

DOCUMENTOS DE **PROYECTOS**

Redes intersectoriales de comercio entre Centroamérica, México y la República Dominicana

Un análisis desde la perspectiva
de la teoría de redes sociales

Roberto Carlos Orozco
Luis Daniel Torres González



NACIONES UNIDAS

CEPAL

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

 www.cepal.org/apps

Documentos de Proyectos

**Redes intersectoriales de comercio
entre Centroamérica, México
y la República Dominicana**

Un análisis desde la perspectiva de la teoría de redes sociales

Roberto Carlos Orozco
Luis Daniel Torres González



NACIONES UNIDAS

CEPAL

Este documento fue preparado por Roberto Carlos Orozco, funcionario de la Unidad de Desarrollo Económico de la sede subregional de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) en México, y Luis Daniel Torres González, Consultor de la CEPAL, bajo la supervisión de Ramón Padilla Pérez, Jefe de la Unidad de Desarrollo Económico. Los autores agradecen los insumos de trabajo proporcionados por Alejandro Brugués, Consultor de la CEPAL.

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.

Nota explicativa:

- La coma (,) se usa para separar los decimales.

Publicación de las Naciones Unidas

LC/TS.2021/5

LC/MEX/TS.2021/1

Distribución: L

Copyright © Naciones Unidas, 2021

Todos los derechos reservados

Impreso en Naciones Unidas, Ciudad de México, 2021-01

S.21-00022

Esta publicación debe citarse como: R. C. Orozco y L. D. Torres González, "Redes intersectoriales de comercio entre Centroamérica, México y la República Dominicana: un análisis desde la perspectiva de la teoría de redes sociales", *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2021/5; LC/MEX/TS.2021/1), Ciudad de México, 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 Publicaciones y Servicios Web, 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	7
I. Revisión de la literatura.....	11
II. Conceptos básicos de una matriz regional de insumo-producto y redes sociales.....	13
A. Estructura de una matriz regional de insumo-producto.....	13
B. Modelo de Leontief.....	15
1. Matriz de coeficientes técnicos.....	15
2. Multiplicadores de la producción	16
3. Valor agregado y empleo inducido por las exportaciones.....	17
C. Conceptos básicos del análisis de redes sociales	18
1. Representación de las redes sociales: grafos y matrices de adyacencia	19
2. Centralidad de los actores en una red social.....	21
III. Estructura económica de Centroamérica, México y la República Dominicana.....	23
A. Redes comerciales de Centroamérica, México y la República Dominicana.....	23
B. Análisis de las transacciones intersectoriales entre Centroamérica, México y la República Dominicana	26
C. La articulación sectorial en los países de Centroamérica, México y la República Dominicana	37
D. Análisis de cadenas productivas de los sectores maquinaria y equipo, textil y confecciones.....	44
IV. Conclusiones.....	49
Bibliografía.....	53

Cuadros

Cuadro 1	Matriz de insumo-producto regional para tres países y dos sectores.....	15
Cuadro 2	Coefficientes de correlación de rango de Spearman de los indicadores de centralidad basados en la matriz inversa de Leontief	37

Gráficos

Gráfico 1	Grafos y matrices de adyacencia.....	20
Gráfico 2	Importaciones y exportaciones de Centroamérica, México y la República Dominicana, 2011	25
Gráfico 3	Flujos de comercio entre Centroamérica, México y la República Dominicana, 2011	26
Gráfico 4	Participación de los sectores domésticos en las cadenas regionales de valor a partir del origen y destino extradoméstico en los flujos intersectoriales en la región.....	28
Gráfico 5	Distribución del grado de conectividad de los sectores en la red de transacciones intersectoriales de la región: matriz de adyacencia direccionada no ponderada.....	29
Gráfico 6	Distribución del grado de conectividad de los sectores en la red de transacciones intersectoriales de la región por país: matriz de adyacencia direccionada no ponderada	30
Gráfico 7	Distribución del grado de conectividad de los sectores en la red de transacciones intersectoriales de la región: matriz de adyacencia direccionada ponderada.....	32
Gráfico 8	Distribución del grado de conectividad de los sectores en la red de transacciones intersectoriales de la región por país: matriz de adyacencia direccionada ponderada.....	33
Gráfico 9	Mapa térmico de los indicadores de centralidad de entrada de la matriz inversa de Leontief por sector y por país.....	35
Gráfico 10	Mapa térmico de los indicadores de centralidad por vector propio y PageRank por sector y por país de la región	36
Gráfico 11	Transacciones intersectoriales subregionales	38
Gráfico 12	Transacciones intersectoriales domésticas	39
Gráfico 13	Red de transacciones intersectoriales intrarregionales	40
Gráfico 14	Clústeres de la red de transacciones intersectoriales.....	40
Gráfico 15	Transacciones intersectoriales de valor agregado inducido por el comercio intrarregional	42
Gráfico 16	Clústeres de la red de transacciones intersectoriales de valor agregado inducido por el comercio intrarregional.....	42
Gráfico 17	Transacciones intersectoriales de empleo inducido por el comercio intrarregional.....	43
Gráfico 18	Clústeres de la red de transacciones intersectoriales de empleo inducido por el comercio intrarregional.....	43
Gráfico 19	Transacciones intersectoriales de la cadena de maquinaria y equipo	45
Gráfico 20	Transacciones intersectoriales de valor agregado inducido por el comercio de la cadena de maquinaria y equipo.....	45

Gráfico 21	Transacciones intersectoriales de empleo inducido por el comercio de la cadena de maquinaria y equipo.....	46
Gráfico 22	Transacciones intersectoriales de la cadena de textiles y confecciones.....	47
Gráfico 23	Transacciones intersectoriales de valor agregado inducido por el comercio de cadena de textiles y confecciones.....	47
Gráfico 24	Transacciones intersectoriales de empleo inducido por el comercio, cadena de textiles y confecciones	48

Introducción

Los fenómenos de fragmentación y deslocalización global de la producción se han acentuado y extendido en las últimas tres décadas, principalmente debido a los avances tecnológicos en materia de comunicaciones y transportes, y por los procesos de liberalización comercial generalizados a nivel mundial (Milberg y Winkler, 2013). Esto ha provocado que los procesos productivos sean llevados a cabo por empresas densamente conectadas en redes de producción y comercio, que atraviesan las fronteras nacionales. A estas formas de organización mundial del comercio y de la producción se les denomina cadenas globales de valor (CGV) (Gereffi, Humphrey y Sturgeon, 2005).

En este contexto, por más de 30 años, los países centroamericanos (Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá), México y la República Dominicana (que en este documento se denominan la subregión), han compartido un modelo económico de crecimiento orientado a la exportación, fuertemente concentrado en el mercado de los Estados Unidos, con la presencia de una industria de manufactura consolidada, impulsada por regímenes fiscales especiales como las zonas francas y la maquila.

Los lazos comerciales al interior de la subregión se han ampliado en décadas recientes. Los acuerdos bilaterales de alcance parcial firmados entre los países centroamericanos y México han sido transformados en tratados de libre comercio. De igual forma, los procesos de integración comercial entre los países centroamericanos se han fortalecido con avances importantes como la conformación de la Unión Aduanera entre El Salvador, Guatemala y Honduras. Actualmente, en América Latina la subregión más integrada comercialmente es Centroamérica.

Este proceso continuo de integración comercial entre Centroamérica y México ha permitido la creación de cadenas regionales de valor (CRV) entre sectores y países, así como la densificación del entramado productivo regional (Martínez Piva, 2019). Bajo esta lógica se afirma que la red de intercambios comerciales de Centroamérica y México tiene una estructura de conexiones compleja,

en donde existe una gran variedad de sectores clave y clústeres sectoriales para cada país de la subregión (Cordero, 2019).

El objetivo principal del presente estudio es aplicar el análisis de redes sociales al estudio de las relaciones comerciales intrarregionales y extrarregionales de los países centroamericanos, México y la República Dominicana. El estudio se concentra en dos aspectos:

- i) Identificar los sectores económicos clave en el comercio intrarregional, es decir, aquellos sectores que por su estructura de compras y ventas de insumos intermedios intrarregionales sirven, en mayor medida, como elementos vinculantes entre los demás sectores económicos y constituyen vasos comunicantes de los impactos en la demanda externa sobre el entramado productivo subregional.
- ii) Identificar clústeres productivos, es decir, conjuntos de sectores económicos subregionales que establecen vínculos de interdependencia, mediante la compra y venta de insumos intermedios, para el desarrollo de sus procesos productivos y la obtención de determinados productos.

El análisis de redes sociales es el enfoque teórico y metodológico que se concentra en la identificación, la caracterización y el análisis de los vínculos entre un conjunto de actores que comparten características o fines comunes. En términos generales, el análisis de redes hace uso intensivo de representaciones visuales, denominadas grafos, que consisten en un conjunto de puntos (vértices), que representan los actores red, y líneas (aristas) entre ellos, que representan la existencia de vínculos. Distintos indicadores de centralidad son utilizados, es decir, medidas con las que se determina la importancia que un actor tiene dentro del conjunto de relaciones que se establecen en la red. El análisis de redes permite identificar clústeres, es decir, subgrupos de actores al interior de la red que destacan por la cantidad y fuerza de sus vínculos. La utilización del análisis de redes se ha aplicado en varios estudios que han cubierto diferentes perspectivas en el análisis de las redes económicas (Blöchl y otros, 2011).

Las medidas y representaciones gráficas que se desarrollan en este documento se derivan de una matriz regional de insumo-producto. Esta matriz es un instrumento de gran utilidad para el análisis de las relaciones intersectoriales entre países, razón por la que en los últimos años su elaboración y uso han sido ampliamente promovidos. Entre las matrices de insumo-producto regionales de mayor disponibilidad y accesibilidad se encuentran la World Input-Output Database (WIOD) y la Trade in Value Added (TiVA), esta última elaborada por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Sin embargo, la mayoría de los países de la subregión no se encuentran representados en dichas bases de datos, a pesar de que en los últimos años se advierte un esfuerzo por elaborar matrices de insumo-producto nacionales.

Entre 2016 y 2019, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) colaboró estrechamente con los países de la subregión en la construcción y estandarización de matrices nacionales y la primera matriz subregional. Esta iniciativa estuvo financiada por la Secretaría General de las Naciones Unidas, como parte del programa de la Cuenta para el Desarrollo. El objetivo principal fue fortalecer las capacidades estadísticas y analíticas de los países latinoamericanos, así como las capacidades para el diseño y monitoreo de las políticas industriales y comerciales. Con el objeto de obtener una matriz de insumo-producto regional constituida por 40 sectores económicos homogéneos para cada uno de los ocho países incluidos en la matriz regional, la iniciativa requirió armonizar los cuadros de oferta y utilización y, consecuentemente, las matrices de

insumo-producto de cada país. Adicionalmente, con el fin de cuantificar la interacción comercial entre los países seleccionados, fue necesario construir una matriz de comercio que describiera los flujos de comercio internacional (importaciones y exportaciones) entre los países seleccionados.

Este estudio se suma a la amplia bibliografía que utiliza el análisis de redes sociales para examinar las relaciones comerciales regionales, con la novedad de que se basa en la primera matriz de insumo-producto elaborada para los países centroamericanos, México y la República Dominicana. A partir de la representación gráfica de la red de comercio entre los países mencionados y del cálculo de distintos indicadores de centralidad, propios de la teoría de redes sociales, este documento presenta una perspectiva cualitativa, complementaria al análisis de insumo-producto tradicional, basado en el cálculo de multiplicadores.

Este documento se organiza de la siguiente manera. Después de esta introducción, en el capítulo I se ofrece una breve revisión de la literatura sobre el tema. En el capítulo II se presentan los conceptos básicos de la matriz regional de insumo-producto y redes sociales. En el capítulo III se analiza la estructura de la red de intercambios comerciales entre los países de la subregión. Por último, en el capítulo IV se ofrece un resumen y las conclusiones principales.

I. Revisión de la literatura

La aplicación del análisis de redes sociales en el estudio de tramas de intercambio regional es una alternativa metodológica complementaria al análisis de comercio tradicional de insumo-producto, que toma en consideración la cantidad y fuerza de vínculos entre los sectores. En este contexto, el análisis de centralidad proporciona importantes conocimientos sobre los fenómenos económicos (Grazzini y Spelta, 2015).

Acemoglu, Akcigit y Kerr (2012)¹ muestran que la estructura de intercambios comerciales internacionales tiene un papel importante en el comportamiento agregado del sistema económico. Si la red es significativamente asimétrica, es decir, si relativamente pocos sectores juegan un papel predominante como proveedores, entonces los impactos específicos sobre esos sectores dan lugar a fluctuaciones agregadas. Es decir, cuando la organización de la producción está dominada por un pequeño número de sectores que suministran insumos a muchos sectores diferentes, las interrupciones en estos nodos críticos, llamados clave o centrales, pueden afectar el sistema de producción global, determinando pérdidas en la producción y el bienestar. Para los autores, el análisis de centralidad de los sectores productivos es un elemento importante para comprender el origen e impacto de las fluctuaciones económicas, que permite informar a los responsables de la formulación de políticas sobre cómo prepararse y recuperarse de los impactos adversos en la red de producción global.

En línea con el análisis de redes sociales, Kali y Reyes (2007 y 2010) estudiaron cómo la posición en la red comercial, especificada por el número de enlaces de un país (centralidad de grado), tiene implicaciones sustanciales en el crecimiento de una economía y mostraron el potencial del análisis de redes para predecir episodios de contagio financiero.

¹ El estudio se realizó con información de la producción de los sectores manufactureros de los Estados Unidos para el período 1991-2009 publicada por el NBER y la matriz de insumo-producto de los Estados Unidos de 1992 publicada por el BEA.

Con base en la matriz de insumo-producto multirregional para el año 2000 publicada por la OCDE, Blöchl y otros (2011) desarrollan dos medidas de centralidad: cercanía e intermediación. La primera mide qué tan cerca está un sector del resto, mientras que la segunda estima la cantidad de trayectorias en las que participa un sector determinado. Los resultados indican que el sector de comercio muestra una alta centralidad por cercanía en la mayoría de las economías analizadas, con excepción de países como Francia, China y la República de Corea, en donde el sector con la mayor centralidad por cercanía fue el de la construcción. En la mayoría de las economías desarrolladas el sector automotriz muestra un alto grado de centralidad por intermediación.

Con base en datos de la World Input-Output Data Base (WIOD), Grazzini y Spelta (2015) concluyeron que la asimetría de la red de producción global y el nivel de centralidad sectorial aumentó sensiblemente entre 1995 y 2011, es decir, cada vez menos sectores ostentan mayor centralidad en la red de comercio. Los autores señalan a China como el principal proveedor de bienes manufacturados, mientras que los sectores de servicios financieros y empresariales muestran la mayor centralidad en los países occidentales, principalmente en los Estados Unidos.

Confirmando los hallazgos anteriores, Soyçiğit y Boz (2018) realizaron una comparación de la estructura global de comercio entre 1995 y 2011, y muestran que los países asiáticos aumentaron su participación tanto en las importaciones como en las exportaciones de insumos intermedios, mientras que los países occidentales mantuvieron su lugar preponderante como exportadores e importadores de servicios empresariales y financieros. Los autores señalan que la red global de insumo-producto, en dicho período, se ha convertido en una red libre de escala², lo que significa que hay muchos sectores insignificantes, en términos de sus compras y ventas, mientras que hay menos sectores exportadores importantes en la red mundial de producción. Esto reduce la robustez de la red, es decir, la red de producción global se volvió más vulnerable ante cualquier demanda o choque de suministro.

² Una red libre de escala es un tipo específico de red compleja en la que algunos nodos están altamente conectados, es decir, poseen un gran número de enlaces a otros nodos, mientras que el nivel de conexión del resto es bastante bajo.

II. Conceptos básicos de una matriz regional de insumo-producto y redes sociales

A. Estructura de una matriz regional de insumo-producto

Una matriz de insumo-producto regional constituye una representación sintética de la economía de una región, en la que se registran los intercambios comerciales de bienes y servicios a nivel nacional e internacional, realizados por un número de sectores estandarizados entre los países que conforman la región. La matriz regional incorpora información sobre la demanda final intrarregional y extrarregional, las importaciones intermedias extrarregionales y los distintos componentes del valor agregado. De manera similar al caso de una matriz de insumo-producto nacional, la matriz regional es cuadrada y simétrica. En el cuadro 1 se muestra un ejemplo de una matriz regional de insumo-producto para tres países, denotados por los índices superiores r , s y q , y dos sectores denotados por los índices inferiores 1 y 2.

Los elementos que constituyen la matriz de insumo-producto regional se enumeran a continuación.

