontief global  $GN \times GN$ , siendo  $B_{ss}$  la parte correspondiente a la parte doméstica de dicha inversa, para el país  $s$  (de dimensiones  $N \times N$ ). Recordamos que el primer subíndice indica el país de origen y el segundo el de destino.  $A$  son los coeficientes técnicos e  $Y$  es la demanda final. Por último,  $(I - A_{ss})^{-1}$  hace referencia a la inversa de Leontief doméstica calculada a partir de una matriz de coeficientes técnicos con elementos solo en la diagonal principal y  $(I - A_{rr})^{-1}$  a partir de coeficientes técnicos con ceros en la diagonal principal. El asterisco hace referencia a todos los países; por ejemplo,  $E_{s*}$  indica las exportaciones totales del país  $s$ .

El diagrama 8 captura los componentes de la descomposición mostrada en la ecuación (36), principalmente dos componentes básicos, el valor agregado doméstico, y el contenido importado de las exportaciones, elementos que constituyen el eje de la participación de un país en las cadenas de valor global ya sea mediante la venta de su producción doméstica al mundo (forward linkages (encadenamientos hacia adelante), o la compra de insumos requeridos para enterar su producción exportable (backward linkages: encadenamientos hacia atrás). Ambos componentes aproximan la integración productiva del comercio exterior a nivel bilateral, regional, y global, en la medida en que los cálculos se realicen con el vector de exportaciones bilaterales, de un grupo de socios, por ejemplo, los de América Latina, u otra agrupación subregional, o las exportaciones totales.

El contenido domestico corresponde al valor agregado incorporado en las exportaciones totales, puede ser absorbido en el exterior bajo la forma de bienes de consumo final (1), o alternativamente bienes intermedios absorbidos por sectores productivos del país importador (2), y en algunos casos, el valor agregado domestico forma parte de bienes intermedios que luego son reexportados (3), existiendo una proporción de valor agregado, que habiendo sido incluido en el proceso productivo de un tercer país, retorna al proceso productivo domestico (4). Se cita como ejemplo las exportaciones de productos que contienen piezas y partes de cobre que en algún momento fue previamente exportado, y que retorno para ser incorporado en otro producto final que el mismo país exporta. Los cuatro componentes enteran la totalidad del valor agregado exportado por un país determinado, y constituyen los diversos niveles de generación de valor agregado e inserción internacional hacia adelante del país en las cadenas globales de valor.

El contenido importado de las exportaciones, también conocido como medida de integración vertical, es la proporción de las exportaciones totales que incorpora bienes intermedios de procedencia extranjera, los mismos que pueden ser parte de las exportaciones de bienes finales (6), o a su vez de nuevos bienes intermedios (7), o alternativamente ser parte de importaciones redundantes que tienen alguna doble contabilidad, en el sentido de incorporar contenido importado con insumos domésticos incluidos en productos importados (5), o alternativamente contenido importado con insumos extranjeros (8).

La descomposición del valor bruto exportado en diversos elementos, incluida la doble contabilización tiene importantes implicaciones para la política comercial. Inomata (2017) cita como ejemplo las medidas antidumping que la Comisión Europea impuso a las importaciones de calzado proveniente de China y Vietnam en 2006, las cuales tuvieron un impacto negativo para las industrias de servicios de la Unión Europea, siendo la explicación del perjuicio el hecho de que las importaciones de calzado de dicho origen incorporaban valor agregado originario en sectores de diseño y distribución de la Unión Europea. Situaciones como esta podrían haberse evitado de conocerse con mayor claridad las fuentes del valor agregado importado, o alternativamente el saldo comercial del componente valor agregado, el cual podría mostrar conclusiones diferentes a los saldos comerciales en términos brutos<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Dado que la contabilidad del valor agregado en términos brutos y netos es perfectamente compatible en términos de identidad, el saldo comercial de un país puede descomponerse en términos brutos y netos. Una demostración de tales identidades puede ser encontrada en Kubonawa, 2014a, 2014b.

**Diagrama 8**  
Estructura de las exportaciones brutas según valor agregado doméstico e insumos importados incorporados



Fuente: Autores, sobre la base de Koopman y Otros (2016); Koopman, Wan y Wei (2014), y Borin y Mancini (2020).

Atendiendo a la literatura, el planteamiento de Koopman y otros (2016), arriba sistematizado, se concibe como el primer marco matemático unificador para formalizar y descomponer las exportaciones brutas en componentes de valor agregado. Además, entre las virtudes de esta descomposición destaca que incluye otras medidas de GVC: por ejemplo, el VAX ratio (Johnson y Noguera, 2012) en los componentes 1 a 3; el PIB en las exportaciones (componentes 1 a 4); el contenido doméstico en las exportaciones (componentes 1 a 5); así como la llamada especialización vertical (componentes 6, 7 y 8) y la VS1 de Hummels y otros (2001) (componentes 3, 4 y 5). Por último, los componentes 4, 5 y 8 muestran el valor agregado que cruza fronteras nacionales al menos dos veces y son fruto de conteo múltiple por las estadísticas oficiales de comercio. No obstante, cabe destacar que esta metodología tiene sus limitaciones: primero, no puede utilizarse para el comercio bilateral; segundo, no separa el valor agregado extranjero y el contenido doméstico apropiadamente; y tercero, las expresiones incluyen las exportaciones brutas como variables dependientes e independientes. Nuevos avances han surgido en los últimos años para profundizar en el análisis de CGV, tanto para el cálculo de exportaciones bilaterales (Borin y Mancini, 2019) como las limitaciones de KWW en cuanto a endogeneidad (Arto et al, 2020).

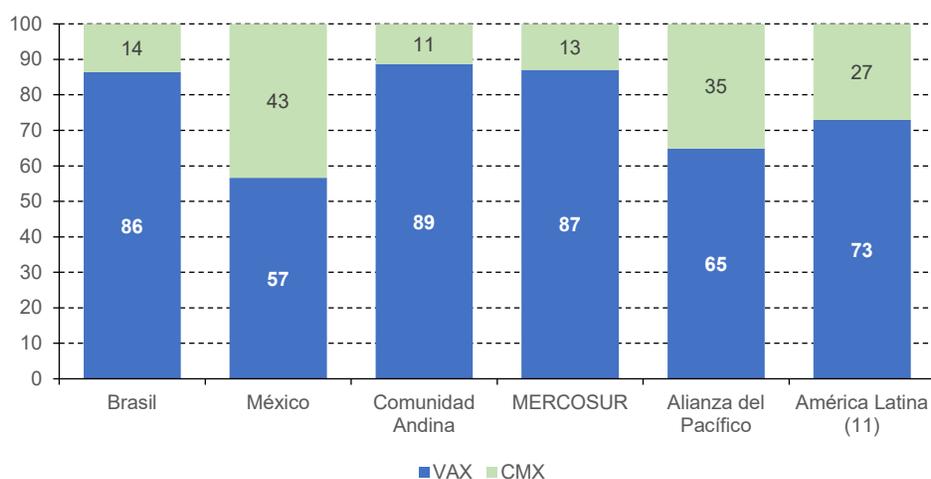
El cuadro 3, presenta los dos componentes principales del valor agregado exportado total de América Latina en términos brutos y relativos. Se muestra que en promedio el 72,9% del valor agregado exportado regional constituyen insumos domésticos del propio país, siendo el componente importado un 27%, con Venezuela, E.P. y Argentina los países con el mayor contenido doméstico (93,3% y 91%, respectivamente), y México como el que posee la mayor integración vertical medida como la proporción de importaciones incorporadas en las exportaciones de bienes al mundo. Bolivia, E.P., y Chile son los países que siguen. A nivel de subregiones, las importaciones de los países de la Alianza del Pacífico muestran una mayor integración vertical, influida por la mayor proporción del contenido importado de México, principalmente (Véase el gráfico 22).

**Cuadro 4**  
**América Latina (10) descomposición de las exportaciones brutas según valor agregado doméstico e insumos importados incorporados, 2017**  
*(Millones de dólares y porcentajes del total)*

Países	Descomposición de las exportaciones brutas <i>(Millones de dólares)</i>			Indicadores de integración vertical <i>(Participación en el total)</i>		
	VAX	CMX	Exportaciones totales	VAX	CMX	Totales
Argentina	15 176	1 501	16 677	91,0	9,0	100,0
Brasil	223 067	35 142	258 209	86,4	13,6	100,0
Paraguay	12 385	1 951	14 336	86,4	13,6	100,0
Uruguay	11 309	1 462	12 770	88,6	11,4	100,0
Venezuela (República Bolivariana de)	13 906	1 006	14 912	93,3	6,7	100,0
Bolivia (Estado Plurinacional de)	7 772	1 574	9 346	83,2	16,8	100,0
Ecuador	18 742	2 985	21 728	86,3	13,7	100,0
Colombia	40 809	4 866	45 675	89,3	10,7	100,0
Perú	39 393	4 220	43 613	90,3	9,7	100,0
Chile	62 151	11 902	74 053	83,9	16,1	100,0
México	250 239	191 507	441 746	56,6	43,4	100,0
América Latina (11)	694 948	258 116	953 063	72,9	27,1	100,0

Fuente: Autores, sobre la base de la matriz de insumo producto Global construida en el proyecto del Foro de Cooperación de América Latina y Asia del Este, para el año 2017, CEPAL-Banco Asiático de Desarrollo y ESCAP.