- i) Matriz de consumo intermedio intrarregional: esta matriz está conformada por un conjunto de submatrices que representan las compras intermedias domésticas e importadas que los diversos sectores de los distintos países de la región realizan entre sí (área sombreada en azul en el cuadro 1). Las submatrices ubicadas en la diagonal principal (marcadas en rojo en el cuadro 1) registran las compras sectoriales de insumos intermedios producidos domésticamente. Por su parte, las submatrices ubicadas fuera de la diagonal principal registran las compras de insumos intermedios importados producidos en los países de la región. Por ejemplo, el elemento Z_{11}^{rr} de la matriz regional representa las compras de insumos intermedios domésticos que el

sector 1 del país r realiza de sí mismo. En el mismo sentido, el elemento Z_{12}^{rr} de la matriz regional representa las compras de insumos intermedios domésticos que el sector 2 del país r realiza del sector 1 del mismo país r . Por su parte, los elementos Z_{11}^{sr} y Z_{11}^{qr} de la matriz regional, ambos fuera de la diagonal principal, representan la compra de insumos intermedios importados que el sector 1 del país r realiza del sector 1 de los países s y q , respectivamente.

- ii) Vector de importaciones intermedias extrarregionales (área sombreada en verde): este conjunto de matrices reporta el consumo de insumos intermedios importados adquiridos por los países de la región que fueron producidos por socios comerciales que están fuera de la región. Por ejemplo, el elemento m_1^r registra el total de las importaciones intermedias extrarregionales realizadas por el sector 1 del país r .
- iii) Vector de impuestos a la producción (área sombreada en naranja): en este vector se registra el pago de impuestos sobre la producción, según sector económico y país de la región.
- iv) Vector de fletes y seguros (área sombreada en rosa): en este vector se reportan los montos pagados por concepto de fletes y seguros, según sector económico y país de la región.
- v) Matriz de valor agregado doméstico (área sombreada en amarillo): en esta matriz se reporta el pago a los factores productivos (remuneraciones, excedente bruto de explotación, ingreso mixto e impuestos netos) realizados por cada sector y país de la región.
- vi) Matriz de demanda final intrarregional (área sombreada en celeste): esta matriz está constituida por un conjunto de submatrices que representan las compras de bienes finales domésticos e importados según factor de demanda (consumo final y formación bruta de capital) que los países de la región realizan entre sí. Las submatrices ubicadas en la diagonal principal (marcadas en rojo) registran las compras de bienes finales producidos domésticamente. Por su parte, las submatrices ubicadas fuera de la diagonal principal reportan las compras de bienes finales importados producidos en los países de la región. Por ejemplo, el elemento f_1^{rr} representa la compra de bienes finales del sector 1 del país r producidos domésticamente por el propio sector 1 del país r . Por su parte, los elementos f_1^{sr} y f_1^{qr} representan la compra de bienes finales importados por el sector 1 del país r provenientes de los países s y q , respectivamente.
- vii) Vector de exportaciones totales extrarregionales: cada columna de esta matriz representa el flujo de exportaciones de bienes y servicios (intermedios y finales) que cada país de la región realiza a los socios comerciales que están fuera de la región.
- viii) Vector de valor bruto de la producción: en este vector se reporta el valor bruto de la producción para cada sector económico y país de la región.

Cuadro 1
Matriz de insumo-producto regional para tres países y dos sectores

		Consumo intermedio intrarregional						Consumo final intrarregional			Exportaciones totales extrarregionales	Valor bruto de la producción
		País r		País s		País q		País r	País s	País q		
		Sec1	Sec2	Sec1	Sec2	Sec1	Sec2					
País r	Sec1	Z_{11}^{rr}	Z_{12}^{rr}	Z_{11}^{rs}	Z_{12}^{rs}	Z_{11}^{rq}	Z_{12}^{rq}	f_1^{rr}	f_1^{rs}	f_1^{rq}	e_1^r	x_1^r
	Sec2	Z_{21}^{rr}	Z_{22}^{rr}	Z_{21}^{rs}	Z_{22}^{rs}	Z_{21}^{rq}	Z_{22}^{rq}	f_2^{rr}	f_2^{rs}	f_2^{rq}	e_2^r	x_2^r
País s	Sec1	Z_{11}^{sr}	Z_{12}^{sr}	Z_{11}^{ss}	Z_{12}^{ss}	Z_{11}^{sq}	Z_{12}^{sq}	f_1^{sr}	f_1^{ss}	f_1^{sq}	e_1^s	x_1^s
	Sec2	Z_{21}^{sr}	Z_{22}^{sr}	Z_{21}^{ss}	Z_{22}^{ss}	Z_{21}^{sq}	Z_{22}^{sq}	f_2^{sr}	f_2^{ss}	f_2^{sq}	e_2^s	x_2^s
País q	Sec1	Z_{11}^{qr}	Z_{12}^{qr}	Z_{11}^{qs}	Z_{12}^{qs}	Z_{11}^{qq}	Z_{12}^{qq}	f_1^{qr}	f_1^{qs}	f_1^{qq}	e_1^q	x_1^q
	Sec2	Z_{21}^{qr}	Z_{22}^{qr}	Z_{21}^{qs}	Z_{22}^{qs}	Z_{21}^{qq}	Z_{22}^{qq}	f_2^{qr}	f_2^{qs}	f_2^{qq}	e_2^q	x_2^q
Importaciones intermedias extrarregionales		m_1^r	m_2^r	m_1^s	m_2^s	m_1^q	m_2^q					
Impuestos sobre la producción		t_1^r	t_2^r	t_1^s	t_2^s	t_1^q	t_2^q					
Fletes y seguros		fs_1^r	fs_2^r	fs_1^s	fs_2^s	fs_1^q	fs_2^q					
Valor agregado doméstico		va_1^r	va_2^r	va_1^s	va_2^s	va_1^q	va_2^q					
Valor bruto de la producción		x_1^r	x_2^r	x_1^s	x_2^s	x_1^q	x_2^q					

Fuente: Elaboración propia

En resumen, una matriz de insumo-producto regional es un cuadro de doble entrada que representa los intercambios comerciales entre los países de una región determinada. Sus columnas registran las compras de insumos intermedios (domésticos, importados intrarregionales e importados extrarregionales) que cada sector de cada país de la región realiza del resto de los sectores económicos de sus socios comerciales, tanto dentro como fuera de la región, con el fin de producir los bienes o servicios que dicho sector oferta en el mercado. Dichas columnas incorporan también el pago de impuestos, fletes y seguros y factores productivos.

Por su parte, las filas representan las ventas de bienes y servicios intermedios y finales que cada sector productivo de cada país de la región efectúa al resto de los socios comerciales, tanto dentro como fuera de la región. En la matriz de insumo-producto regional la suma de las compras (lectura por columnas) es igual a la suma de las ventas (lectura por filas) y corresponde al valor bruto de la producción. En este sentido, la matriz representa un sistema económico en equilibrio en donde todo lo que se produce se consume.

B. Modelo de Leontief³

1. Matriz de coeficientes técnicos

Los coeficientes técnicos, también llamados directos o de insumo-producto, se definen como el cociente del gasto en cada insumo sobre el valor bruto de la producción sectorial y representan el

³ Véase una revisión completa sobre la formulación, los supuestos matemáticos y económicos, y las aplicaciones del modelo de Leontief en Miller y Blair (2009).

valor porcentual de los productos intermedios utilizados por un sector, provenientes de los restantes sectores de la economía y del propio sector, para producir una unidad de valor bruto de producción. Si se considera el ejemplo de la matriz regional de insumo-producto para tres países y dos sectores, la matriz de coeficientes técnicos, denotada con la letra A , se obtiene de la siguiente manera:

$$A = Z \cdot \widehat{x}^{-1} = \begin{bmatrix} Z_{11}^{rr} & Z_{12}^{rr} & Z_{11}^{rs} & Z_{12}^{rs} & Z_{11}^{rq} & Z_{12}^{rq} \\ Z_{21}^{rr} & Z_{22}^{rr} & Z_{21}^{rs} & Z_{22}^{rs} & Z_{21}^{rq} & Z_{22}^{rq} \\ Z_{11}^{sr} & Z_{12}^{sr} & Z_{11}^{ss} & Z_{12}^{ss} & Z_{11}^{sq} & Z_{12}^{sq} \\ Z_{21}^{sr} & Z_{22}^{sr} & Z_{21}^{ss} & Z_{22}^{ss} & Z_{21}^{sq} & Z_{22}^{sq} \\ Z_{11}^{qr} & Z_{12}^{qr} & Z_{11}^{qs} & Z_{12}^{qs} & Z_{11}^{qq} & Z_{12}^{qq} \\ Z_{21}^{qr} & Z_{22}^{qr} & Z_{21}^{qs} & Z_{22}^{qs} & Z_{21}^{qq} & Z_{22}^{qq} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1/x_1^r & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/x_2^r & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/x_1^s & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1/x_2^s & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/x_1^q & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/x_2^q \end{bmatrix}$$

y por lo tanto:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11}^{rr} & a_{12}^{rr} & a_{11}^{rs} & a_{12}^{rs} & a_{11}^{rq} & a_{12}^{rq} \\ a_{21}^{rr} & a_{22}^{rr} & a_{21}^{rs} & a_{22}^{rs} & a_{21}^{rq} & a_{22}^{rq} \\ a_{11}^{sr} & a_{12}^{sr} & a_{11}^{ss} & a_{12}^{ss} & a_{11}^{sq} & a_{12}^{sq} \\ a_{21}^{sr} & a_{22}^{sr} & a_{21}^{ss} & a_{22}^{ss} & a_{21}^{sq} & a_{22}^{sq} \\ a_{11}^{qr} & a_{12}^{qr} & a_{11}^{qs} & a_{12}^{qs} & a_{11}^{qq} & a_{12}^{qq} \\ a_{21}^{qr} & a_{22}^{qr} & a_{21}^{qs} & a_{22}^{qs} & a_{21}^{qq} & a_{22}^{qq} \end{bmatrix}$$

donde Z es la matriz de consumo intermedio sectorial subregional definida anteriormente, \widehat{x}^{-1} es el inverso del vector de producción diagonalizado y A es la matriz de coeficientes técnicos o directos. Por ejemplo, el elemento $a_{21}^{rs} = z_{21}^{rs}/x_1^s$ es el coeficiente de insumos directos producidos en el sector 2 del país r requeridos para producir una unidad de producto en el sector 1 del país s . Una lectura análoga rige para el resto de los elementos de la matriz A .

2. Multiplicadores de la producción

En el contexto de un modelo de insumo-producto, los bienes y servicios generados por una economía se pueden utilizar tanto para insumos intermedios como para bienes finales, es decir:

$$Z + f = x$$

La proporción del consumo de bienes intermedios (Z) respecto al valor bruto de la producción está dada por la siguiente identidad $Z = Ax$. Al substituir en la ecuación previa se obtiene:

$$Ax + f = x$$

En esta expresión, A es la matriz de coeficientes técnicos, x es el valor bruto de la producción y f representa la demanda final.

Al resolver la ecuación para x se obtiene que:

$$(I - A)x = f$$

$$x = (I - A)^{-1}f$$

en donde I es una matriz identidad de orden igual a A .

La expresión anterior es la ecuación canónica del modelo de Leontief o modelo de producción impulsado por la demanda, ya que el valor bruto de la producción (x) depende del valor que tome la demanda final (f). En dicha expresión, I es una matriz identidad de orden igual a A y $(I - A)^{-1}$, que se denomina matriz de multiplicadores de la producción (o matriz inversa de Leontief), representa los insumos directos e indirectos requeridos por un sector económico para generar una unidad de producto.

En la representación explícita de la matriz de multiplicadores de la producción $(I - A)^{-1}$, el elemento l_{21}^{rs} denota el coeficiente de insumos directos e indirectos requeridos por el sector 2 del país r necesarios para producir una unidad de producto en el sector 1 del país s , una lectura análoga se puede realizar para el resto de los elementos de la matriz.

$$(I - A)^{-1} = \begin{bmatrix} l_{11}^{rr} & l_{12}^{rr} & l_{11}^{rs} & l_{12}^{rs} & l_{11}^{rq} & l_{12}^{rq} \\ l_{21}^{rr} & l_{22}^{rr} & l_{21}^{rs} & l_{22}^{rs} & l_{21}^{rq} & l_{22}^{rq} \\ l_{11}^{sr} & l_{12}^{sr} & l_{11}^{ss} & l_{12}^{ss} & l_{11}^{sq} & l_{12}^{sq} \\ l_{21}^{sr} & l_{22}^{sr} & l_{21}^{ss} & l_{22}^{ss} & l_{21}^{sq} & l_{22}^{sq} \\ l_{11}^{qr} & l_{12}^{qr} & l_{11}^{qs} & l_{12}^{qs} & l_{11}^{qq} & l_{12}^{qq} \\ l_{21}^{qr} & l_{22}^{qr} & l_{21}^{qs} & l_{22}^{qs} & l_{21}^{qq} & l_{22}^{qq} \end{bmatrix}$$

3. Valor agregado y empleo inducido por las exportaciones

En el modelo de insumo-producto impulsado por la demanda, una variación en la demanda de las exportaciones de cualquier sector económico se traduce en un cambio en el nivel de producción del sector directamente impactado, así como en los restantes sectores de la economía nacional que se encuentran encadenados con él y que le proveen insumos intermedios. Matemáticamente se expresa de la siguiente manera:

$$\Delta x_e = (I - A)^{-1} \cdot \Delta e^4$$

En la expresión anterior, Δx_e es el incremento, directo e indirecto, del valor bruto de la producción debido a un aumento en las exportaciones (Δe), mientras que el término $(I - A)^{-1}$ representa la matriz de multiplicadores productivos de la economía.

El cálculo del empleo y el valor agregado inducidos por el incremento de las exportaciones sigue una lógica similar. Ante un incremento en la demanda de exportaciones de un determinado sector se requieren más empleos directos para satisfacer el aumento en el nivel de producción del sector inicialmente impactado. Asimismo, se necesitan más empleos indirectos en los restantes sectores económicos para satisfacer la mayor producción de insumos generada por los encadenamientos del sistema productivo nacional. Matemáticamente se expresa de la siguiente manera:

$$\Delta emp_e = coefemp \cdot (I - A)^{-1} \cdot \Delta e^5$$

En este caso, Δemp_e es el incremento, directo e indirecto, del empleo debido al incremento en las exportaciones (Δe). El término *coefempl* corresponde a los coeficientes del empleo, es decir,

⁴ El mismo método de cálculo se aplica para cualquier otro factor de demanda (consumo de los hogares, gasto de gobierno, formación bruta de capital o bien demanda final total).

el empleo por unidad de producto según sector, mientras que $(I - A)^{-1}$ es la matriz de multiplicadores productivos de la economía.

El aumento en el nivel de producción de bienes y servicios exportables genera, a su vez, un aumento de valor agregado doméstico, de forma directa e indirecta, que se reparte entre los factores de producción responsables de su generación: remuneraciones y sueldos, excedente bruto de explotación (utilidades de las empresas) e impuestos. Matemáticamente se expresa de la siguiente forma:

$$\Delta va_e = coefva \cdot (I - A)^{-1} \cdot \Delta e$$

En este caso, Δva_e es el incremento, directo e indirecto, del valor agregado debido al incremento en las exportaciones (Δe). El término *coefva* corresponde a los coeficientes de valor agregado, es decir, el valor agregado por unidad de producto según sector, mientras que $(I - A)^{-1}$ es la matriz de multiplicadores productivos de la economía.

Como se puede observar en las dos ecuaciones anteriores, el empleo y valor agregado, directo e indirecto, inducido por las exportaciones de la economía, dependen de dos factores fundamentales, la magnitud de las exportaciones que realiza cada sector económico (Δe) y la densidad del entramado productivo doméstico, es decir, los efectos multiplicadores derivados de las relaciones intersectoriales $((I - A)^{-1})$.

C. Conceptos básicos del análisis de redes sociales⁶

Una red social es una entidad constituida por un conjunto de actores sociales vinculados entre sí mediante un conjunto de relaciones. Los actores sociales pueden ser personas, organizaciones, sectores económicos o incluso países. Las relaciones entre dichos actores pueden ser de naturaleza variada, por ejemplo: relaciones de parentesco entre personas, relaciones comerciales entre organizaciones y sectores económicos, o relaciones de cooperación entre países. La noción de redes sociales y los métodos asociados a su análisis enfatizan el papel de las relaciones entre los actores de la red, producto de las cuales se generan patrones emergentes, es decir, regularidades provocadas por las interacciones entre dichos actores. A dichos patrones emergentes se les conoce también como estructuras de la red.

Las relaciones intersectoriales de insumo-producto forman una red social y pueden ser analizados como tal. Los sectores económicos son los actores sociales, que mantienen diferentes relaciones entre ellos⁷. La relación más popular dentro del análisis insumo-producto son las transacciones de compra/venta de bienes y servicios intermedios. Sin embargo, se podría considerar otra clase de relaciones intersectoriales, como del valor agregado o la cantidad de insumos intermedios importados que se incorpora en dichas transacciones intersectoriales. Asimismo, los atributos individuales de los sectores, como el empleo y los salarios, pueden formar parte de la red de insumo-producto.

⁶ Véase una revisión completa sobre el tema en Wasserman y Faust (1994).

⁷ La naturaleza de la red de insumo-producto considera la existencia de relaciones de un sector consigo mismo. La razón es que lo que está detrás de la red de insumo-producto es el conjunto de transacciones entre empresas, pero la organización de la información es a través de sectores económicos, que agrupan a varias empresas.

Una característica fundamental del análisis insumo-producto es la visión circular de la economía⁸, es decir, la interdependencia existente entre los sectores: la producción de bienes y servicios de un sector se realiza por medio de los bienes y servicios producidos por otros sectores. De esta manera, las perturbaciones que existan en un sector determinado tienen el potencial de afectar al conjunto de sectores participantes en la red de insumo-producto. Finalmente, las relaciones intersectoriales tienen estructura, es decir, existen patrones o regularidades que emergen de las diferentes relaciones entre el conjunto de los sectores y que no son atribuibles a un sector en específico.

1. Representación de las redes sociales: grafos y matrices de adyacencia

El nivel de complejidad de una red social dependerá del número de actores, de la cantidad de relaciones existentes entre ellos y las características estructurales de la red. Para facilitar su comprensión, una red social se representa y analiza mediante grafos y matrices de adyacencia. Un grafo es un diagrama que muestra un conjunto de nodos conectados mediante aristas. En el contexto de una red social los nodos representan a los actores de la red y las aristas simbolizan las relaciones entre los actores. Como ejemplo, y sin pérdida de generalidad, en el gráfico 1 se muestran tres grafos compuestos por cinco nodos, cuyas características se explican a continuación:

- i) Grafo no dirigido. Representa una red no dirigida, es decir, una red en la que las aristas entre los nodos denotan la existencia de una relación, más no su dirección. Un ejemplo de esto sería la red social que indica la existencia de una relación comercial entre sectores económicos, sin especificar si se trata de compras o ventas. En estas redes las relaciones entre los nodos son simétricas, en otras palabras, si el sector B está relacionado con el sector C, entonces el sector C está relacionado con el sector B.
- ii) Grafo dirigido. Representa una red dirigida, es decir, una red en la que las aristas entre los nodos denotan tanto la existencia de una relación como su dirección (simbolizada por la punta de flecha de cada arista). Siguiendo el ejemplo, la arista con origen en el sector B y destino en el sector C indica que el sector B le vende al sector C. Los grafos dirigidos no son necesariamente simétricos: el hecho de que el sector B le venda al sector C no implica lo contrario.
- iii) Grafo dirigido y ponderado. Representa una red en la que las aristas entre los nodos denotan la existencia de una relación, su dirección y su magnitud (simbolizada por el grosor de cada arista). En el ejemplo, el grosor de la arista con origen en el sector B y destino en el sector C denota la magnitud de las ventas del sector B al sector C.

En un grafo, una diada representa la relación que mantienen dos nodos. De manera similar, una triada está constituida por tres nodos y la relación que guardan entre ellos. Al conjunto de todos los nodos que guardan una relación entre sí se le denomina grupo, del cual siempre se podrá considerar cualquier subgrupo. Por lo tanto, un grafo (que representa a una red social) estará compuesto por un conjunto de nodos (o actores sociales) que guardan una o varias relaciones entre ellos.

Todo grafo se puede representar como una matriz de adyacencia (A), es decir, una matriz de orden $n \times n$ en la que las filas y las columnas representan los nodos del grafo y sus elementos

⁸ El concepto de economía circular es el supuesto económico fundamental del análisis de insumo-producto (Leontief, 2017).

(a_{ij}) representan las relaciones entre dichos nodos. Como en el caso de los grafos, se distinguen tres tipos de matrices de adyacencia (en el gráfico 1 se muestra un ejemplo para grafos conformados por cinco nodos):

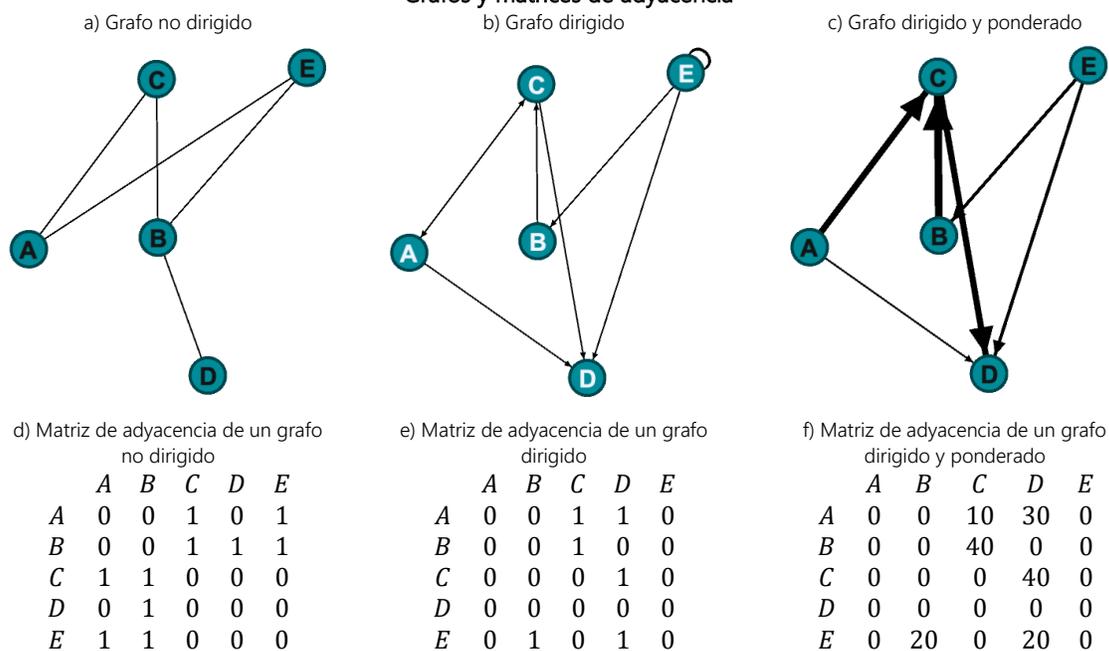
- i) Matriz de adyacencia de un grafo no dirigido. Los elementos de la matriz de adyacencia de un grafo no dirigido serán cero o uno, es decir:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si existe relación entre los nodos } i \text{ y } j. \\ 0 & \text{si no existe relación entre los nodos } i \text{ y } j \end{cases}$$

Como se mencionó anteriormente, en un grafo no dirigido las relaciones son simétricas, es decir, el nodo i está relacionado con el nodo j y viceversa. En consecuencia, $a_{ij} = a_{ji}$ y por lo tanto la matriz de adyacencia es simétrica.

- ii) Matriz de adyacencia de un grafo dirigido. Como en el caso anterior, los elementos de la matriz de adyacencia de un grafo dirigido serán cero o uno, no obstante, hay dos cambios importantes. Primero, el origen de la relación entre los nodos se asocia con la fila y el destino con la columna. Segundo, el hecho de que los grafos dirigidos no sean necesariamente simétricos implica que la matriz de adyacencia no tiene que ser simétrica, dado que el elemento a_{ij} no es necesariamente igual al elemento a_{ji} (véase el gráfico 1, inciso e).
- iii) Matriz de adyacencia de un grafo dirigido y ponderado. Si además de la dirección, la relación entre los nodos incluye una noción de magnitud (por ejemplo, magnitud monetaria), los elementos a_{ij} que conforman la matriz de adyacencia de un grafo dirigido y ponderado no serán dicotómicos y podrán representar variables continuas o discretas (positivas o negativas).

Gráfico 1
Grafos y matrices de adyacencia



Fuente: Elaboración propia.

2. Centralidad de los actores en una red social

Uno de los principales objetivos del análisis de redes sociales es identificar a los actores más importantes (o prominentes). Dichos actores se ubican en posiciones estratégicas al interior de la red y tienen la capacidad de influir en su estructura. El conjunto de medidas que buscan establecer la importancia o influencia que tienen los actores al interior de una red está asociada con el concepto de centralidad (Newman, 2018). A continuación, se revisan las medidas de centralidad más comunes.

Centralidad de grado

La centralidad de grado es la definición más simple y conocida de la importancia de un actor. Se basa en la idea de que los actores más importantes son aquellos que cuentan con el mayor número de vínculos con otros actores pertenecientes a la red, es decir, el mayor grado k (Freeman, 2004). En las redes dirigidas se distinguen tres tipos de centralidad por grado:

- i) Centralidad de grado de entrada. Se refiere a la cantidad de actores que tienen una relación con el actor analizado. En términos de grafos, la centralidad de grado corresponde a la cantidad de aristas que llegan al nodo analizado.
- ii) Centralidad de grado de salida. Se refiere a la cantidad de actores con los que se relaciona el actor analizado. En términos de grafos, la centralidad de grado corresponde a la cantidad de aristas que salen del nodo analizado.
- iii) Centralidad de grado total. Es la suma de la centralidad de grado de entrada y salida, es decir, la cantidad de aristas que entran y salen de un mismo nodo.

Formalmente, la centralidad de entrada (k_j^{in}) corresponde a la suma por columnas de la matriz de adyacencia asociada al grafo que representa la red dirigida, mientras que la centralidad de salida (k_i^{out}) corresponde a la suma por filas de la matriz de adyacencia. Matemáticamente se expresa de la siguiente manera:

$$k_j^{in} = \sum_{i=1}^n a_{ij}, \quad j = 1, \dots, n$$

$$k_i^{out} = \sum_{j=1}^n a_{ij}, \quad i = 1, \dots, n,$$

Como se mencionó, la centralidad total resulta de sumar los grados de entrada y de salida ($k_j^{in} + k_i^{out}$), para $i = j$. En el caso de las redes no dirigidas, la simetría de las matrices de adyacencia implica que el grado de entrada sea igual al de salida para cualquiera de los actores de la red.

En el análisis de redes aplicado a la matriz de insumo-producto la centralidad de grado se refiere a la cantidad de relaciones de compraventa que establece un sector económico determinado. La centralidad por grado de salida representa la cantidad de sectores a los que se dirigen las ventas del sector de referencia. Por su parte la centralidad por grado de entrada refleja la cantidad de sectores a los que el sector de referencia compra. La suma de ambas medidas es equivalente entonces a la centralidad total.

Centralidad de fortaleza

Es la versión ponderada de la centralidad por grado. Esta medida se aplica en los casos donde los vínculos toman valores diferentes de cero y uno, y se asocian a la magnitud de la

relación entre los nodos de la red. Puede ser calculada también como de entrada, de salida y total. Si la matriz de adyacencia representa la red de coeficientes técnicos de insumo-producto de una matriz de n sectores, entonces $0 < k_i^{out} < n$ y $0 < k_j^{in} < 1$. Cuando un sector se vuelve importante y varios sectores utilizan como insumo su producción y esta constituye un porcentaje elevado del gasto de insumos intermedios de los sectores, entonces $k_i^{out} \rightarrow n$. En el caso extremo de que un sector se vuelve el único proveedor de insumos intermedios, entonces $k_i^{out} = n$. De manera contraria, entre más cercano a cero sea k_i^{out} su importancia será menor. Por otro lado, k_j^{in} está acotado entre 0 y 1 dado que los gastos de insumos están normalizados por el valor de la producción. Así, cuando $k_j^{in} \rightarrow 1$ indica que el sector j está conectado de manera importante con los sectores proveedores de insumos dado que gran parte del valor producido por dicho sector incorpora el valor de los insumos.

Centralidad de vectores propios

La centralidad de vector propio es una medida que proporciona el índice de importancia de un actor en función de la importancia de sus vecinos, es decir, los actores con que guarda una relación (Bonacich, 1987). Matemáticamente se expresa de la siguiente manera:

$$Ax = \lambda x$$

donde x es el vector propio asociado al valor propio λ de la matriz de adyacencia A . Dado que la matriz de adyacencia es no negativa, el teorema de Perron-Frobenius establece que existe solo un vector propio con proporciones no negativas, que estará asociado con la raíz característica máxima.

Centralidad PageRank

Esta medida de centralidad es utilizada por el buscador Google como método para clasificar las páginas web, atendiendo a la cantidad de vínculos que estas mantienen con el resto de las páginas en la WWW. El resultado de esta medida es un vector, denominado PageRank (Page y otros, 1999), que representa la clasificación de las páginas web. Dicho vector se determina resolviendo la siguiente ecuación:

$$Gx = \lambda_1 x$$

donde λ_1 es el valor propio dominante igual a uno y G es la matriz de transición que representa las probabilidades de vínculo entre las páginas web. En términos de un grafo, la matriz es resultado de dividir los elementos de cada columna, que integran la matriz de adyacencia A por la suma de los elementos de dicha columna. De esta manera, la matriz G se una matriz estocástica en la que la suma de cada columna es igual a 1. La centralidad PageRank en el contexto de insumo-producto considera que la centralidad del sector analizado es alta si el mismo tiene transacciones con otros sectores de centralidad alta.

La utilización del análisis de redes sociales en el marco de la matriz de insumo-producto no es nuevo, se ha aplicado en varios estudios que han cubierto diferentes perspectivas al analizar las redes económicas. La aplicación de las medidas de centralidad permite conocer el nivel de articulación de cada sector con el resto de la economía y su capacidad de influencia en el conjunto de sectores económicos (Blöchl y otros, 2011).

III. Estructura económica de Centroamérica, México y la República Dominicana

El análisis que se muestra a continuación se basa en la matriz de insumo-producto regional para Centroamérica, México y la República Dominicana (MIPCA). En primer lugar, se estudian las relaciones comerciales extrarregionales e intrarregionales de los países de la subregión en términos agregados. En segundo lugar, se analizan las transacciones intersectoriales al interior de la subregión. En tercer lugar, se analiza la forma de articulación sectorial subregional a través del análisis de clústeres. Por último, se describen las cadenas productivas de los sectores maquinaria y equipo, textil y confecciones. Los resultados obtenidos por medio del uso de las técnicas de redes, mostradas en el apartado anterior, permiten identificar las principales características estructurales de las relaciones entre los países y sectores de la subregión.

A. Redes comerciales de Centroamérica, México y la República Dominicana

El estudio de la estructura económica de la subregión comienza por el análisis de los flujos comerciales de exportación e importación intrarregionales y extrarregionales. Los procesos de apertura comercial y de fragmentación de los procesos productivos a escala internacional han provocado que los flujos de importaciones y exportaciones, tanto de insumos intermedios como de bienes y servicios finales, cobren una importancia cada vez mayor en las economías.

En este contexto, dentro de los ocho países que se analizan en este documento, los centroamericanos reportan el mayor nivel de integración regional. Desde la década de 1950, estos países iniciaron esfuerzos para profundizar su integración en diversas áreas, incluido el comercio exterior. En 1960 firmaron el Tratado General de Integración Económica Centroamericana, mediante el que se creó el Mercado Común Centroamericano (MCCA). El proceso de integración ha tenido

altas y bajas a lo largo de las décadas; recientemente se ha fortalecido significativamente con la Unión Aduanera entre El Salvador, Guatemala y Honduras. Actualmente, en América Latina la subregión más integrada comercialmente es Centroamérica.

En línea con la tendencia del comercio mundial, entre 1995 y 2019 las exportaciones de Centroamérica aumentaron un 300%, lo que representa un crecimiento anual promedio del 6,3%. Asimismo, el peso de las exportaciones intrarregionales en las exportaciones totales de Centroamérica aumentó del 22,2% en 1995 al 31% en 2019⁹. El comercio centroamericano se caracteriza por una presencia significativa de intercambio de productos industriales y agroindustriales de baja y mediana tecnología tales como alimentos preparados, plásticos y químicos. Centroamérica tiene un creciente sector exportador de servicios, en el que hay un fuerte peso del sector de viajes. El peso relativo del sector servicios varía según cada país ya que, en el caso de Panamá, los servicios de transporte y logísticas vinculados al canal y los servicios financieros tienen un peso muy importante en el total de sus exportaciones (CEPAL, 2020).