**Gráfico 22**  
**América Latina (11) Descomposición de las exportaciones brutas según valor agregado doméstico e insumos importados incorporados, 2017**  
*(En porcentajes)*



Fuente: Autores, sobre la base de la matriz de insumo producto Global construida en el proyecto del Foro de Cooperación de América Latina y Asia del Este, para el año 2017, CEPAL-Banco Asiático de Desarrollo y ESCAP.

Una mirada más amplia a todos los componentes del valor agregado exportado (tanto los nacionales como los importados) atendiendo a la descomposición de las exportaciones brutas en los 8 componentes descritos en el diagrama 1 puede ser apreciada a partir del cálculo de dichos componentes a nivel de país. El cuadro 4 presenta los resultados en sus valores absolutos, en tanto que el cuadro 5, los valores relativos de cada componente en relación con las exportaciones totales.

Un primer análisis indica que son dos los principales componentes del valor agregado doméstico dominantes: en primera instancia el valor agregado absorbido en el exterior en bienes intermedios (VAXbi), y en segundo lugar, el valor agregado en bienes finales (VAXbf), desplegados en la columnas (2) y (1), respectivamente, en el cuadro 3. En el primer caso, las exportaciones de valor agregado

doméstico exportado tienen a México como principal exportador de la región, con el 50%<sup>4</sup> del valor total exportado por los 11 países considerados, seguido por Brasil y Chile con el 27% y 6% del total. Los países que menos valor agregado en bienes finales exportan son la República Bolivariana de Venezuela, y el Estado Plurinacional de Bolivia, que vienen siendo los países con menor grado de industrialización en América del Sur. En los dos casos, la industria manufacturera se orienta más al mercado doméstico que a la producción de bienes para la exportación. En cuanto al valor agregado de bienes intermedios, es Brasil, con 103 800 millones de dólares el que exporta la mayor densidad de insumos, seguido de México, que exportó 97 099 millones de dólares. Chile, Colombia, y Perú se siguen en orden de importancia. Se hace notar que, como parte de los productos exportados en esta categoría, se incluyen no únicamente productos manufactureros de tipo semiindustrial o industrial, sino también materias primas básicas como el mineral de hierro, el petróleo, el cobre y los minerales.

El componente de valor agregado exportado de bienes intermedios que son reexportados a un tercer país (VAXbi-reex) es también dominado por Brasil, México y Chile

**Cuadro 5**  
**Descomposición de las exportaciones brutas según valor agregado doméstico e insumos importados incorporados, 2017**  
(En millones de dólares)

País	Valor Agregado Exportado				Valor agregado importado contenido en las exportaciones				Exportaciones totales (1 a 8)
	VAXbf (1)	VAXbi-ad (2)	VAXbi-reex (3)	VAX-rpo (4)	CMX-dc-od (5)	CMXbf (6)	CMXbi (7)	CMX-dc-oext (8)	
Argentina	26 753	26 837	10 834	179	17	2 456	3 180	1 130	71 386
Bolivia (Estado Plurinacional de)	1 542	4 498	1 839	10	2	895	288	457	9 529
Brasil	64 067	104 361	52 628	1060	164	14 995	11 976	8 959	258 209
Chile	14 642	30 839	16 038	83	16	5 367	3 901	3 167	74 053
Colombia	7 084	23 615	10 072	52	6	2 523	1 038	1 285	45 675
Ecuador	9 140	7 164	2 565	20	5	1 138	1 293	552	21 877
México	117 746	98 005	31 325	1 713	1 395	77 015	76 501	38 045	441 746
Paraguay	4 381	6 903	2 322	10	2	931	792	430	15 772
Perú	8 051	20 397	10 845	47	6	2 073	930	1 264	43 613
Uruguay	3 325	5 869	2 241	4	1	738	480	365	13 023
Venezuela (República Bolivariana de)	537	10 453	2 905	34	1	488	193	302	14 912
América Latina (11)	257 267	338 940	143 614	3 211	1 614	108 620	100 571	55 956	1 009 794

Fuente: Autores, sobre la base de la matriz de insumo producto Global construida en el proyecto del Foro de Cooperación de América Latina y Asia del Este, para el año 2017, CEPAL-Banco Asiático de Desarrollo y ESCAP.

Notas: VAXbf = Valor agregado de bienes finales; VAXbo-ad = Valor agregado de bienes intermedios absorbidos directamente; VAXbi-reex = Valor agregado de bienes intermedios reexportados a un tercer país; VAX-rpo = Valor agregado que retorna al país de origen; CMXdc-od = Componente importado doblemente contabilizado de origen doméstico; CMXbf = Contenido importado de bienes finales; CMXbi = Componente importado de bienes intermedios, CMXdc-oext = Contenido importado doblemente contabilizado de origen extranjero.

Una forma adicional de presentar esta descomposición de las exportaciones brutas según el valor agregado doméstico y el contenido importado es a partir del destino, y/o origen, es decir según los

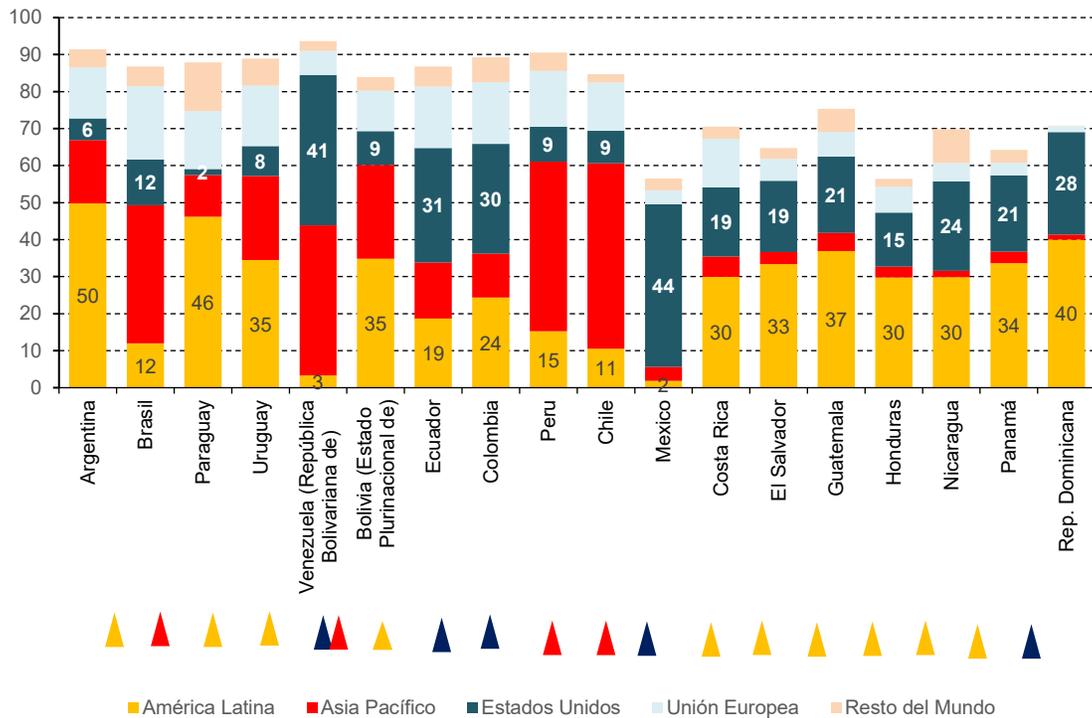
<sup>4</sup> Estos porcentajes resultan de obtener el porcentaje del valor total exportado por cada país en la categoría analizada en el total del valor exportado por el total de países considerandos en el análisis. Por ejemplo, para la columna 1 el 50% para México se obtiene de dividir 119 054 para 237 520, y multiplicarlo por 100. El porcentaje resultante es 50,1%.

principales socios. Adicionalmente tal análisis puede ser enriquecido con un enfoque sectorial. En adelante algunos resultados ilustrativos a modo de ejemplo, incluyendo la interpretación analítica:

La descomposición del valor agregado nacional exportado según principales socios muestra que en el grupo de países que exportan principalmente a la propia región se cuentan la Argentina, Bolivia (Estado Plurinacional de), Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá, el Paraguay, la República Dominicana y el Uruguay (véase el gráfico 23). En todos los casos, se destaca en particular la relación de cada país con el esquema de integración del que forma parte. Así, la Argentina, el Paraguay y el Uruguay muestran una mayor integración productiva con el MERCOSUR. Análogamente, en los casos de Costa Rica, Nicaragua, Panamá y El Salvador, la relación comercial más fuerte se produce con sus socios del Mercado Común Centroamericano.

Entre los países de la región que destinan la principal proporción del valor agregado nacional a los Estados Unidos sobresale México, que dirige a ese país un 44%, de un total del 57% de valor agregado. Otros países que tienen a los Estados Unidos como principal destino del valor agregado nacional exportado son Colombia, el Ecuador y Venezuela (República Bolivariana de). Por su parte, los seis países centroamericanos y la República Dominicana tienen como segundo principal destino de sus exportaciones de valor agregado nacional a los Estados Unidos. Finalmente, un tercer grupo de países (Brasil, Chile y Perú) destina la mayor proporción de su valor agregado nacional a Asia.

**Gráfico 23**  
**América Latina (18 países): valor agregado nacional contenido en las exportaciones, según principales destinos, 2017<sup>a</sup>**  
*(En porcentajes)*



Fuente: Autores, sobre la base de la matriz global de insumo-producto 2017. La matriz puede descargarse en línea en: <https://www.cepal.org/es/eventos/matrices-globales-insumo-producto-herramientas-facilitar-estudio-la-integracion-america>.

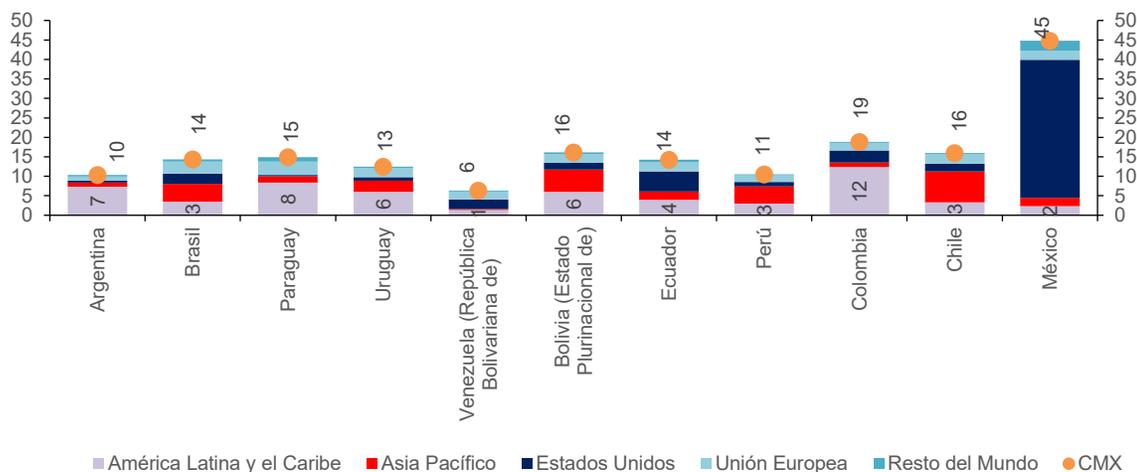
Nota: Los triángulos de colores indican el principal destino de las exportaciones de cada país.

<sup>a</sup> En los casos de Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y la República Dominicana, los cálculos fueron realizados sobre la base de la matriz insumo-producto de América Latina 2014.

Las principales subregiones de América Latina exhiben patrones diferenciados de inserción productiva con Asia y el Pacífico. Esta región tiene un peso mucho mayor en las exportaciones de América del Sur que en las de Centroamérica (véase el gráfico 23). Cabe notar que la participación del valor agregado originado en América Latina en sus exportaciones casi se duplicó entre 2011 y 2014, y luego se desplomó entre este último año y 2017. En este último período, la caída del comercio intrarregional fue mucho mayor en términos de valor agregado que en términos brutos. La evolución del peso de los intercambios en términos de valor agregado a nivel intrarregional entre 2011 y 2017 muestra un comportamiento igualmente procíclico que el que presentan los flujos brutos.

El contenido importado incorporado en las exportaciones fluctúa entre el 6%, en la República Bolivariana de Venezuela, y el 45%, en México. En el caso de este país, ello es el resultado de su elevada integración productiva con los Estados Unidos, que explica 35 puntos porcentuales de ese total. Por su parte, la participación del contenido importado intrarregional en las exportaciones totales alcanza en promedio solo el 3% y fluctúa entre el 1% y el 12% (véase el gráfico 23). Las participaciones más elevadas se registran en Colombia y el Paraguay (12% y 8%, respectivamente), seguidos por la Argentina (7%) y Bolivia (Estado Plurinacional de) y el Uruguay (6% cada uno). México y Venezuela (República Bolivariana de) son los países menos integrados con la región según esta métrica. Se observa una mayor integración de insumos provenientes de Asia y el Pacífico, en comparación con aquellos originarios de la propia región, en los casos de Bolivia (Estado Plurinacional de), el Brasil, Chile y el Perú.

**Gráfico 24**  
América Latina (11 países): estructura del contenido importado de las exportaciones totales, según origen, 2017  
(En porcentajes)

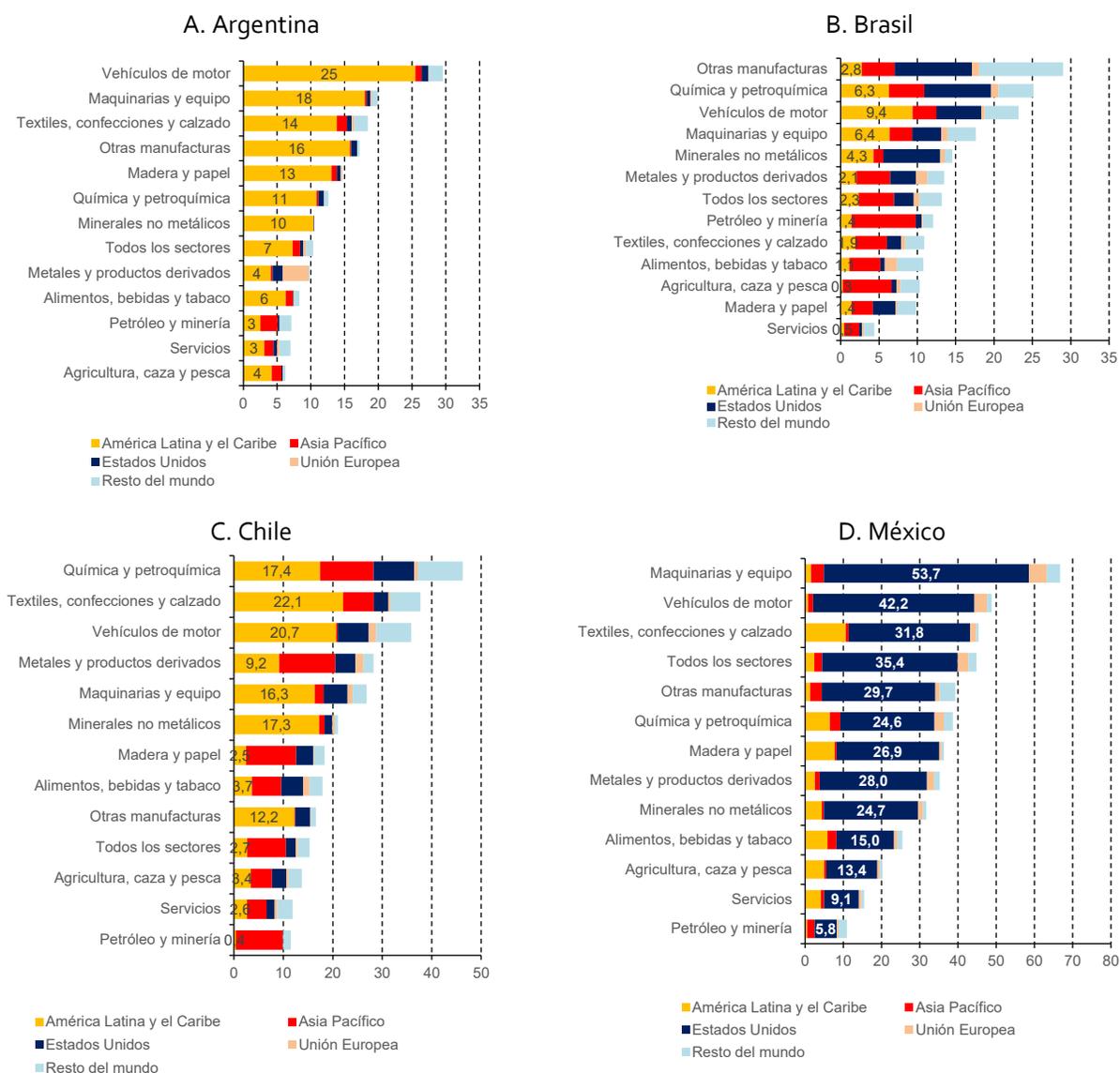


Fuente: Autores, sobre la base de la matriz global de insumo-producto 2017. La matriz puede descargarse en línea en: <https://www.cepal.org/es/eventos/matrices-globales-insumo-producto-herramientas-facilitar-estudio-la-integracion-america>.