En el gráfico 2 se muestran dos grafos, construidos a partir de la MIPCA, en los que se representan los flujos de importaciones y exportaciones realizadas por los países de la subregión hacia sus socios comerciales (intra y extrarregionales). En el gráfico 2.A se muestran las importaciones y en el gráfico 2.B las exportaciones. Los nodos representan los países o regiones. Las aristas, las líneas que unen a los nodos, representan los flujos de importaciones o exportaciones. El tamaño de los nodos indica el volumen total de importaciones o exportaciones de cada país o región. El ancho de las aristas indica la magnitud del flujo, es decir, la magnitud de importaciones o exportaciones que fluye entre cada par de socios comerciales.

En el gráfico 2.A se muestra la red conformada por las importaciones de los países de la subregión. El primer elemento que se destaca de esta red es la heterogeneidad en el tamaño de los nodos, es decir, la diferencia en el volumen de las importaciones. México es el principal importador de la subregión. Se observa también, por el grosor de las aristas que convergen en dicho país, que las importaciones mexicanas se originan principalmente de los Estados Unidos, China y el resto de Asia. En el resto de los países de la subregión el volumen de importaciones es relativamente similar entre ellos. Si se compara el tamaño de los nodos, según unidad geográfica, se observa que los Estados Unidos, China y el resto de Asia son los principales socios proveedores de la región.

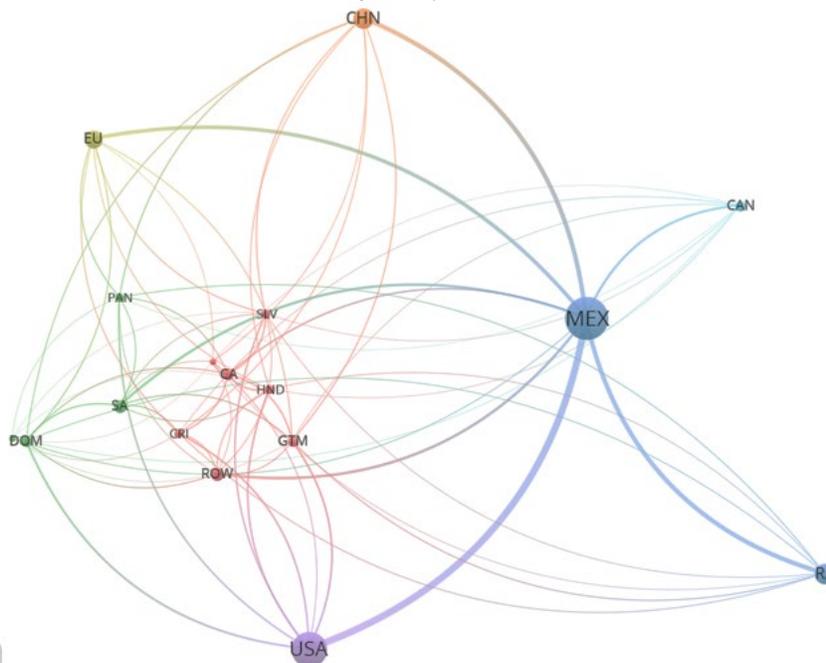
Por su parte, el análisis de clústeres (grupos) evidencia la formación de tres bloques:

- i) el azul formado por México, los Estados Unidos, el Canadá, y el resto de Asia;
- ii) el rojo integrado por Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua, y
- iii) el verde que incluye a Panamá y la República Dominicana.

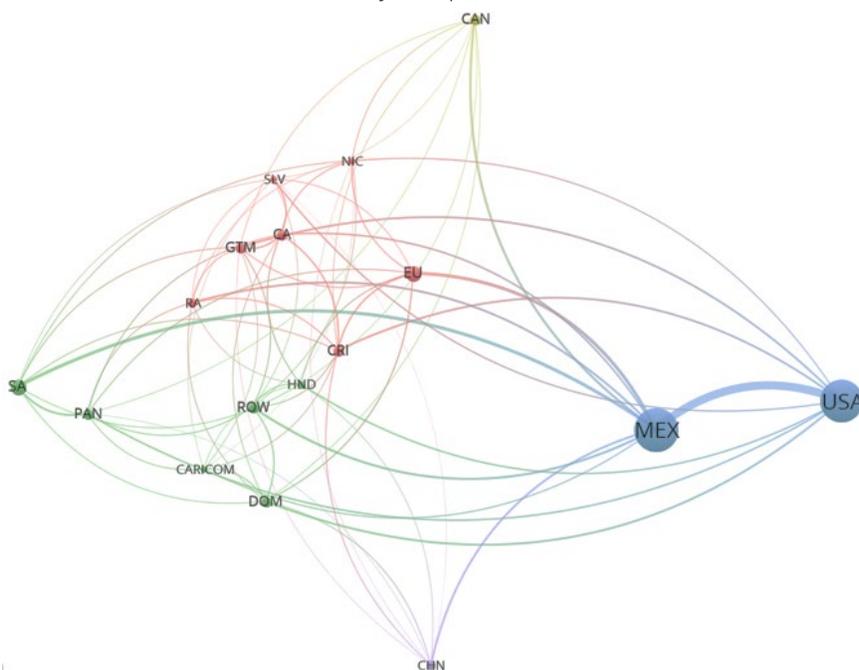
Los bloques conformados por los países centroamericanos, la Unión Europea, China y los Estados Unidos son relevantes por el tamaño de sus enlaces, sin embargo, se muestran como periféricos a la red. Esto ocurre porque la matriz de insumo-producto refleja el comercio intra y extrarregional de los países centroamericanos, pero no refleja las relaciones comerciales de los socios extrarregionales entre sí.

⁹ En 2015 y 2016 la proporción de exportaciones intrarregionales alcanzó récords históricos del 33%.

Gráfico 2
Importaciones y exportaciones de Centroamérica, México y la República Dominicana, 2011
 2.A. Flujo de importaciones



2.B Flujo de exportaciones



Fuente: Elaboración propia, a partir de la matriz de insumo-producto regional de Centroamérica, México y la República Dominicana 2011, elaborada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

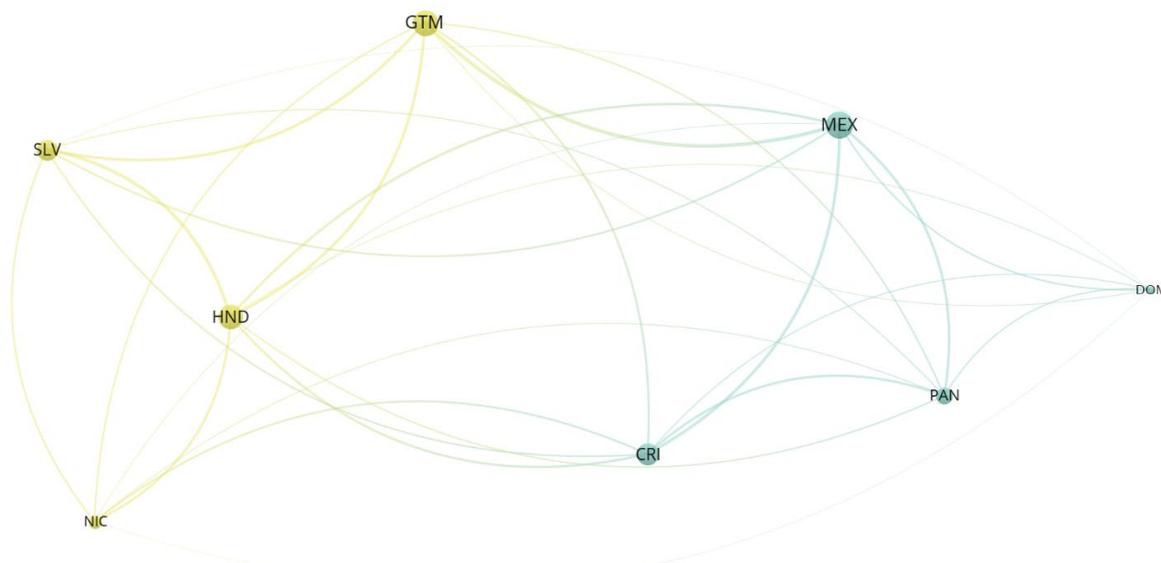
Desde la perspectiva de las exportaciones (véase el gráfico 2.B) se advierte una alta concentración de las exportaciones mexicanas en el mercado estadounidense; en el resto de los países y regiones analizadas se observa un comportamiento más balanceado. El análisis de clúster revela la existencia de tres bloques nuevamente: i) el azul conformado por México y los Estados Unidos;

ii) el rojo, formado por El Salvador, Nicaragua, Costa Rica y la Unión Europea, y iii) el verde formado por Panamá, la República Dominicana, Honduras y América del Sur.

Al comparar la configuración del clúster según el flujo comercial, se observa una mayor diversificación de los destinos de exportación, así como una mayor interacción entre los países centroamericanos mediante las exportaciones. En contraste, México exhibe una alta concentración comercial con los Estados Unidos.

Desde la perspectiva intrarregional (véase el gráfico 3) se observa que México, Guatemala y Honduras son los países con los mayores flujos comerciales intrarregionales. En contraste, la República Dominicana, Nicaragua y Panamá tienen un menor tamaño. En esta red se forman dos bloques, uno en el que Honduras es el centro de la red y tiene intercambios relevantes con Guatemala, El Salvador y Nicaragua, y otro en donde los intercambios más cercanos se hacen entre México, Costa Rica, Panamá y la República Dominicana.

Gráfico 3
Flujos de comercio entre Centroamérica, México y la República Dominicana, 2011



Fuente: Elaboración propia, a partir de la matriz de insumo-producto regional de Centroamérica, México y la República Dominicana 2011, elaborada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

B. Análisis de las transacciones intersectoriales entre Centroamérica, México y la República Dominicana

El primer aspecto que se estudia de la estructura económica intersectorial de la región es la participación de sus sectores en las cadenas regionales de valor (CRV). Las CRV están constituidas por los intercambios intersectoriales de insumos intermedios producidos intrarregionalmente. Por un lado, en una CRV los sectores de cada país pueden participar como compradores de insumos intermedios producidos por diversos sectores en otros países de la región. Por ejemplo, el sector de confecciones de Honduras compra insumos textiles producidos en México y Nicaragua. Por otro lado, los sectores pueden participar en la CRV como vendedores de insumos intermedios a otros sectores en el resto de los países de la región. Con el ejemplo anterior, el sector textil de México y Nicaragua vende insumos intermedios al sector confecciones de Honduras.

Con base en la matriz de consumo intermedio intrarregional Z es posible medir el grado de participación de los sectores económicos en las CRV mediante los siguientes indicadores:

- Participación de las ventas intrarregionales de insumos intermedios sobre el total de las ventas de insumos intermedios. Si CI_i^{TOT} representa las ventas totales de insumos intermedios realizadas por el sector i , definidas por la suma de la fila i de la matriz de consumo intermedio intrarregional y CI_i^{DOM} representa el valor de las ventas de insumos intermedios para consumo doméstico, definidas por la suma de la fila i de la matriz de consumo intermedio doméstico, el indicador de participación de ventas intrarregionales de insumos intermedios del sector i se define como:

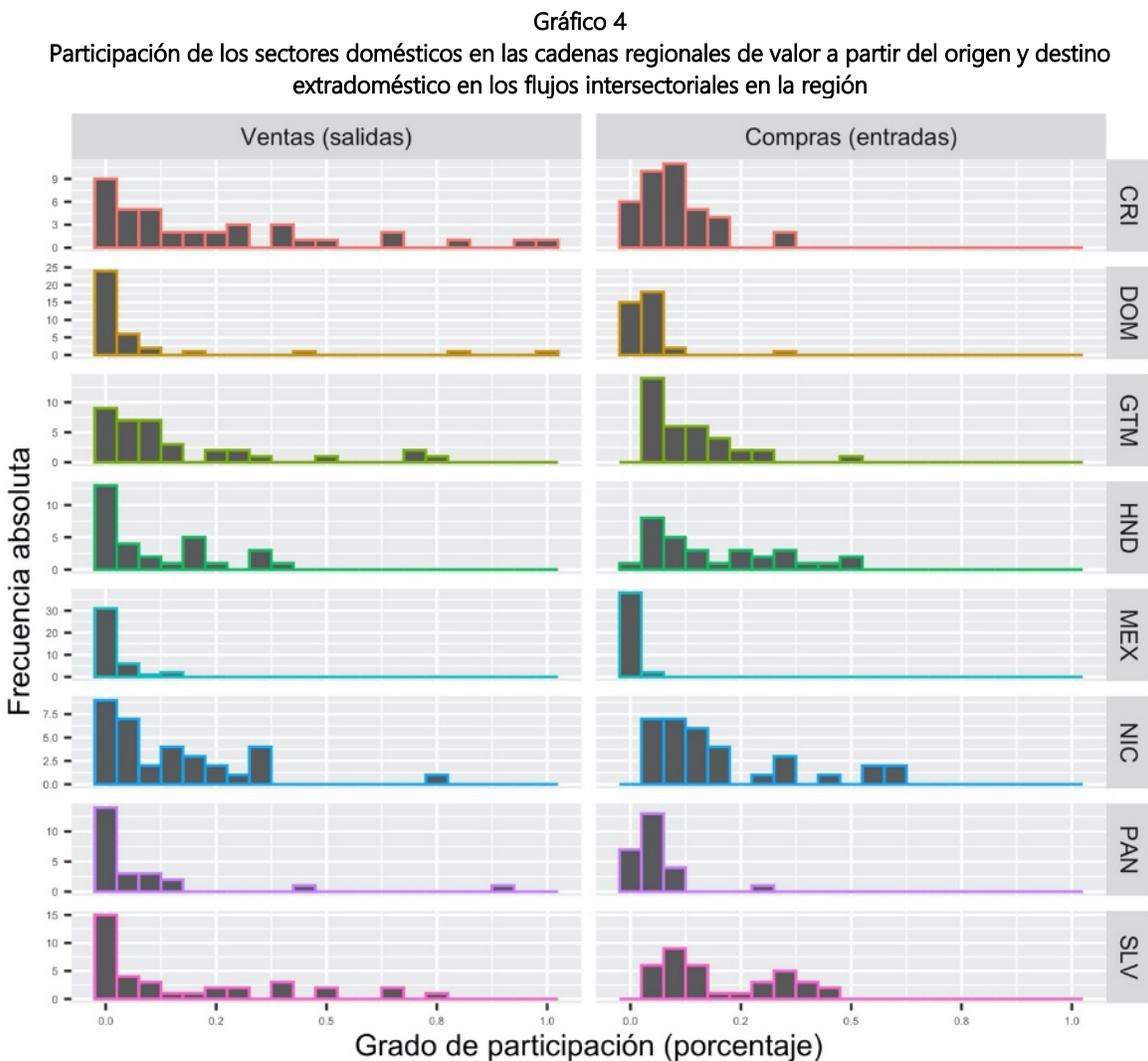
$$b_i^{CI} = \frac{CI_i^{TOT} - CI_i^{DOM}}{CI_i^{TOT}}$$

- Participación de las importaciones intrarregionales de insumos intermedios sobre el total de compras intrarregionales. Si II_j^{TOT} representa el total de las compras de insumos intermedios, definidas por la suma de la columna j de la matriz de consumo intermedio intrarregional, y II_j^{DOM} representa el valor de las compras de insumos intermedios producidos domésticamente, definidas por la suma de la columna j de la matriz de consumo intermedio doméstico, el indicador de participación de las compras intrarregionales de insumos intermedios del sector j se define como:

$$b_j^{II} = \frac{II_j^{TOT} - II_j^{DOM}}{II_j^{TOT}} =$$

En el gráfico 4 se presenta, para cada uno de los países de la subregión, el histograma con las frecuencias absolutas de los indicadores de participación en las CRV. En el eje x se representa el indicador de participación de las compras o ventas. En el eje y se indica la cantidad de sectores que presentan un valor para cada uno de los indicadores. Si los indicadores valen 0, entonces la participación en las CRV es nula, ya que el total de las compras o ventas del sector se destina a satisfacer la demanda doméstica. Por el contrario, conforme los indicadores se aproximan a 1 significa que las compras y ventas del sector tienen un origen o destino intrarregional, respectivamente, y por lo tanto su participación en las CRV se incrementa. En general, para la mayoría de los países los indicadores presentan una concentración en valores relativamente pequeños. Por ejemplo, la gran mayoría de los sectores tienen indicadores de participación menores al 20%. Esto indica que la mayor parte de los sectores están integrados principalmente a las cadenas domésticas.

Al comparar los histogramas de ambos indicadores, se aprecia una notable diferencia. Mientras que el indicador de ventas tiene en el rango más bajo (de 0 a 0,05) su frecuencia más alta, conforme crece el indicador cae su frecuencia de manera rápida para la mayoría de los países. De igual manera, en el indicador de las compras el rango más bajo es también el más frecuente, no obstante, el indicador de las ventas tiene colas mucho más pronunciadas que el de las compras (de ahí que el número de sectores con una participación del 50% o superiores sea mucho mayor en las ventas que en las compras). Estos resultados sugieren que, relativamente, son muy pocos los sectores que proveen insumos intermedios a las CRV. Estos insumos son usados en un amplio número de sectores en la región, pero con un peso menor respecto al uso de insumos extrarregionales.