A nivel agregado, no hay grandes diferencias en la participación de América Latina y de Asia y el Pacífico en el contenido importado de las exportaciones de la región, que en ambos casos es de alrededor del 3% en promedio. No obstante, existe una gran heterogeneidad por países y sectores. Por ejemplo, México está ampliamente integrado con los Estados Unidos, y muy poco integrado con la región (véase el gráfico 24). Los sectores en los que registra su mayor coeficiente de integración vertical con el resto de la región son textiles y confecciones (11%) y madera y papel (8%). En general, México muestra una integración vertical mayor con América Latina que con Asia y el Pacífico, aunque en sectores de la manufactura de intensidad baja y media; en la manufactura pesada (automóviles y maquinarias y equipo), se produce una mayor integración con Asia y el Pacífico.

El Brasil, con un grado de integración vertical menor que el de México, tampoco se muestra altamente integrado con el resto de la región. Sus insumos intermedios se originan en mayor medida en Asia y el Pacífico que en la región, excepto en los sectores de manufactura pesada, vehículos de motor, y maquinaria y equipo. En contraste, la Argentina y Chile muestran una mayor integración con la región que con el resto del mundo. En general, los insumos importados desde la región provienen en una gran proporción del bloque al que pertenece cada país. Este es el caso de la Argentina, el Paraguay y el Uruguay (en que provienen en gran medida del MERCOSUR) y el Ecuador y el Perú (de la Comunidad Andina) (véase el gráfico 25).

**Gráfico 25**  
**América Latina (países seleccionados): estructura del contenido importado incorporado en las exportaciones, por grandes sectores económicos, 2017**  
*(En porcentajes de las exportaciones totales)*



Fuente: Autores, sobre la base de la matriz global de insumo-producto 2017. La matriz puede descargarse en línea en: <https://www.cepal.org/es/eventos/matrices-globales-insumo-producto-herramientas-facilitar-estudio-la-integracion-america>.



## V. Extensiones y aplicaciones de las matrices insumo-producto

Hasta ahora se han realizado cálculos económicos y relacionados con la estructura productiva, los encadenamientos y el comercio, principalmente a partir del valor agregado generado por los países y el contenido importado en sus exportaciones. No obstante, con la metodología insumo-producto también pueden analizarse impactos sociales y ambientales. Estos impactos pueden adaptarse al formato de las matrices insumo-producto mediante la creación de un factor que, pre-multiplicado por la Inversa de Leontief, genera un multiplicador donde son ofrecidos los requerimientos totales, directos e indirectos, de dicho factor por unidad de producto final. Este procedimiento ya ha sido puesto en práctica en el presente documento, en términos de valor agregado como factor (ecuación (8)), o a la hora de medir el contenido importado de la producción doméstica (ecuación (22)). Ejemplos de factores ( $F$ ), además del valor agregado y sus componentes son: trabajo por nivel de cualificación y atendiendo al género; la energía, tierra, agua, carbón, petróleo, contaminantes (emisiones) y materiales (aluminio, cobre, hierro). En el caso del valor agregado y sus componentes, el factor se presenta directamente en la propia matriz insumo-producto, por lo que el vector está sectorizado y adaptado al formato matricial con el que se trabaja. En el caso de los demás factores, la información debe quedar mapeada con los sectores de la matriz con la que se trabaje, es decir, el factor debe estar desagregado por sectores. Además, todo factor  $F$  precisa de dos condiciones para poder obtener multiplicadores adecuados a la metodología insumo-producto:

- i) Debe ser un impacto o factor que sea diferente por sectores;
- ii) Debe aumentar proporcionalmente con la producción.

Una vez construido el vector  $F$  puede realizarse el cálculo de los requerimientos totales de dicho factor para satisfacer la demanda final de una economía. Primero se calculan los coeficientes de dicho factor:

$$f = Fx^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{F_1}{x_1} & \frac{F_2}{x_2} & \dots & \frac{F_N}{x_N} \end{bmatrix} \quad (42)$$

Siendo  $f_N$  el coeficiente de factor  $F$  analizado del sector  $N$ , y  $x_N$  es el valor bruto de producción (VBP). Este vector  $N \times 1$  informa sobre el contenido de factor por unidad de producto de cada sector.

$$MF = \hat{f}(I - A)^{-1} \quad (43)$$

La ecuación (38) es el multiplicador del factor  $F$ . El elemento  $\hat{f}$  es el vector diagonalizado de los coeficientes de dicho factor. Como expresión matricial para tres sectores:

$$MF = \begin{pmatrix} f_1 l_{11} & f_1 l_{12} & f_1 l_{13} \\ f_2 l_{21} & f_2 l_{22} & f_2 l_{23} \\ f_3 l_{31} & f_3 l_{32} & f_3 l_{33} \end{pmatrix} \quad (44)$$

La lectura en forma matricial informa sobre los requerimientos totales del factor escogido, asociados a una unidad de producto destinado a satisfacer la demanda final. Así,  $f_1 l_{11}$  muestra los requerimientos totales de ese factor, que la industria 1 destina a sí misma. Una suma por filas indica el factor procedente del sector 1 asociado a la producción de todos los sectores productivos de una economía cualquiera, que satisfagan a la demanda final. Una suma por columnas indica el factor total procedente de todos los sectores, asociado a los insumos que el sector columna necesita para producir una unidad de producto destinado a satisfacer la demanda final.

A continuación se ejemplifican dos extensiones del modelo de insumo-producto: la estimación del empleo asociado a las exportaciones; y las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a la producción y consumo de los países de América del Sur.

## A. Estimación del empleo asociado a las exportaciones

Para la estimación del empleo directo e indirecto de los diferentes países de América del Sur se ha recurrido a información suministrada por las instituciones nacionales e internacionales encargadas de su provisión oficial: Institutos Nacionales de Estadística, Bancos Centrales, Encuestas de Hogares y el Censo Económico (Durán y Castresana, 2016). Así se ha depurado la información y se ha mapeado por país y sector, obteniendo un vector de número de empleados  $N^* = KN \times 1$ . Siendo  $K$  el número de países y  $N$  el número de sectores. Los vectores de empleo han sido desarrollados en conjunto por la CEPAL y la Organización Internacional del Trabajo (OIT). Serán publicados en un futuro en la web de la División de Comercio Internacional e Integración Económica de la CEPAL. Una vez obtenido el vector de empleo, se calcula el coeficiente de empleo ( $CE$ ), expresado en la ecuación (40) como un vector  $N \times 1$  que expresa el trabajo por producto del sector  $i$ .

$$CE = N^* x^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{N_1^*}{x_1} & \frac{N_2^*}{x_2} & \dots & \frac{N_N^*}{x_N} \end{bmatrix} \quad (45)$$

Siendo  $N^*_N$  el factor trabajo del sector  $N$ ,  $x_N$  el Valor Bruto de Producción del sector  $N$ , y  $CE_N$  el coeficiente de empleo analizado del sector  $N$ . Siguiendo los pasos expuestos anteriormente obtenemos el multiplicador de empleo y su ejemplo matricial con tres sectores:

$$MCE = \widehat{CE}(I - A)^{-1} = \begin{pmatrix} CE_1 l_{11} & CE_1 l_{12} & CE_1 l_{13} \\ CE_2 l_{21} & CE_2 l_{22} & CE_2 l_{23} \\ CE_3 l_{31} & CE_3 l_{32} & CE_3 l_{33} \end{pmatrix} \quad (27)$$

La lectura es igual a la expresión (39). Por filas se observa la cantidad de trabajadores del sector  $i$  que directa o indirectamente son requeridos por dicho sector y el resto de sectores de una economía, para producir una unidad de producto que satisfaga la demanda final. Por columnas se obtiene el número de empleados requerido en un sector  $j$ , procedente de todos los sectores de un país. Finalmente,

para observar el empleo asociado a las exportaciones, se multiplica el multiplicador de empleo por el vector de exportaciones diagonalizado:

$$Empleo\ exportador = \widehat{CE}(I - A)^{-1}\hat{e} \tag{28}$$

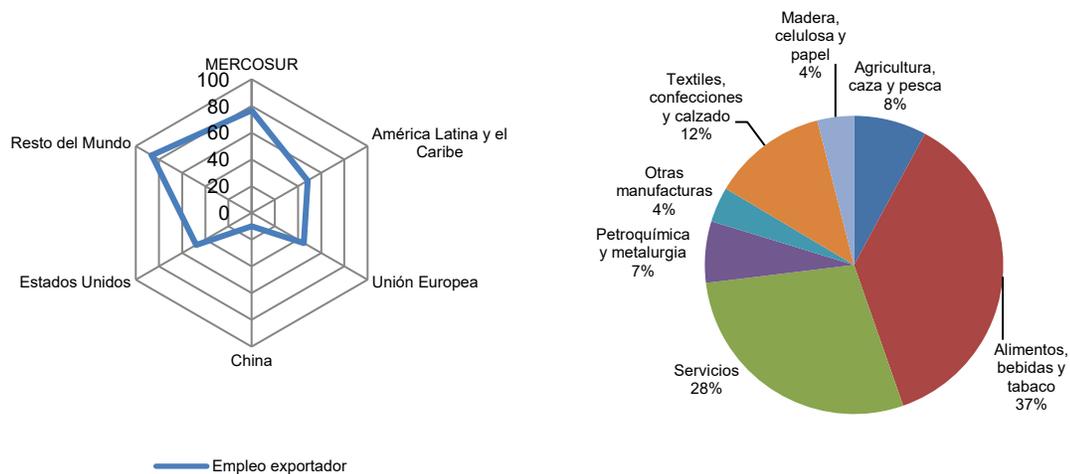
La expresión matricial para una economía ilustrativa de tres sectores es como sigue:

$$Empleo\ exportador = \begin{pmatrix} CE_1l_{11}e_1 & CE_1l_{12}e_2 & CE_1l_{13}e_3 \\ CE_2l_{21}e_1 & CE_2l_{22}e_2 & CE_2l_{23}e_3 \\ CE_3l_{31}e_1 & CE_3l_{32}e_2 & CE_3l_{33}e_3 \end{pmatrix} \tag{298}$$

Una lectura por filas de la expresión (43) indica el empleo total procedente del sector *i* que todos los sectores de una economía requieren para producir una unidad de producto destinada a sus exportaciones. Una lectura por columnas indica el empleo total procedente de todos los sectores, requeridos por el sector *j* para exportar.

Con la MIP SA se puede calcular el empleo asociado a las exportaciones (intra y extra-regionales), por país y sectores de origen. Además permite identificar los destinos de las exportaciones más intensivos en empleo. El gráfico 26 muestra el empleo total vinculado a las exportaciones de Uruguay y una clasificación de grandes sectores exportadores en términos de empleo total. En 2005, las exportaciones de Uruguay generaron un total de 314.016 puestos de trabajo, un 21,4% del empleo doméstico uruguayo. El sector de los *Alimentos, bebidas y tabaco*, seguido de los *Servicios*, son los que más empleo generan al exportar (52% del empleo generado). Un total de 162.861 puestos pueden atribuirse a las exportaciones en estos sectores.

**Gráfico 26**  
Uruguay: empleo exportador por principales destinos y sectores beneficiados  
(En miles de personas y porcentajes)



Fuente: elaboración propia a partir de la Matriz de Insumo-Producto de América del Sur.

Además, se pueden identificar el empleo exportador por tipo de bien exportado (intermedio o final); intensidad de empleo; empleo directo (generado directamente por los propios sectores) e indirecto (el que surge de forma indirecta en las fases de producción en todos los sectores); el empleo por sexo, nivel de calificación u otra desagregación como el número de empleados vinculados a actividades exportadoras con mayor sensibilidad ambiental (Durán y Castresana, 2016).

## B. Huella de carbono

Siguiendo el mismo procedimiento que para calcular el multiplicador de empleo, en esta sección se procede a calcular el multiplicador de emisiones de CO<sub>2</sub>. Lo que se necesita es tener unos coeficientes de ese impacto ambiental o factor (impacto ambiental ocasionado por una rama por unidad de producción). Los datos de emisiones por ramas se obtienen principalmente de tres fuentes estadísticas básicas de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Genty y otros, 2012):

- i) *Cuentas Satélite de emisiones atmosféricas (Environmental Accounts)*, también llamadas Matrices de Contabilidad Nacional incluyendo Cuentas Ambientales (ingl. *National Accounting Matrix with Environmental Accounts*, NAMEA). Estas cuentas están basadas en el principio de residencia<sup>5</sup>, por lo que se ajustan al Sistema de Cuentas Nacionales. Por ello, pueden utilizarse de forma inmediata para el análisis insumo-producto, pero la disposición de éstas es, por lo general, escasa. Suelen ser ofrecidos por los Institutos de Estadística.
- ii) *Cuentas energéticas*, cuya información proviene de los balances energéticos compilados por la Agencia Internacional de Energía (ingl. *International Energy Agency*, IEA). La información está basada en el principio territorial<sup>6</sup>. Para el posterior cálculo de emisiones se asume una relación lineal entre emisiones y el tipo de actividad, donde las emisiones son el producto de multiplicar el nivel de actividad, directamente vinculada a las cuentas energéticas, y el factor de emisión es específico del contaminante (IPCC, 2006).
- iii) *Inventarios nacionales* sobre emisiones a la atmósfera presentados por los países en diferentes iniciativas como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (ingl. *United Nations Framework Convention on Climate Change*, UNFCCC) y el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (ingl. *Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC). La información también está basada en el principio territorial.

Una vez obtenidos los datos de emisiones, se procede a calcular el coeficiente de emisiones ( $C_e$ ). La expresión (44) es un vector  $N \times 1$  que expresa las emisiones de CO<sub>2</sub> por producto del sector  $i$ :

$$C_e = E x^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{E_1}{x_1} & \frac{E_2}{x_2} & \dots & \frac{E_N}{x_N} \end{bmatrix} \quad (30)$$

Siendo  $C_{eN}$  el coeficiente de emisiones analizado del sector  $N$ , y  $x_N$  es el VBP de dicho sector.  $E$  es el impacto ambiental total (las emisiones de CO<sub>2</sub> totales por rama en este caso); los elementos de  $C_e$  son los coeficientes de emisiones (emisiones por unidad de producción), donde  $C_{ei}$  indica las emisiones generadas por unidad final producida en el sector  $i$ , en kilotoneladas de CO<sub>2</sub> por millón de dólares de producción de cada rama. La expresión (50) es el multiplicador de emisiones de CO<sub>2</sub>. Como expresión matricial para una economía de tres sectores:

$$ME = \widehat{C_e}(I - A)^{-1} = \begin{pmatrix} C_{e1}l_{11} & C_{e1}l_{12} & C_{e1}l_{13} \\ C_{e2}l_{21} & C_{e2}l_{22} & C_{e2}l_{23} \\ C_{e3}l_{31} & C_{e3}l_{32} & C_{e3}l_{33} \end{pmatrix} \quad (50)$$

Así, la lectura del multiplicador de emisiones  $ME$  hace referencia a las emisiones generadas por unidad de producción necesaria para abastecer a la demanda final. Una lectura por filas ofrece resultados sobre las emisiones del sector  $i$ . Esto implica considerar a los sectores como productores de emisiones asociadas a los insumos que venden a los demás sectores para que estos últimos puedan

<sup>5</sup> Principio de residencia: una unidad institucional será considerada residente si su centro de interés económico se encuentra dentro del territorio económico del país.

<sup>6</sup> Principio territorial: comprende el territorio geográfico administrado por un gobierno, dentro del cual circulan libremente personas, bienes y capital. No tiene en cuenta si las actividades económicas son llevadas a cabo por residentes o no residentes (Durán y Álvarez, 2011).

producir. Por columnas, se obtienen las emisiones asociadas al proceso productivo de un sector  $j$ , destinada a la demanda final. Esto implica considerar a los sectores como consumidores de emisiones asociadas a los insumos necesarios para sus procesos de producción. A partir de este multiplicador puede calcularse la Responsabilidad del Productor (marcada por el Protocolo de Kyoto y el Acuerdo de París) y la Responsabilidad del Consumidor (Huella de Carbono) (Hoekstra, 2014; Serrano y Dietzenbacher, 2010). Estudios sobre la huella de carbono en Colombia ya han sido llevados a cabo mediante la utilización de la MIP SA como fuente de datos primaria (Durán y Banacloche, 2017), a partir de la cual se ha realizado un análisis SRIO con extensión ambiental (Serrano y Dietzenbacher, 2010). Gracias a los esfuerzos realizados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) en materia de desarrollo de estadísticas ambientales siguiendo las directrices del marco del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica (SCAE), se pudo establecer una correlación entre el Cuadro de Oferta y Utilización con extensión ambiental de emisiones de CO<sub>2</sub> a 61 sectores y la MIP SA a 40 sectores para adaptar el análisis a nuestra matriz. En el caso del análisis SRIO, al no disponer de información sobre las emisiones asociadas a las importaciones que realiza un país, se asume que los socios comerciales utilizan la misma tecnología que el país objeto de estudio (Domestic Technology Assumption, DTA). Los cálculos para el caso del MRIO no están reflejados en esta sección, si bien son más sencillos de obtener (Hoekstra, 2014)<sup>7</sup>.