Fuente: Elaboración propia, a partir de la matriz de insumo-producto regional de Centroamérica, México y la República Dominicana 2011, elaborada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

La comparación de los indicadores entre países muestra la existencia de dos grupos de países. En el primero, compuesto por Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua, se observan distribuciones con mayor dispersión y colas más largas y gruesas. Esto indica que dichos países tienen un mayor grado de participación en las CRV, en consistencia con los patrones de integración comercial mostrados en la sección anterior. En contraste, en el segundo grupo compuesto por México, Panamá y la República Dominicana, se observan distribuciones con una reducida dispersión, lo que indica un menor grado de participación en las CRV.

A continuación, se estudia el grado de conectividad de los sectores en la red de consumo intermedio intrarregional, por medio del análisis de redes de la matriz Z^{10} . Para tal fin se aplican las medidas de centralidad de grado (entrada, salida y total), que son analizadas mediante histogramas de frecuencia.

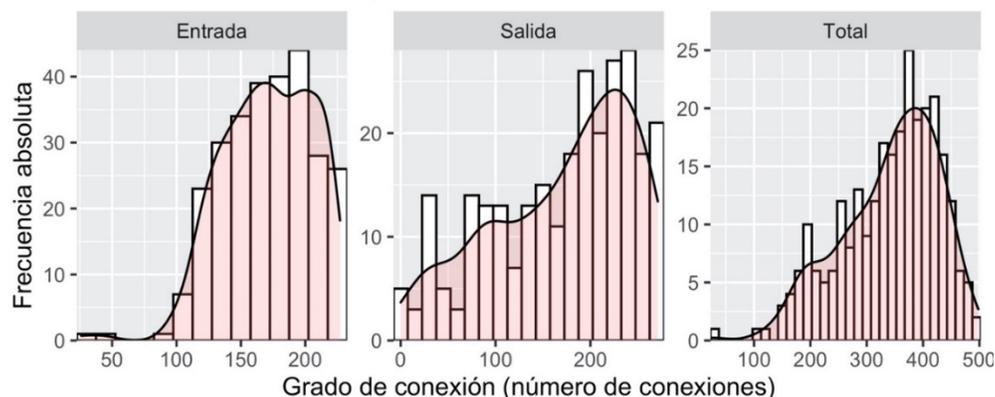
¹⁰ Matriz de consumo intermedio intrarregional.

El primer conjunto de indicadores mide el grado de conexión de los sectores a través de las sumas de filas o por columnas de la matriz de adyacencia de un grafo dirigido no ponderado. Dicha matriz se construye a partir de la matriz consumo intermedio intrarregional Z y sus elementos son binarios, donde 1 indica la existencia de un flujo comercial entre los sectores, sin importar su magnitud, mientras que 0 indica lo contrario. El grado de salida para cada sector de la red está definido por la suma por filas de la matriz de adyacencia mientras que el grado de entrada resulta de la suma por columnas. El grado total está determinado por la suma, sector a sector, del grado de entrada y salida. Si un sector tiene un alto grado de conectividad, entonces significa que el sector es relevante en la red, ya sea como comprador, vendedor o ambos.

En el gráfico 5 se muestra la distribución de los grados de entrada, salida y total de los 273 sectores¹¹ (nodos) que conforman la red de comercio intrarregional. Para cada medida se emplean la distribución de frecuencia y de densidad no paramétrica. Las características cualitativas de estas distribuciones representan características estructurales de la red regional de transacciones intersectoriales. El eje x indica el número de conexiones que cada sector mantiene con el resto de la red, mientras que el eje y muestra la frecuencia absoluta (la densidad está graficada pero su valor no se indica). Los ejes tienen distintas escalas en cada uno de los gráficos. En general, se aprecia que las distribuciones tienen una tendencia a la unimodalidad con sesgo hacia la izquierda.

Gráfico 5

Distribución del grado de conectividad de los sectores en la red de transacciones intersectoriales de la región: matriz de adyacencia direccionada no ponderada



Fuente: Elaboración propia, a partir de la matriz de insumo-producto regional de Centroamérica, México y la República Dominicana 2011, elaborada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Nota: Los grados de conexión de entrada y salida consisten en la suma por filas y columnas de la matriz de adyacencia dirigida no ponderada, respectivamente. El grado total consiste en la suma, sector por sector, de los grados de entrada y salida. La línea continua y el área rosa abajo de ella indican la densidad no paramétrica.

Los grados de entrada (a la izquierda en el gráfico 5) están concentrados alrededor de un número de conexiones entre 180 y 200 con una variabilidad y sesgo limitado¹². Esto indica que los sectores de la red tienen cierto grado de homogeneidad en cuanto al número de estos que proveen insumos intermedios. Los grados de salida presentan una mayor dispersión (menor concentración)

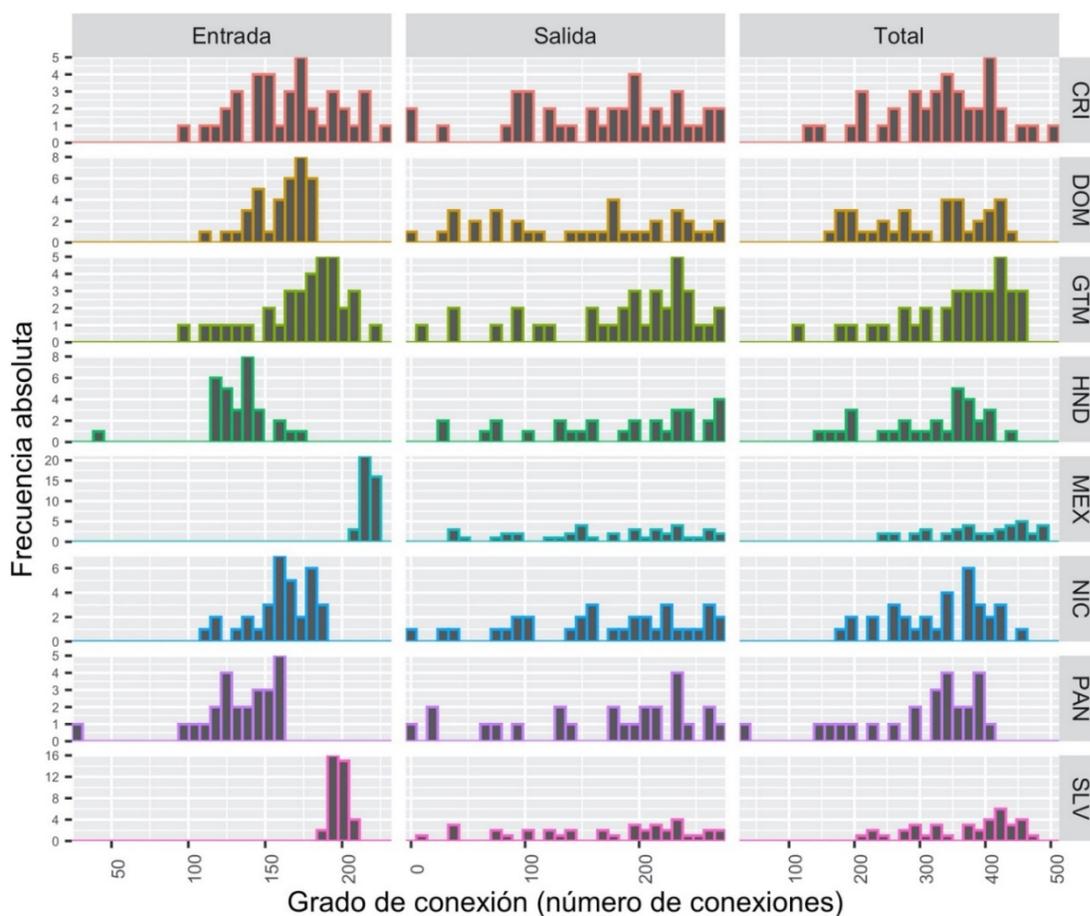
¹¹ La matriz de insumo-producto para Centroamérica, México y la República Dominicana reporta 40 sectores económicos homogéneos entre los ocho países, sumando un total de 320 sectores; de estos, solo 273 sectores registran comercio intrarregional.

¹² La distribución dista considerablemente de la distribución uniforme, la cual tiene la mayor variabilidad medida de acuerdo con su entropía (Kapur y Kesavan, 1992).

y un sesgo negativo (cola a la izquierda) más pronunciado. El valor modal está localizado en un nivel mayor de los grados de salida (entre 220 y 240). La forma de la distribución indica que conforme se tiene un grado de salida mayor es más probable encontrar sectores con este indicador. Este patrón general parece sostenerse hasta estar muy cercano al grado de salida máximo (263). Esto indica que las exportaciones intermedias intrarregionales se distribuyen en una gran cantidad de sectores. Por último, el grado de conexión total, definido como la suma (sector por sector) de los grados de salida y de entrada, presenta una distribución más suave, con mayor simetría y con una concentración en torno a las 400 conexiones.

Dado que las distribuciones no distinguen entre países, el gráfico podría sugerir que al interior de cada país se reproducen los patrones existentes para la red en su conjunto. Sin embargo, en el gráfico 6 se muestra que existe una heterogeneidad considerable entre países. Si bien se observa un cierto grado de concentración en el número de conexiones que se hacen con sectores proveedores (particularmente en comparación con los indicadores de grado de salida y total), existen considerables variaciones en la localización (o medida central), variabilidad y sesgo.

Gráfico 6
Distribución del grado de conectividad de los sectores en la red de transacciones intersectoriales de la región por país: matriz de adyacencia direccionada no ponderada



Fuente: Elaboración propia, a partir de la matriz de insumo-producto regional de Centroamérica, México y la República Dominicana 2011, elaborada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Nota: Los grados de conexión de entrada y salida consisten en la suma por filas y columnas de la matriz de adyacencia direccionada no ponderada, respectivamente. El grado total consiste en la suma, sector por sector, de los grados de entrada y salida.

Así, en México el número de conexiones se concentra entre las 200 y 225, mientras que en Costa Rica el número de conexiones es menor (entre 100 y 200) y tiende a distribuirse de manera normal. Por tanto, la alta concentración con limitada variabilidad en el grado de conexiones de entrada de la red regional parece ser el patrón predominante. El análisis del comportamiento estadístico de los grados de salida a nivel país también ilustra diferencias considerables respecto a la distribución de la red regional. Aunque existe cierta tendencia a que la mayoría de los sectores presenten grados de salida en valores relativamente altos, se observa una gran dispersión en todo el rango de posibles valores.

Hasta este punto se ha estudiado el grado de conexión de los sectores por medio de la matriz de adyacencia no ponderada. A continuación se estudia el grado de conexión de los sectores económicos por medio de la matriz de adyacencia ponderada, es decir, además de considerar la existencia o no de una relación entre los sectores, se incluye el peso de cada una de dichas relaciones, medido por el monto del comercio intersectorial. De esta manera, la matriz de adyacencia direccionada ponderada consiste en la matriz de consumo intermedio intrarregional.

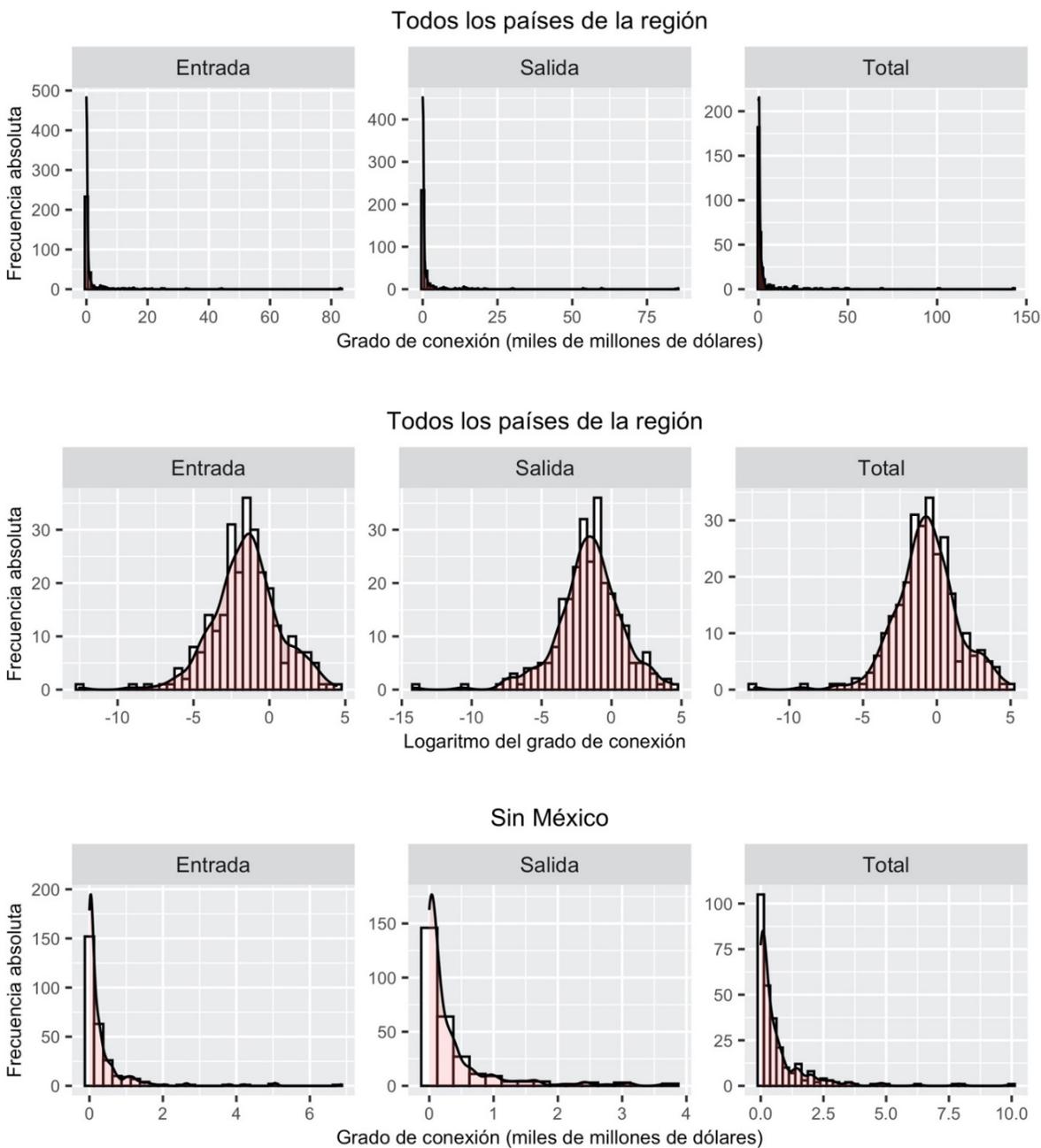
En el gráfico 7 se muestran los histogramas con las frecuencias absolutas y las densidades de los grados de entrada, salida y total, el eje x indica el grado de conexión, mientras que el eje y la frecuencia de sectores. En la primera fila del gráfico 7 se muestran las distribuciones para el conjunto de países de la subregión y se observa que, en fuerte contraste con las distribuciones de los grados basadas en las matrices no ponderadas, las distribuciones de los grados de conexión ponderados por la magnitud monetaria del flujo entre sectores presentan, de manera persistente, una concentración hacia valores relativamente pequeños y un pronunciado sesgo hacia la derecha, con una tasa de decaimiento muy pronunciada. Esto indica que un conjunto pequeño de sectores registra los valores de conexión más altos y el resto se encuentra en valores más moderados. Estas características se observan para los tres indicadores: grado de entrada, salida y total. Por lo tanto, solo un número reducido de sectores mantiene un alto grado de conexión con el resto de los sectores de la red mientras que el resto tienen una importancia muy reducida.

Las distribuciones referidas anteriormente pueden representarse como una distribución normal logarítmica, es decir, una distribución donde el logaritmo de la variable se distribuye de manera normal. Para ver esto, en la segunda fila del gráfico 7 se muestran las distribuciones del logaritmo natural del grado de conexión. Se aprecia una forma acampanada en la distribución con un alto grado de simetría. En los tres indicadores existe una concentración en valores negativos cercanos a cero, lo cual indica que la gran mayoría de las observaciones tiene un valor inferior a los 1.000 millones de dólares.