Para el cálculo de la responsabilidad del productor (51) se centra la atención en las emisiones que el país produce, independientemente de dónde sean consumidas posteriormente:

$$RP = \widehat{C}e(I - A^D)^{-1}\hat{y} = ME(\hat{y}^r + \hat{e}) \quad (51)$$

Donde la demanda final doméstica, puede separarse en demanda final residente  $y^r$  y las exportaciones. En el caso de la responsabilidad del consumidor (ecuación (52)), el cálculo es más complejo, puesto que se tienen en cuenta las emisiones asociadas a bienes y servicios que el país consume, independientemente del lugar de procedencia de los mismos:

$$RC = [\widehat{C}e(I - A^D)^{-1}y^r] + [\widehat{C}e(I - A^T)^{-1}[A^M(I - A^D)^{-1}y^r + y^m]] = [ME y^r + ME^T[A^M(I - A^D)^{-1}y^r] + ME^T y^m] \quad (52)$$

Donde  $y^m$  son las importaciones finales y  $ME^T$  el multiplicador de emisiones totales (domésticas e importadas). Esto incluye contabilizar las emisiones asociadas a la producción doméstica que es consumida dentro del país, excluidas exportaciones (primer componente), así como las emisiones totales asociadas al contenido importado en la producción doméstica que finalmente se consume dentro del país (segundo componente), y las emisiones asociadas a las importaciones finales (tercer componente). Para saber si un país es productor o consumidor neto de emisiones de CO<sub>2</sub> se recurre a la Balanza de Responsabilidades (*ingl.* REB), como diferencia entre la responsabilidad del productor y la responsabilidad del consumidor (Serrano y Dietzenbacher, 2010; Cadarso et al., 2012).

$$REB = RP - RC \quad (53)$$

En el caso de Colombia, en el año 2005 la responsabilidad del productor fue de 60.691 Gigagramos (Gg) de CO<sub>2</sub>, que comparado con la responsabilidad del consumidor (58.324 Gg), la REB definía a Colombia como productor neto de emisiones de CO<sub>2</sub>. Los principales sectores productores de

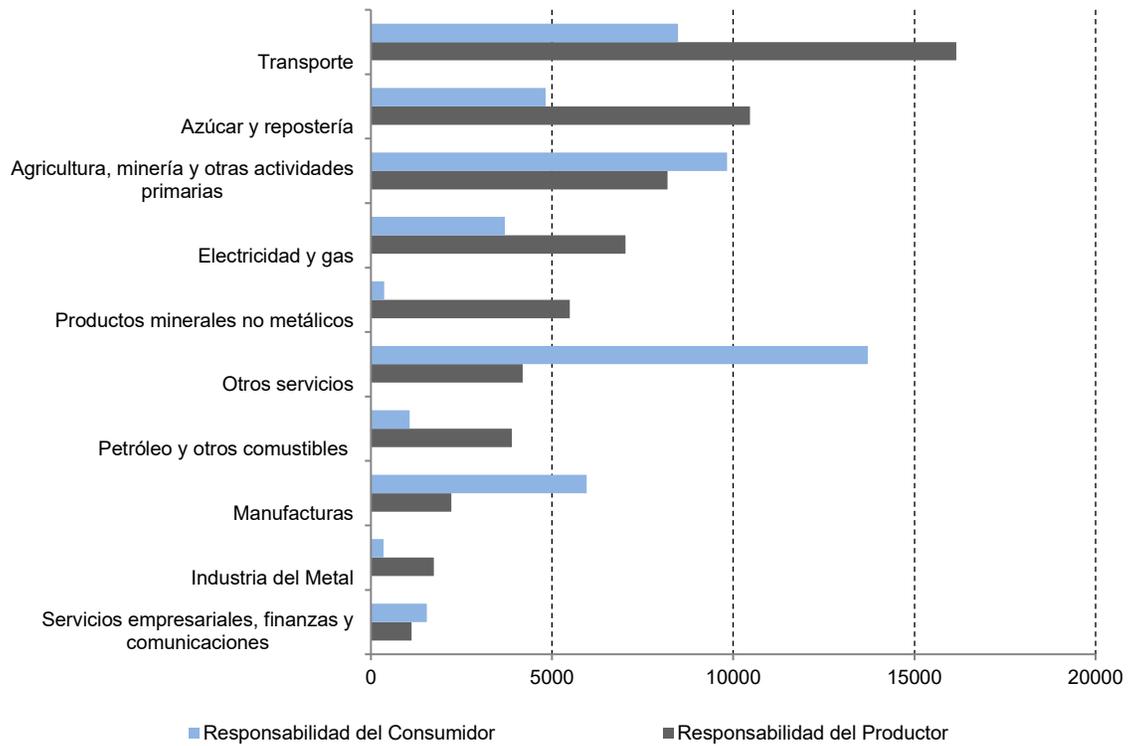
<sup>7</sup> En el caso de utilizar un MRIO, el cálculo de la huella de carbono es más sencillo. Al disponer de información sobre emisiones de CO<sub>2</sub>

por sectores y países, el vector diagonalizado  $\widehat{C}e = \begin{bmatrix} Ce_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & Ce_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & Ce_N \end{bmatrix}$  permite multiplicar por la Inversa de Leontief Global,

generando un multiplicador como el ofrecido en la ecuación 50. Multiplicado éste por la demanda final global, al observar un país  $p$ , una suma por columnas ofrece la responsabilidad del consumidor por sector. Una suma por filas informa sobre la responsabilidad del productor (Serrano y Dietzenbacher, 2010).

CO<sub>2</sub> son el Transporte, seguido del sector del Azúcar y la repostería y el sector primario. Como consumidores netos de emisiones, destacaban Otros servicios, el sector primario y extractivo, y el Transporte (véase gráfico 27).

**Gráfico 27**  
**Colombia: Responsabilidad del Productor y del Consumidor, principales sectores, 2005**  
*(En gigagramos de CO<sub>2</sub>)*



Fuente: Durán y Banacloche (2017).

## VI. Conclusiones

Queda reflejado que el modelo de insumo-producto es una herramienta muy útil y ampliamente extendida en la literatura para evaluar encadenamientos productivos y cadenas de valor, así como otras aplicaciones relacionadas con aspectos sociales y ambientales. Este manual completa otros documentos de la CEPAL sobre el Modelo Insumo-Producto (Schuschny, 2005; Durán y Zaclicever, 2013; CEPAL, 2016; Duran y Castresana, 2016; Amar y García Díaz, 2018; Amar y Torchinsky, 2019), con la finalidad de ofrecer indicadores que sirvan para conocer mejor los vínculos productivos de la región, su potencial y sus deficiencias. Además, con las extensiones posibles del modelo insumo-producto, pueden evaluarse políticas ambientales y sociales. En un contexto marcado por la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), es necesario medir el crecimiento económico y el desarrollo sostenible, desde la triple perspectiva, económica, ambiental y social. Para ello, la ampliación y mejora de las estadísticas es crucial, puesto que permite generar una base sólida sobre la cual, metodologías como el insumo-producto, juegan un papel determinante en el análisis de los vínculos productivos, cadenas de valor, empleo asociado e impactos ambientales de la actividad económica.

Desafortunadamente, los países de América Latina y el Caribe han marchado a velocidades distintas a la hora de confeccionar y actualizar sus MIP. Por lo tanto, el presente manual es también un llamado a los países para promover su uso y elaboración periódica, además de suponer un aliciente para que analistas y tomadores de decisiones de los países de la región utilicen estas matrices como herramienta de apoyo cuantitativo en la creación de políticas encaminadas a potenciar el crecimiento económico y el desarrollo sustentable.



## Bibliografía

- Amar, A. y F. García Díaz (2018), "Integración productiva entre la Argentina y el Brasil: un análisis basado en metodologías de insumo-producto interpaís", Project Documents (LC/TS.2018/37), Santiago, Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC).
- Amar, A. y M. Torchinsky Landau (2019), "Cadenas regionales de valor en América del Sur", Project Documents (LC/TS.2019/92), Santiago, Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC).
- Acemoglu, D., Carvalho, V. M., Ozdaglar, A. y Tahbaz-Salehi, A. (2012), "The network origins of aggregate fluctuations", *Econometrica*, Vol. 80 (5), pp. 1977-2016.
- ADB (2015), "Key Indicators for Asia and the Pacific, 2015" Mandaluyong City, Philippines: Asian Development Bank (ADB), octubre de 2015.
- Alsamawi, A., Murray, J. y Lenzen, M. (2014), "The Employment Footprints of Nations. Uncovering Master-Servant Relationships", *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 18 (1), pp. 59-70.
- Ahmad, N., Bohn, T., Mulder, N., Vaillant, M. y Zaclicever, D (2017), "Indicators on Global Value Chains: A guide for empirical work", Working Paper No. 84, Statistics Directorate, OECD Paris, France.
- Amador, J. and S. Cabral (2009), "Vertical specialization across the world: a relative measure", *North American Journal of Economics and Finance* 20: 267-280.
- Amar, A., & García Díaz, F. (2018), Integración productiva entre la Argentina y el Brasil: Un análisis basado en metodologías de insumo-producto interpaís.
- Andrew, R.M. and G.P. Peters (2013), "A Multi-Region Input-Output Table Based on the Global Trade Analysis Project Database (GTAP-MRIO), *Economic Systems Research* 25(1): 99-121.
- Aroche, F. (2017), "Wassily Leontief. La economía como flujo circular. Traducción y estudio preliminar". Universidad Nacional Autónoma de México
- Arto, I., Dietzenbacher, E., & Rueda-Cantuche, J. M. (2019), Measuring bilateral trade in terms of value added (No. JRC116694), Joint Research Centre (Seville site).
- Banaclache, S. (2017), Intra-regional trade in services in South America: an input-output approach. *RAM. Revista de Administração Mackenzie*, 18(6), 47-70.
- Banaclache, S., Cadarso, M. Á., & Monsalve, F. (2020), Implications of measuring value added in exports with a regional input-output table. A case of study in South America. *Structural Change and Economic Dynamics*, 52, 130-140.

- Borin, A., & Mancini, M. (2019), *Measuring what matters in global value chains and value-added trade*. The World Bank.
- Cadarso, M.A. et al., (2008), "Especialización Vertical en la Industria y los servicios: convergencia en la Unión Europea". *Revista de Estudios Empresariales*. Segunda época. Número: 1 (2008), Páginas: 65 – 87.
- Cadarso, M. Á., López, L. A., Gómez, N., & Tobarra, M. Á. (2012), *International trade and shared environmental responsibility by sector. An application to the Spanish economy*. *Ecological Economics*, 83, 221-235.
- Cadestin, C., J. Gourdon and P. Kowalski (2016), "Participation in Global Value Chains in Latin America: Implications for Trade and Trade-Related Policy", *OECD Trade Policy Papers*, No. 192, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/5jlpq8ots8f2-en>
- CEPAL (2018), *Evaluation of the economic and social impact of possible trade negotiations between Jamaica and Central America, Mexico and the countries of the Northern Caribbean*.
- \_\_\_\_\_ (2017a), "Descripción del marco metodológico para la construcción de matrices de insumo-producto a partir de los cuadros de oferta y utilización: una aplicación para el caso de Panamá", *Comisión Económica para América Latina y el Caribe, LC/MEX/TS.2017/17*, Naciones Unidas: Ciudad de México, julio de 2017.
- \_\_\_\_\_ (2017b), *Posibles efectos económicos y sociales de la profundización de la Unión Aduanera entre Guatemala y Honduras*.
- \_\_\_\_\_ (2016), "La matriz insumo-producto de América del Sur: Principales supuestos y consideraciones metodológicas", *Comisión Económica para América Latina y el Caribe, LC/W.702*, Naciones Unidas: Santiago, junio de 2016.
- Chenery, H.B. & Watanabe, T. (1958), "International comparison of the structure of production", *Econometrika*, Vol. XXVI, No. 26.
- De Backer, K. y Yamano, N. (2012), "International Comparative Evidence on Global Value Chains", *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, No. 2012/03, OECD Publishing.
- De Backer, K. and S. Miroudot (2014), "Mapping global value chains", *ECB Working Paper* No. 1677, European Central Bank.
- \_\_\_\_\_ (2013), "Mapping Global Value Chains", OECD.
- Dietzenbacher, E. and Van der Linden, J.A. (1997), "Sectoral and Spatial Linkages in the EC Production Structure". *Journal of Regional Science*, Vol 37, N°2, pp 235-257.
- Dietzenbacher, E., B. Los, R. Stehrer, M. Timmer and G. de Vries (2013), "The construction of World Input-Output Tables in the WIOD project", *Economic Systems Research* 25(1): 71-98.
- Dietzenbacher, E., van der Linden, J. & Steenge, A. (1993), "The Regional Extraction Method: EC input-output comparisons", *Economic Systems Research*, vol. 5.
- Domínguez Hidalgo, J.M. & Prado Valle, C. (1999), "Articulación interna de la economía Vasca en el período 1990-1995", *EUSTAT*, ([http://www.eustat.es/elem/ele0001200/info001240\\_c.pdf](http://www.eustat.es/elem/ele0001200/info001240_c.pdf))
- Durán, José Elías (2019), *Resultados del Proyecto MIP para la Política comercial e Industrial en América Latina y el Caribe*. Seminario Matrices de Insumo Producto como herramienta de Políticas Comerciales e Industriales en América Latina y el Caribe y su relación con Asia Pacífico. República Dominicana. En línea: [https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/dia\\_1\\_bloque\\_1\\_orden\\_1\\_-\\_duran\\_lima\\_jose\\_1.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/dia_1_bloque_1_orden_1_-_duran_lima_jose_1.pdf)
- Durán, J. y Alvarez, M. (2011), "Manual de comercio exterior y política comercial. Nociones básicas, clasificaciones e indicadores de posición y dinamismo", *Proyecto de documento, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, LC/W.430*, Naciones Unidas: Santiago de Chile, octubre de 2011.
- \_\_\_\_\_ (2011b), "Indicadores de comercio exterior y política comercial: análisis y derivaciones de la balanza de pagos" *Comisión Económica para América Latina y el Caribe, LC/W.259*. Rev.1 Naciones Unidas: Santiago de Chile, enero de 2011.
- Durán, J., Alvarez, M. y Cracau, D. (2016), "Manual on foreign trade and trade policy: Basics, classifications and indicators of trade patterns and trade dynamics", *Proyecto de documento, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, LC/W.430*, Naciones Unidas: Santiago de Chile, noviembre de 2016.

- Durán, J., Banacloche, S. (2017), "South America's Global Value Chains and CO<sub>2</sub> emissions embodied in trade, an Input-Output Approach", en: Dejuán, O., Cadarso, M.A. y Lenzen, M. (Eds.), "Environmental and economic impacts of decarbonization. Input-output studies on the consequences of the 2015 Paris agreements", Routledge Publishing Company.
- Durán, J. y Castresana, S. (2016), "Estimación del empleo directo e indirecto asociado a las exportaciones del Ecuador a la Unión Europea", Serie Comercio Internacional, No. 127, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Naciones Unidas: Santiago, diciembre de 2016.
- Durán Lima, J. E., Cracau, D., & Saeteros, M. (2018), Integración productiva en la Comunidad Andina: cadenas de valor entre Colombia y el Ecuador.
- Durán Lima, J. y D. Zalicvever (2013), "América Latina y el Caribe en las cadenas internacionales de valor", Serie Comercio Internacional, No. 124, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, LC/L.3767, Naciones Unidas: Santiago, diciembre de 2013.
- Genty, A., Arto, I., Neuwahl, F. (2012), "Final Database of Environmental Satellite Accounts: technical report on their compilation". WIOD Deliverable 4.6, Documentation.
- Gereffi, G., Humphrey, J., Kaplinsky, R., y Sturgeon, T. J. (2001), "Introduction: Globalisation, Value Chains and Development", Institute of Development Studies Bulletin, Vol. 32 (3) pp. 1-8.
- Ghosh, A. (1958), "Input-Output approach in an allocation system", *Economica*, Vol. 25, pp. 58-64.
- Grossman, G. M., & Rossi-Hansberg, E. (2006), *The rise of offshoring: it's not wine for cloth anymore. The new economic geography: effects and policy implications*, 2006.
- Hirschmann, A. O. (1958), "The Strategy of Economic Development", Yale University Press: New Haven.
- Hoekstra, A. Y., & Wiedmann, T. O. (2014), "Humanity's unsustainable environmental footprint". *Science*, 1114-1117.
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M., Mekonnen, M.M., (2011), "The water footprint assessment manual: setting the global standard". Earthscan, London; Washington, DC.
- Hummels, D., Ishii, J. y Yi, K. (2001), "The Nature and Growth of Vertical Specialization in World Trade", *Journal of International Economics*, Vol. 54, pp. 75-96.
- IDE-JETRO (2005), "Asian International Input-Output Table 2005. Technical notes", Institute of Development Economics, Japan External Organization.
- IPCC (2006), "2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme", Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds), Published: IGES, Japan.
- Johnson, R. y Noguera, G. (2012), "Accounting for intermediates: Production sharing and trade in value-added", *Journal of International Economics*, Vol. 86 (2), pp. 224-236.
- Jones, L., Powers, W., y Ubee, R. (2013), "Making Global Value Chain Research More Accessible", Office of Economics Working Paper, U.S. International Trade Commission, No. 2013-10A, octubre de 2013.
- Jones, L. (1976), "The Measurement of Hirschmanian Linkages" *Quarterly Journal of Economics*, Vol. XC, pp 323-33.
- Koopman, R., W. Powers, Z. Wang and S.-J. Wei (2011), "Give credit to where credit is due: tracing value added in global production chains", NBER Working Papers Series 16426, September 2010, revised September 2011.
- Koopman, R., Z.Wang and S.-J. Wei (2014), "Tracing value-added and double counting in gross exports", *American Economic Review*, Vol. 104 (2), pp. 459-494.
- \_\_\_\_\_ (2012), "Estimating domestic content in exports when processing trade is pervasive", *Journal of Development Economics*.
- Kubo, Y., J. De Melo, S. Robinson y M. Syrquin (1986), "Interdependence and Industrial Structure", en H. Chenery, S. Robinson y M. Syrquin (eds.), *Industrialization and Growth. A Comparative Study*, Oxford University Press, Londres.
- Lalanne, A. (2020), *La inserción del Uruguay en las cadenas de valor de América del Sur*.
- Lanz, R. y Maurer, A. (2015), "Services and Global Value Chains – Some evidence on servicification of manufacturing and services networks", *World Trade Organization Staff Working Papers*, No. ERSD-2015-03, febrero de 2015.
- Laumas, P.S. (1976), "The Weighting Problem in Testing the Linkage Hypothesis: Comment", *Quarterly Journal of Economics*, May 90 (2).