Cabe preguntarse si este comportamiento estadístico de la red regional es el resultado exclusivo de la gran heterogeneidad en escala que provoca el agrupamiento de México y el resto de los países de la región. En la tercera fila del gráfico 7 se muestran las distribuciones (sin el uso del logaritmo) de los grados de entrada, salida y total sectoriales excluyendo a México. Se aprecia que, si bien la escala de los indicadores se redujo sustancialmente, se sigue presentando el mismo patrón estadístico de concentración en valores relativamente pequeños y con un sesgo positivo considerable. Por lo tanto, la heterogeneidad en la importancia de los sectores en la red de comercio intrarregional, de acuerdo con los indicadores de grado de conexión, parecería ser una característica intrínseca en cada país. En el gráfico 8 se brinda evidencia al respecto: las distribuciones de los tres indicadores para los ocho países muestran características similares a las de la distribución normal logarítmica.

Gráfico 7

Distribución del grado de conectividad de los sectores en la red de transacciones intersectoriales de la región: matriz de adyacencia direccional ponderada

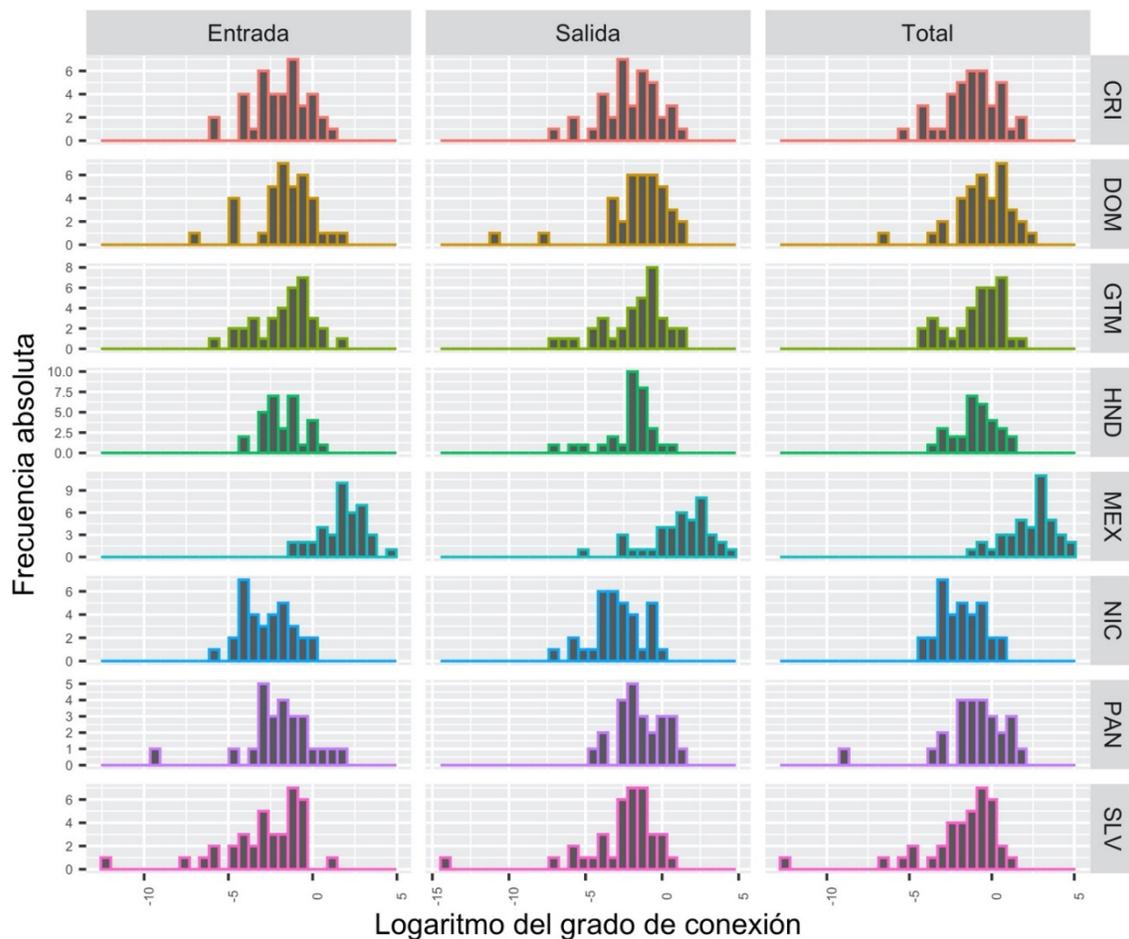


Fuente: Elaboración propia, a partir de la matriz de insumo-producto regional de Centroamérica, México y la República Dominicana 2011, elaborada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Nota: Los grados de conexión de entrada y salida consisten en la suma por filas y columnas de la matriz de adyacencia direccional no ponderada, respectivamente. El grado total consiste en la suma, sector por sector, de los grados de entrada y salida.

Gráfico 8

Distribución del grado de conectividad de los sectores en la red de transacciones intersectoriales de la región por país: matriz de adyacencia direccional ponderada



Fuente: Elaboración propia, a partir de la matriz de insumo-producto regional de Centroamérica, México y la República Dominicana 2011, elaborada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Nota: Los grados de conexión de entrada y salida consisten en la suma por filas y columnas de la matriz de adyacencia dirigida no ponderada, respectivamente. El grado total consiste en la suma, sector por sector, de los grados de entrada y salida.

El análisis estadístico anterior ha brindado información cualitativa de la red al identificar aspectos estructurales (de naturaleza estadística). Una característica de este análisis es que no distingue los valores sectoriales de los indicadores. Es decir, cuando se destaca, por ejemplo, que un número reducido de sectores tiene un grado de inserción en las CRV alto, solo se conoce su frecuencia con respecto al total de los sectores y no qué sectores eran. Con el fin de utilizar el análisis de redes para la identificación puntual de sectores relevantes en la articulación de la red regional de transacciones intersectoriales de insumos intermedios, se analiza a continuación un conjunto de medidas de centralidad, identificando el comportamiento cualitativo de cada sector.

En primer lugar, se estudian las medidas de centralidad de grado de entrada obtenidas a partir de la matriz de adyacencia, que se deriva de matriz inversa de Leontief. Como se detalló en la sección III.A, el elemento i, j de la matriz inversa de Leontief indica la cantidad de insumos

directos e indirectos requeridos al sector i , necesaria para satisfacer una unidad de producto adicional en el sector j . Por tanto, en este análisis la importancia sectorial está asociada con la capacidad de los sectores para transmitir variaciones de la demanda al resto de la economía a través de las relaciones directas e indirectas con todos los sectores.

Mediante un mapa de calor, en el panel izquierdo del gráfico 9 se muestra la importancia relativa de las medidas de centralidad no ponderada. Por otra parte, en el panel derecho se muestra la importancia relativa de las medidas de centralidad ponderada (determinadas por el peso de las participaciones sectoriales en la demanda final). Las 8 columnas en cada panel representan los países de la subregión y las 40 filas corresponden a los 40 sectores reportados en la matriz de insumo-producto regional. El grado de intensidad de los colores (de rojo a verde) indican la magnitud relativa de la centralidad. Así, un valor alto (próximo al rojo) indica que los sectores tienen mayor centralidad y por lo tanto mayor importancia en la articulación de la red, ya que favorece la conectividad del resto de los sectores. Las celdas marcadas con una cruz indican que los sectores no registran valor bruto de la producción.

De acuerdo con lo mostrado en el panel izquierdo del gráfico 9, los sectores asociados al procesamiento de alimentos (sectores 5 al 9) registran en general altos valores relativos en comparación con otros sectores. Para la mayoría de los países, los sectores con los indicadores más altos se encuentran en este clúster de industrias. Una excepción notable es Honduras, donde el sector con mayor centralidad es el textil (11). La lectura por filas del gráfico 9 muestra una persistencia estructural en las características sectoriales a lo largo de los países, es decir, si un sector tiene altos índices de centralidad de entrada en uno o dos países, es probable que los tenga en todos los países restantes. Esto indica que existe cierta homogeneidad en las técnicas de producción y de costos.

En el panel derecho del gráfico 9 se muestra la medida de centralidad de entrada ponderada. La introducción de las proporciones de la demanda final, como elemento ponderador de las relaciones intersectoriales, genera cambios relevantes en la estructura intersectorial de la región. Los sectores asociados al procesamiento de alimento dejan de dominar la clasificación del indicador y ahora son los sectores de servicios los que presentan mayores niveles de centralidad, sobre todo otros servicios (40), con mayor capacidad de arrastre de las economías de la región. No obstante, en comparación con el resto de las manufacturas, los sectores relacionados con el procesamiento de alimentos muestran una posición relativa más favorable. La lectura por filas y por columnas no varía sustancialmente entre países.

El contraste entre las medidas de centralidad no ponderada y ponderada pone de manifiesto las diferencias entre la importancia potencial y real de los sectores económicos. Es decir, aunque un sector muestre una alta cantidad de vínculos con otros sectores, el impacto de dicho sector sobre la actividad económica en su conjunto dependerá del tamaño de su demanda final. Por el contrario, sectores con un valor de centralidad de entrada moderados pueden generar mayores impactos en el resto de los sectores si se considera su importancia relativa respecto a la demanda. Por lo tanto, el contraste entre estos dos indicadores muestra que existen ciertas industrias con un gran potencial de arrastre que podrían ser promovidas a través de la búsqueda de mercado de demanda final intrarregional y extrarregional.

Gráfico 9

Mapa térmico de los indicadores de centralidad de entrada de la matriz inversa de Leontief por sector y por país



Fuente: Elaboración propia, a partir de la matriz de insumo-producto regional de Centroamérica, México y la República Dominicana 2011, elaborada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Nota: La centralidad de entrada consiste en la suma de columnas de la matriz inversa de Leontief. La centralidad de entrada ponderada se refiere a la centralidad de entrada sectorial multiplicada por su participación en la demanda final. Las celdas marcadas con una cruz indican que el sector del país no posee información en la MIPCA. La intensidad de los colores indica importancia relativa dentro de la misma columna, rojo para los valores más altos y verde para los más bajos.

Finalmente, en el gráfico 10 se muestran dos indicadores de centralidad adicionales: el vector propio y el PageRank. El primero consiste en el vector propio de la matriz inversa de Leontief (esta matriz y la matriz de coeficientes técnicos comparten los mismos vectores propios). El segundo cuenta el número y la calidad de los enlaces a un sector como una medida de su importancia. De

manera similar al indicador de centralidad de entrada ponderada, ambos indicadores destacan la importancia para todas las economías de los servicios, sobre todo otros servicios y transporte. Sin embargo, el indicador PageRank da valores relativamente altos a algunos sectores primarios y de procesamiento de alimentos. Estas similitudes en los indicadores se pueden apreciar en el cuadro 2, en el que se presenta la correlación de rangos de Spearman. Con excepción del grado de centralidad de entrada no ponderado, el resto de los indicadores presenta una alta correlación en el ordenamiento de los sectores, que va de 0,81 a 0,89.

Gráfico 10

Mapa térmico de los indicadores de centralidad por vector propio y PageRank por sector y por país de la región



Fuente: Elaboración propia, a partir de la matriz de insumo-producto regional de Centroamérica, México y la República Dominicana 2011, elaborada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Nota: La centralidad por vector propio consiste en el vector propio de la matriz de adyacencia direccionada ponderada asociado al valor propio máximo de esta matriz. Las celdas marcadas con una cruz indican que el sector del país no posee información en la MIPCA. La intensidad de los colores indica importancia relativa dentro de la misma columna, rojo para los valores más altos y verde para los más bajos.

Cuadro 2
Coefficientes de correlación de rango de Spearman de los indicadores de centralidad basados
en la matriz inversa de Leontief

Indicador	Centralidad de entrada no ponderada	Centralidad de entrada ponderada	Centralidad de vector propio	Centralidad PageRank
Centralidad de entrada no ponderada	1	0,29	0,31	0,44
Centralidad de entrada ponderada		1	,088	,089
Centralidad de vector propio			1	0,81
Centralidad PageRank				1

Fuente: Elaboración propia, a partir de la matriz de insumo-producto regional de Centroamérica, México y la República Dominicana 2011, elaborada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

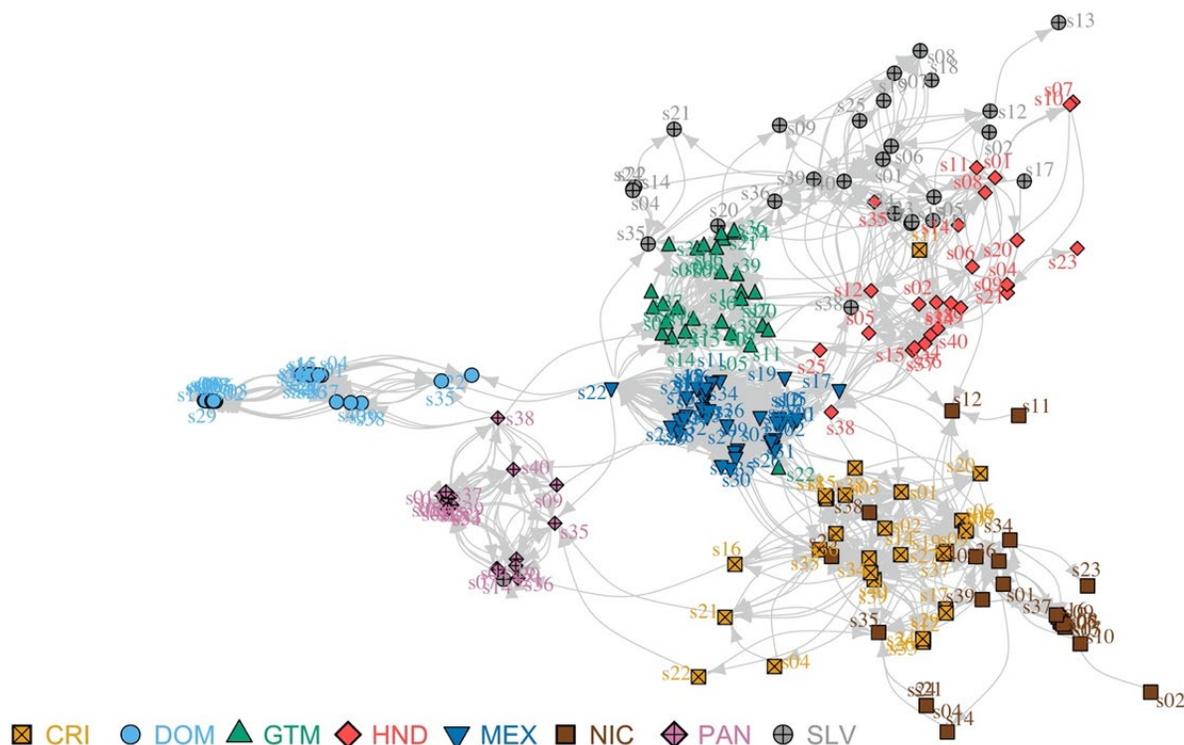
C. La articulación sectorial en los países de Centroamérica, México y la República Dominicana

En esta sección se analiza la articulación sectorial entre los países de la subregión a partir del uso de grafos. Con estas representaciones se visualizan de forma sintética las relaciones de intercambio comercial entre los sectores de actividad económica, tanto al interior de cada país como entre los países de la subregión. El análisis permite identificar el volumen de las transacciones intrarregionales, la magnitud y dirección de los flujos comerciales, y la existencia de conglomerados sectoriales entre países (clústeres). En los gráficos que se muestran a continuación, los nodos (representados por diversas figuras geométricas como círculos, triángulos y cuadrados) representan un país diferente, su tamaño refleja el volumen de transacciones que mantiene con los sectores del resto de los países y el sentido y grosor de las aristas representan la dirección y magnitud de los flujos comerciales, respectivamente.

En el gráfico 11 se presentan los flujos de transacciones comerciales entre sectores, a nivel doméstico e intrarregional, es decir, entre sectores al interior de cada país y también entre los países de la subregión. Destaca que el mayor número de enlaces ocurre al interior de cada país y no entre los sectores de los países, es decir, prevalece el comercio doméstico intersectorial. En estos hechos estilizados sobresale la posición central que tiene México en la red, ubicando al resto de los países alrededor de él. Además, destaca la cercanía entre sus sectores y la densidad de enlaces entre sus propios sectores, lo que indica una integración doméstica relevante con respecto a los demás países.

Panamá y la República Dominicana, nuevamente, muestran un comportamiento cercano entre sí, aunque su conexión parece ocurrir únicamente por el sector finanzas y seguros (38) específicamente. Estos países, además, presentan la menor cantidad de conexiones directas con el resto de los países. Las conexiones directas que se observan son por medio del sector hierro y acero (22) con México y mediante los sectores coque, petróleo refinado y combustible nuclear (16), productos minerales no metálicos (21) hierro y el acero (22) con Costa Rica.

Gráfico 11
Transacciones intersectoriales subregionales



Fuente: Elaboración propia, a partir de la matriz de insumo-producto regional de Centroamérica, México y la República Dominicana 2011, elaborada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

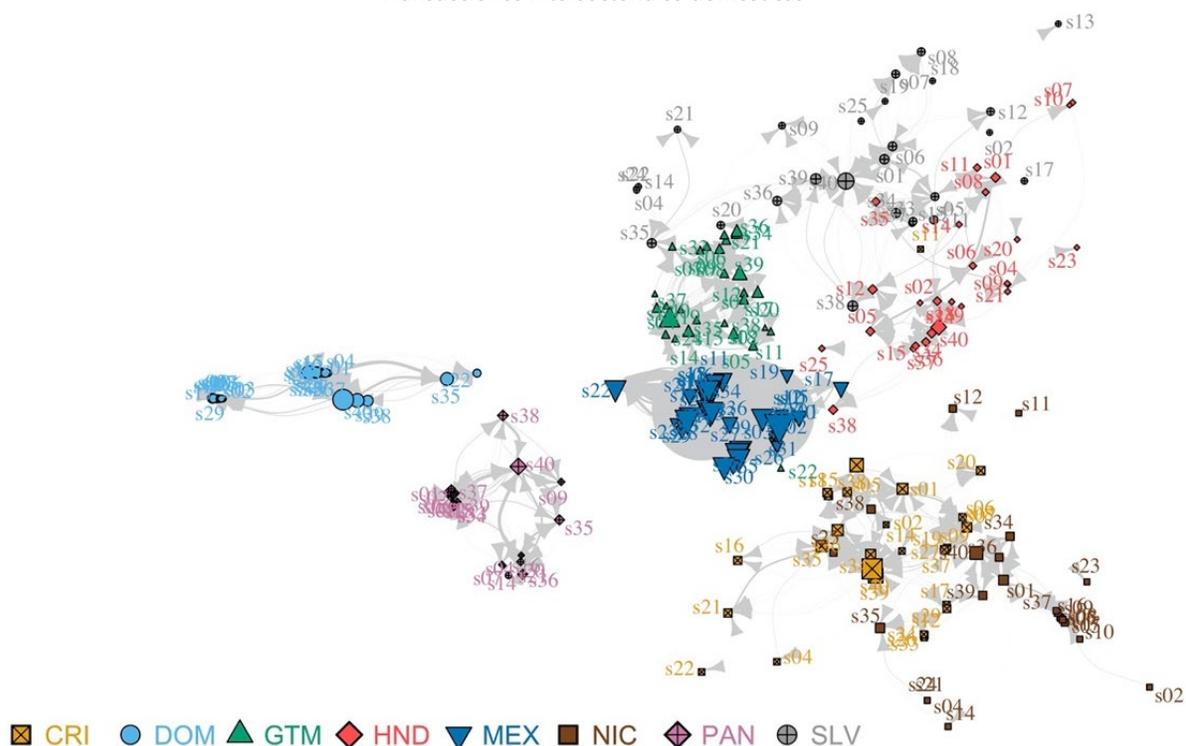
En el gráfico 12 se presentan los países y las relaciones de intercambios comerciales domésticos entre los sectores de actividad económica, mostrando la dirección que sigue el comercio. El tamaño de los nodos hace referencia al peso que representa el comercio de cada sector. Es posible observar que, para todos los países, son muy pocos los sectores que destacan por su mayor tamaño y que se trata en general de sectores de servicios. En el mismo sentido, México destaca nuevamente por ser el país en el que más sectores presentan un tamaño notable y por presentar un número considerablemente denso de relaciones de intercambio. A juzgar por la cantidad de enlaces sectoriales, Panamá y la República Dominicana resaltan por ser las economías menos articuladas a su interior en la subregión.

En el gráfico 13 se muestran las relaciones intersectoriales de los países de la región, prescindiendo de las relaciones nacionales (al interior de cada país), con la finalidad de distinguir algunos patrones de los intercambios entre sectores de los ocho países. Al igual que en el gráfico anterior, en el gráfico 13 se representa los nodos ponderados, indicando la dirección de los flujos y diferenciando su magnitud. En esta ocasión, se observa claramente un flujo relevante entre el sector confecciones (12) de Honduras y otros sectores de Guatemala y de México; asimismo, se distingue cómo el sector textil (11) de El Salvador se relaciona con el sector confecciones de

Honduras y Nicaragua. De esta manera, los sectores textil y confecciones aparecen como sectores que enlazan a los países centroamericanos¹³.

A pesar de que México destaca por el volumen de sus flujos comerciales, al visualizar los intercambios que tiene con la región, la magnitud de los enlaces no es de importancia. Esto evidencia que los flujos comerciales de México con la región, si bien tienen una magnitud y peso importante, no representan un factor de integración regional, a diferencia de algunos sectores del bloque de Honduras, El Salvador y Guatemala. Por otra parte, se ilustra nuevamente la desconexión relativa de la República Dominicana y Panamá¹⁴ por la ausencia de flujos de exportación; los flujos de compras directos provienen de México y Costa Rica y se deben a pocos sectores.

Gráfico 12
Transacciones intersectoriales domésticas

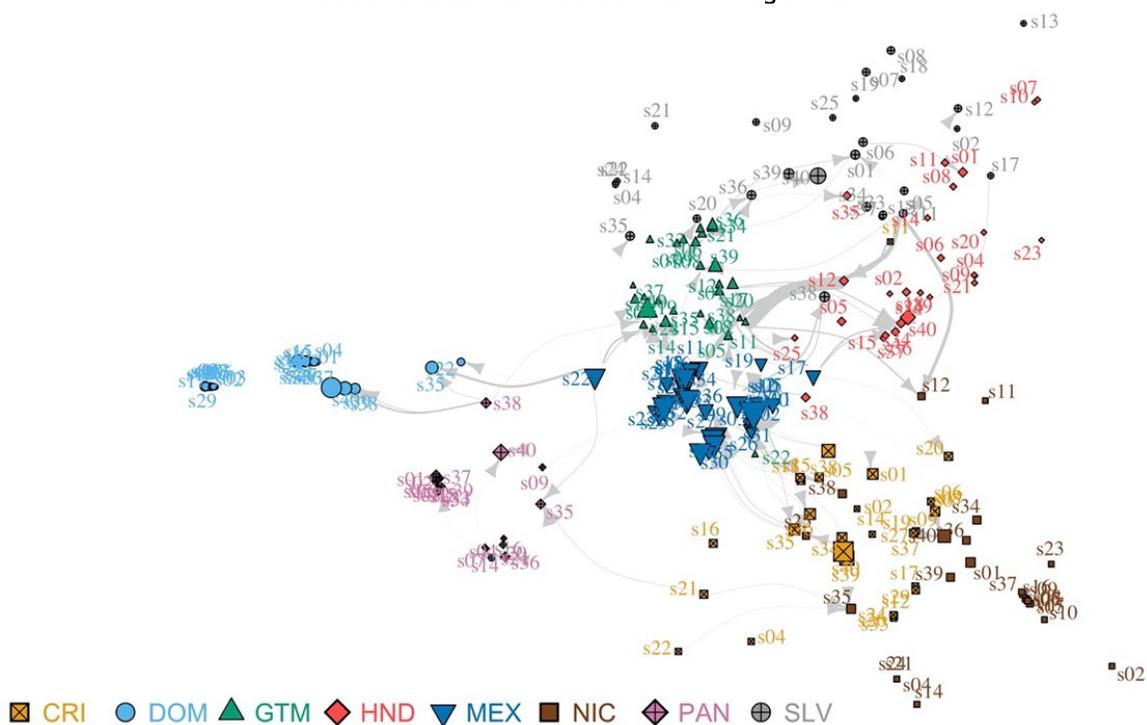


Fuente: Elaboración propia, a partir de la matriz de insumo-producto regional de Centroamérica, México y la República Dominicana 2011, elaborada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

¹³ De acuerdo con la CEPAL (2020), en 2011 las exportaciones del subsector confecciones y textiles tienen un papel considerable en el comercio intra y extrarregional. Específicamente, para El Salvador el subsector textil representa el 15,4% (de las exportaciones extrarregionales) y el 13,7% (de las exportaciones intrarregionales). En Honduras, el subsector de confecciones participa con el 35% de sus exportaciones totales y con el 26% de sus exportaciones intrarregionales. Se suma Guatemala con el 9,6% de participación en las exportaciones extrarregionales y el 13% de participación del subsector textil en las exportaciones intrarregionales.

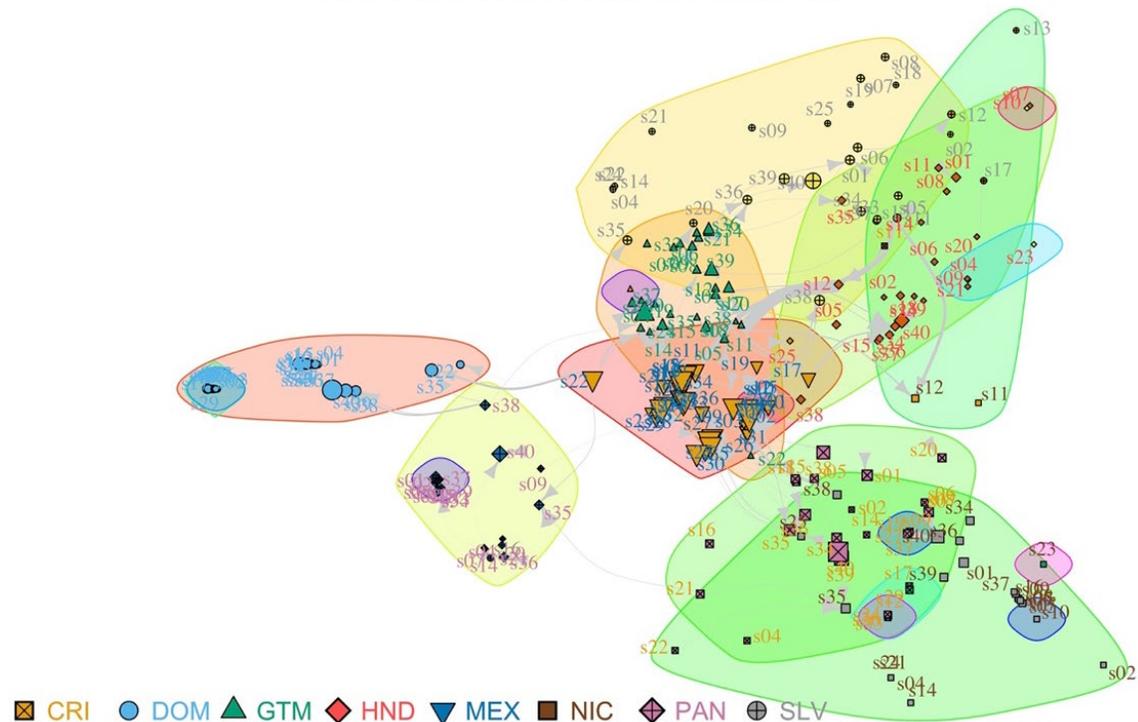
¹⁴ Ya en otros estudios de la CEPAL es posible advertir que para la mayoría de los países centroamericanos, las exportaciones intrarregionales tienen un peso muy relevante: el 54% para El Salvador, el 42% para Honduras, el 37% para Guatemala, el 32% para Costa Rica y el 31% en Nicaragua, entendido como resultado del largo proceso de integración comercial de los países centroamericanos, que desde 1960 firmaron el Tratado General de Integración Económica Centroamericana, mediante el cual se creó el Mercado Común Centroamericano (MCCA). La excepción en Centroamérica es Panamá, dado que solamente el 14% de sus exportaciones se dirigen al resto de los países de la región (CEPAL, 2020).

Gráfico 13
Red de transacciones intersectoriales intrarregionales



Fuente: Elaboración propia, a partir de la matriz de insumo-producto regional de Centroamérica, México y la República Dominicana 2011, elaborada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Gráfico 14
Clústeres de la red de transacciones intersectoriales



Fuente: Elaboración propia, a partir de la matriz de insumo-producto regional de Centroamérica, México y la República Dominicana 2011, elaborada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Hasta ahora se ha analizado la red de conexiones por compras y ventas entre los sectores al interior de los países y entre estos. Sin embargo, los flujos entre los sectores pueden dar pie a la formación de ciertos clústeres que responden a una lógica de cercanía territorial o por el papel de complementariedad que estos pueden representar entre sí para la cadena productiva de un bien o servicio. Para ello, se analizan los mismos grafos revisados anteriormente, identificando distintos agrupamientos.

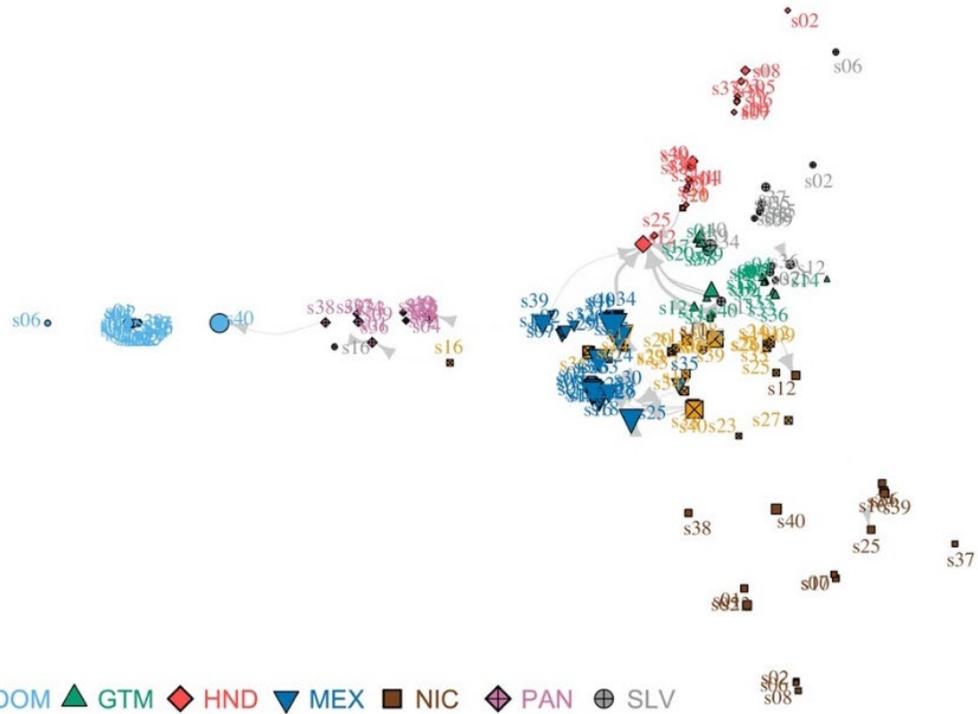
En el gráfico 14 se muestran los clústeres formados en la red de transacciones intersectoriales intrarregionales. Aunque la mayoría de los clústeres se forman al interior de estas redes, existen clústeres de menor tamaño que se forman entre los países de la subregión. Es relevante la comunidad que se forma entre sectores de Honduras, El Salvador y México. Asimismo, destaca el clúster entre Costa Rica y Nicaragua y entre México y Guatemala. Este hecho evidencia nuevamente que la integración regional ocurre en general a través de pocos sectores y entre bloques de países al interior de la región.

A continuación, se busca conocer las magnitudes de las transacciones comerciales en términos de valor agregado y de empleo. Estas nociones son relevantes debido a que, a pesar de que exista un número considerable de intercambios comerciales, su impacto en términos de generación de valor agregado y empleo puede diferir significativamente. Para ello, se estima el valor agregado y el empleo inducido por las exportaciones intrarregionales empleando el modelo de Leontief y se presentan los grafos de redes y los clústeres formados entre los países y sectores de la región para dichas variables.

La red de transacciones en términos del valor agregado muestra una configuración diferenciada con respecto a la red de transacciones intersectoriales. En el gráfico 15 se observa que el centro de la red nuevamente es México, pero el tamaño de los sectores de algunos países se nota considerablemente disminuido para la mayoría de los países. Lo anterior indica que, si bien los montos de valor bruto de la producción intercambiados entre los sectores productivos son importantes, el valor agregado inducido por ese comercio es menor. Adicionalmente, el número de enlaces entre los países es mucho menor. Estos elementos sugieren que las relaciones comerciales entre los países en términos de valor agregado tienen particularidades diferenciadas respecto a los montos intercambiados, es decir, el comercio per se. Asimismo, algunos sectores adquieren dimensiones importantes en términos de valor agregado, como el sector confecciones (12) de Honduras, así como el sector otros servicios (40) de Costa Rica y de la República Dominicana. En términos de los enlaces, estos se encuentran concentrados entre México, Costa Rica y Guatemala.