- Lenzen, M., D. Moran, K. Kanemoto and A. Geschke (2013), "Building Eora: A Global Multi-regional Input-Output Database at High Country and Sector Resolution", *Economic Systems Research* 25(1): 20-49.
- Lenzen, M., Moran, D., Kanemoto, K., Foran, B., Lobefaro, L., y Geschke, A. (2012), "International trade drives biodiversity threats in developing nations", *Nature*, v. 486, n. 7401.
- Leontief, W. W. (1936), "Quantitative Input and Output Relations in the Economic Systems of the United States", *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 18 (3), pp. 105-125.
- Lopes, J.C., Dias, J. & Ferreira do Amaral, J. (2002), "Efficiency, external dependency and structural change: The Portuguese Case, Proceedings of the 14th International Conference on Input-Output Techniques", octubre 2002, Montreal, Canada, reprint.
- Miller, R.E., Blair, P.D. (2009), "Input-Output Analysis: Foundations and Extensions." Cambridge, GBR: Cambridge University Press.
- Minzer, R., & Orozco, R. (2018), El potencial dinamizador de las exportaciones en Centroamérica y la República Dominicana: evidencia empírica a partir del análisis de matrices insumo-producto.
- Miroudot, S., Lanz, R., and Ragoussis, A. (2009), "Trade in Intermediate Goods and Services". OECD Trade Policy Working Paper No. 93, Paris, France.
- Miroudot, S., Yamano, N. (2013), "Towards the Measurement of Trade in Value-Added Terms: Policy Rationale and Methodological Challenges". En: Mattoo, A., Wang, Z., Wei, S. (Eds.) "Trade in Value Added. Developing New Measures of Cross-Border Trade". The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank, 1818 H Street, NW, Washington, DC 20433, USA.
- Naciones Unidas, Comisión Europea, Fondo Monetario Internacional, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico y Banco Mundial (2016), "Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica 2012-Marco Central". New York (2014) ISBN: 987-92-1-161563-0.
- Noguera-Méndez, P., Semitiel-García, M., López-Martínez, M. (2016), "Interindustrial Structure and Economic Development. An Analysis from Network and Input-Output Perspectives". *El Trimestre Económico*.
- OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) (2017), "TiVA 2016 indicators-definitions". OECD, Paris.
- \_\_\_\_\_ (2013), "Towards Green Growth: Monitoring Progress - OECD Indicators", OECD, Paris.
- \_\_\_\_\_ (2012), "Mapping Global Value Chains" The OECD Conference Centre, Paris.
- O’Ryan, Raúl, Carlos de Miguel, y Sebastián Miller (2000), "Ensayo sobre equilibrio general computable: Teoría y aplicaciones," Documentos de Trabajo 73, Centro de Economía Aplicada, Universidad de Chile. <http://www.cea-uchile.cl/wp-content/uploads/doctrab/ASOCFILE120030328145547.pdf>.
- Peters, G. P., Guan, D., Hubacek, K., Minx, J. C., y Weber, C. L. (2010), "Effects of China's Economic Growth", *Science*, Vol. 328 (5980), pp. 824-825.
- Rasmussen, P. N. (1963), "Relaciones intersectoriales", Editorial Aguilar, Madrid.
- \_\_\_\_\_ (1958), "Studies in Inter-sectorial Relations", North-Holland P.C.: Amsterdam.
- Schuschny, A.R (2005), "Tópicos sobre el Modelo de Insumo-Producto: teoría y aplicaciones". Serie de Estudios Estadísticos y Prospectivos. N°37. CEPAL, Naciones Unidas.
- Serrano, M., Dietzenbacher, E. (2010), "Responsibility and trade emission balances: An evaluation of approaches". *Ecological Economics* 69 (2010) 2224-2232.
- Shamis, G. S., Green, M. C., Sorensen, S. M., & Kyle, D. L. (2005), "Outsourcing, offshoring, nearshoring: What to do?" *Journal of Accountancy*, 199(6), 57-61. Retrieved from <https://search.proquest.com/docview/206779058?accountid=41816>.
- Sonis, M., Hewings, G. & Guo (1997), "Input-output multiplier product matrix", Discussion Paper, Regional Economics Applications Laboratory, University of Illinois.
- Steen-Olsen, K., Weinzettel, J., Cranston, G., Ercin, A.E., Hertwich, E.G., (2012), "Carbon, Land, and Water Footprint Accounts for the European Union: Consumption, Production, and Displacements through International Trade". *Environmental Science & Technology* 46, 10883-10891.
- Streit, M.E. (1969), "Spatial Associations and Economic Linkages between industries", *Journal of Regional Science*, Vol. 9, No.2.

- Timmer, M. (ed.) (2012), "The World Input-Output Database (WIOD): Contents, Sources and Methods", WIOD Working Paper No 10.
- Trefler, D. y Zhu, S. C. (2010), "The structure of factor content predictions", *Journal of International Economics*, Vol. 82 (2), pp. 195-207.
- Tukker, A., Bulavskaya, T., Giljum, S., de Koning, A., Lutter, S., Simas, M., Stadler, K., Wood, R. (2014), "The Global Resource Footprint of Nations. Carbon, water, land and materials embodied in trade and final consumption calculated with EXIOBASE 2.1". Leiden/Delft/Vienna/Trondheim".
- Tukker, A., A. de Koning, R. Wood, T. Hawkins, S. Lutter, J. Acosta, J.M. Rueda Cantuche, M. Bouwmeester, J. Oosterhaven, T. Drosdowski and J. Kuenen (2013), "EXIOPOL–Development and Illustrative Analyses of a Detailed Global MR EE SUT/IOT", *Economic Systems Research* 25(1): 50-70.
- Tukker, A. and E. Dietzenbacher (2013), "Global Multiregional Input–Output Frameworks: An Introduction and Outlook", *Economic Systems Research* 25(1): 1-19.
- United Nations (2003), "Classification by Broad Economic Categories", Department of Economic and Social Affairs, Statistics Division, Series M No 53, Rev. 4.
- United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) (2013), "Global Value Chains and Development", UNCTAD, Geneva.
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2012), "Measuring Progress towards an Inclusive Green Economy", UNEP, Nairobi.
- Wiedmann, T.O., Schandl, H., Lenzen, M., Moran, D., Suh, S., West, J., Kanemoto, K., (2013), "The material footprint of nations". *Proceedings of the National Academy of Sciences*.
- World Bank (2017), *Global value chain development report 2017: measuring and analyzing the impact of GVCs on economic development* (No. ACS22639, pp. 1-206), The World Bank.
- Yi, K. (2003), "Can vertical specialization explain the growth of world trade?", *Journal of Political Economy*, vol. 11, n. 1, pp. 52-102.

En este manual técnico se sistematizan las bases teóricas del modelo de insumo-producto aplicado a análisis económicos de países y grupos de países (subregiones). A partir del programa Insumo Producto y Cadenas de Valor, desarrollado por la Unidad de Integración Regional de la División de Comercio Internacional e Integración de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), y de las matrices de insumo-producto de la CEPAL asociadas a este, los técnicos de los Gobiernos podrán realizar sus propios cálculos y análisis siguiendo las pautas y recomendaciones del manual y adecuándolas a las necesidades de diseño de políticas públicas específicas. Asimismo, los académicos, investigadores y estudiantes podrán contar con una guía útil para comprender mejor una literatura que puede resultar esquivada y compleja. Algunos ejemplos de indicadores sugeridos son la intensidad de insumos importados en la producción y exportación, los encadenamientos productivos hacia adelante y hacia atrás, los análisis de dependencia de importaciones, el valor agregado doméstico incorporado en las exportaciones o el contenido importado por socio, además de extensiones y aplicaciones relacionadas con el empleo exportador y las emisiones de carbono.