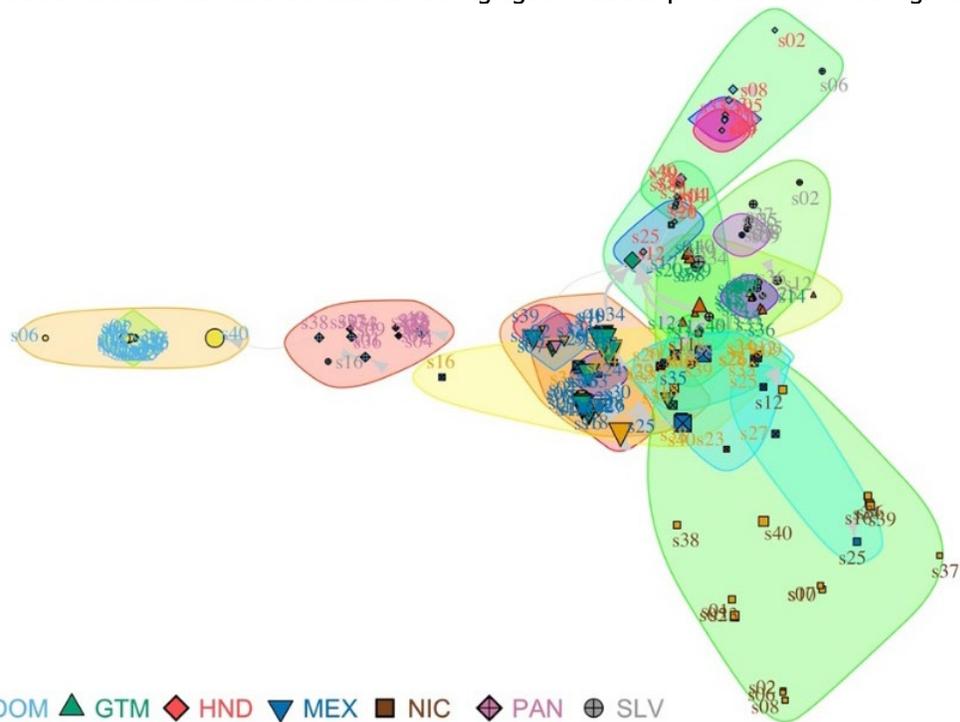
Por su parte, el análisis de clústeres en términos del valor agregado generado por las exportaciones (véase el gráfico 16) evidencia la existencia de conglomerados entre algunos sectores de México, Costa Rica, Honduras, El Salvador y Guatemala, y a su vez los sectores de Panamá, la República Dominicana y Nicaragua forman conglomerados únicamente al interior de cada país.

Gráfico 15
Transacciones intersectoriales de valor agregado inducido por el comercio intrarregional



Fuente: Elaboración propia, a partir de la matriz de insumo-producto regional de Centroamérica, México y la República Dominicana 2011, elaborada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

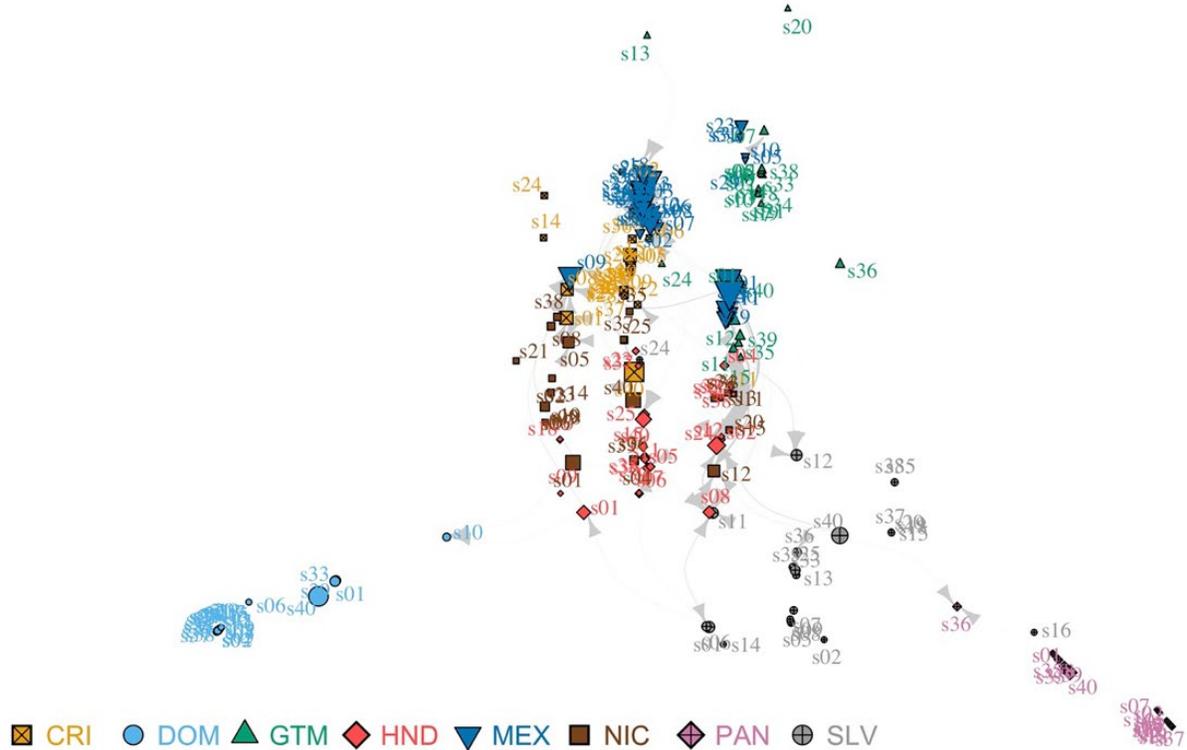
Gráfico 16
Clústeres de la red de transacciones intersectoriales de valor agregado inducido por el comercio intrarregional



Fuente: Elaboración propia, a partir de la matriz de insumo-producto regional de Centroamérica, México y la República Dominicana 2011, elaborada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Al analizar la red en términos del empleo inducido por el comercio se observa que, de forma similar con el valor agregado, el tamaño de los nodos es menor y las conexiones entre los países son pocas (véase el gráfico 17). El acomodo de la red sugiere nuevamente que México es el país central. También se presentan como países cercanos Honduras, Costa Rica, Guatemala y Nicaragua. Este último país destaca por no presentar cercanía en la red de valor agregado ni en la de transacciones intersectoriales, lo que sugiere una menor relevancia del comercio con la subregión en términos de empleo. Por su parte, los sectores de Honduras se muestran más integrados con México, Costa Rica y El Salvador por medio de la generación de empleo, que cuando se analiza la estimación de la generación de valor agregado.

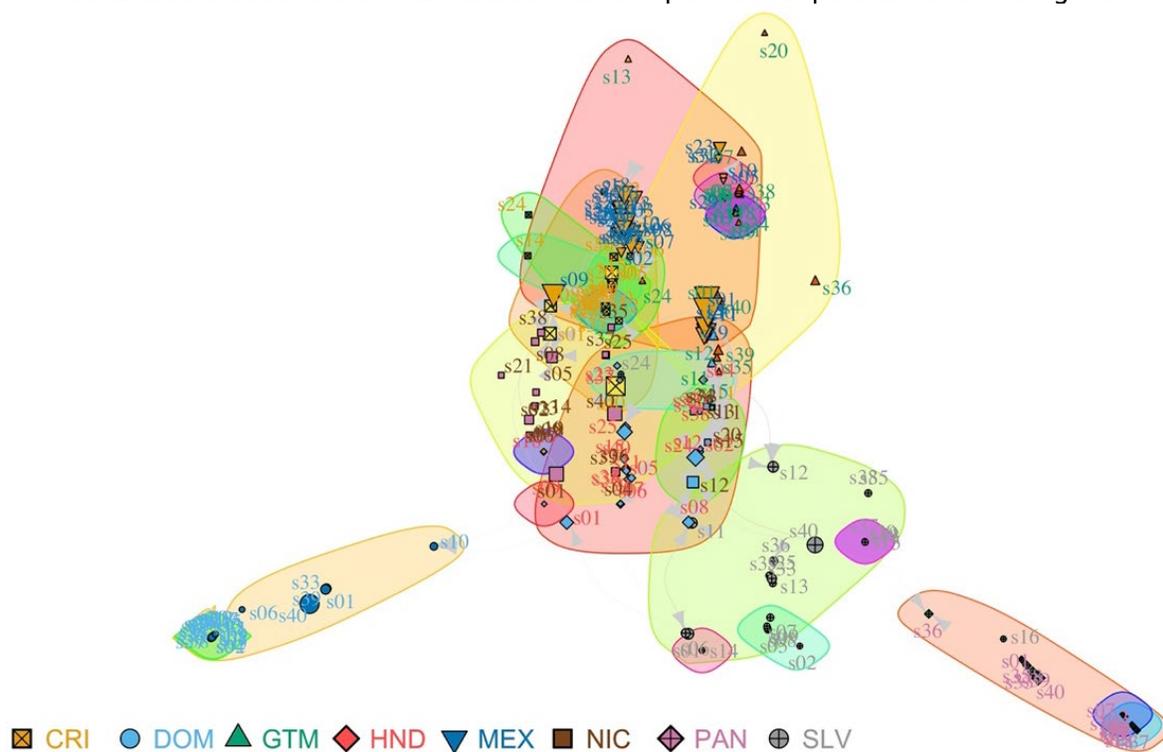
Gráfico 17
Transacciones intersectoriales de empleo inducido por el comercio intrarregional



Fuente: Elaboración propia, a partir de la matriz de insumo-producto regional de Centroamérica, México y la República Dominicana 2011, elaborada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

En el caso de El Salvador, el grafo muestra que la mayoría de sus interrelaciones en la generación de empleo inducido por el comercio están conectadas directamente con Honduras. Por último, destaca también que la República Dominicana y Panamá se encuentran alejados y no resaltan sus vínculos intrarregionales mediante la generación de empleo. Asimismo, los clústeres presentes en la red de empleo inducido por las exportaciones muestran nuevamente cierta desconexión de los sectores de la República Dominicana y Panamá, en tanto que se observa claramente que algunos sectores de México, Costa Rica, Honduras y muy pocos del El Salvador se organizan como comunidades. Asimismo, algunos sectores de Guatemala y México observan un funcionamiento de conglomerado (véase el gráfico 18).

Gráfico 18
Clústeres de la red de transacciones intersectoriales de empleo inducido por el comercio intrarregional



Fuente: Elaboración propia, a partir de la matriz de insumo-producto regional de Centroamérica, México y la República Dominicana 2011, elaborada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

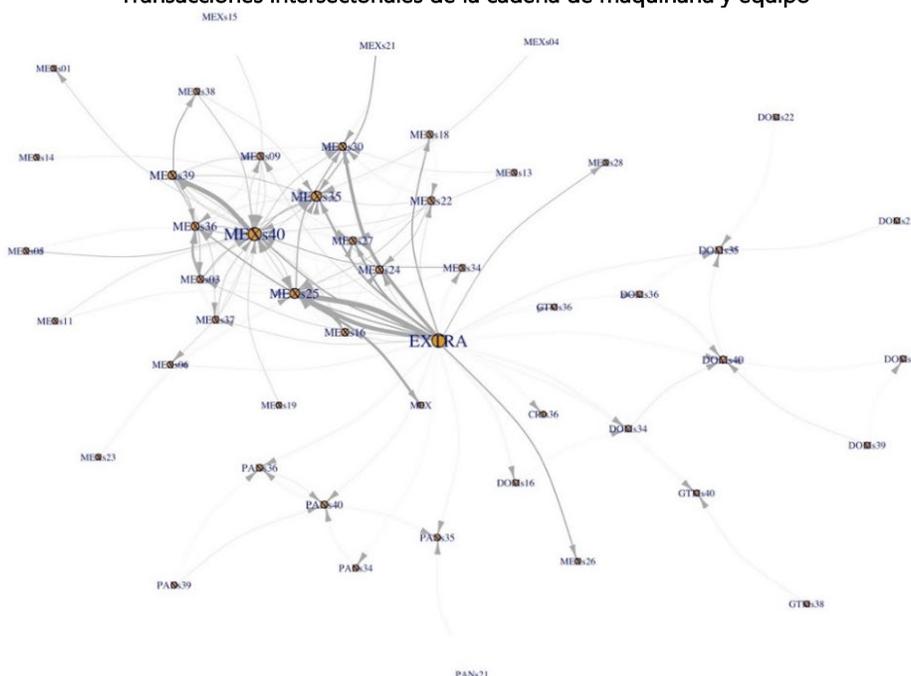
D. Análisis de cadenas productivas de los sectores maquinaria y equipo, textil y confecciones

En esta sección se aplica el análisis de redes y clústeres para el estudio de las cadenas productivas de los sectores maquinaria y equipo (25), textiles (11) y confecciones (12). Este análisis parte de la matriz de consumo intermedio intrarregional. Desde la perspectiva de los sectores analizados, se seleccionaron aquellos que representan el 80% de las compras, es decir, sus proveedores más importantes. Asimismo, se seleccionaron sectores que representan el 80% de sus ventas, es decir, sus clientes más importantes (bajo el criterio de Pareto 80/20). Una vez identificados estos sectores se aplicaron algunos filtros para tener un grafo simplificado y visualmente legible.

En el gráfico 19 se observan las transacciones de compras y ventas entre los sectores relevantes en torno a la cadena de equipo y maquinaria, y destaca notablemente que México domina la red, tanto por el número de conexiones con sectores de este país como por el volumen de las transacciones que se llevan a cabo entre estos. Los principales proveedores y clientes del sector de maquinaria y equipo mexicano con son los sectores asociados a servicios, construcción y vehículos de motor en los que interactúan Guatemala, la República Dominicana y Panamá y pocos sectores de Costa Rica.

Si bien los Estados Unidos son el principal socio comercial en el sector, cuando se analizan las relaciones del sector de maquinaria y equipo en términos del valor agregado inducido por el comercio (véase el gráfico 20), México es el país central en esta cadena y se observan relaciones importantes con sectores de otros países, por ejemplo, los sectores de servicios y de finanzas y seguros de El Salvador.

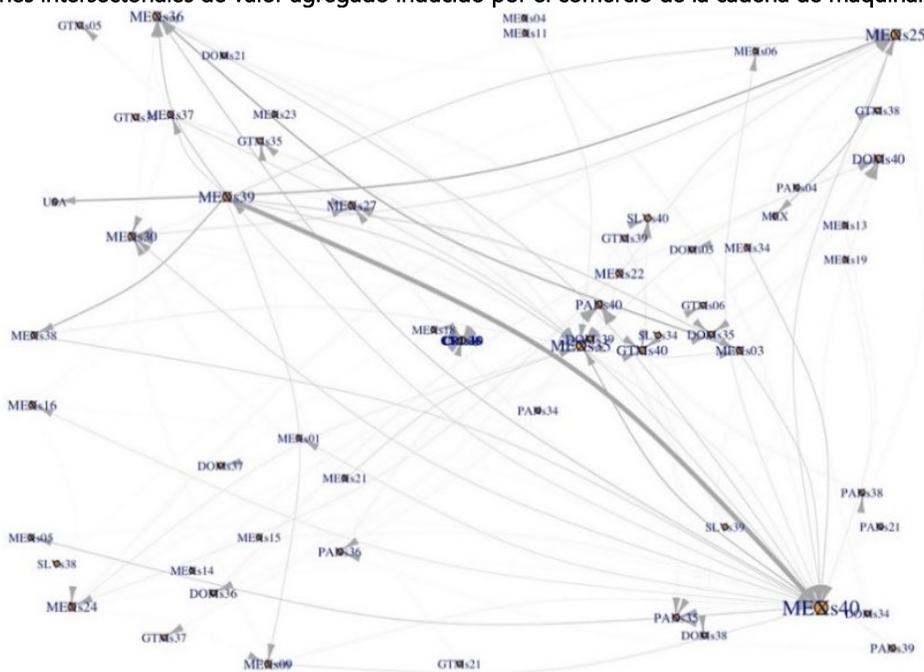
Gráfico 19
Transacciones intersectoriales de la cadena de maquinaria y equipo



Fuente: Elaboración propia, a partir de la matriz de insumo-producto regional de Centroamérica, México y la República Dominicana 2011, elaborada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Nota: Las etiquetas de los nodos hacen referencia al país y al sector económico, el nodo con la etiqueta EXTRA denota las transacciones extrarregionales.

Gráfico 20
Transacciones intersectoriales de valor agregado inducido por el comercio de la cadena de maquinaria y equipo

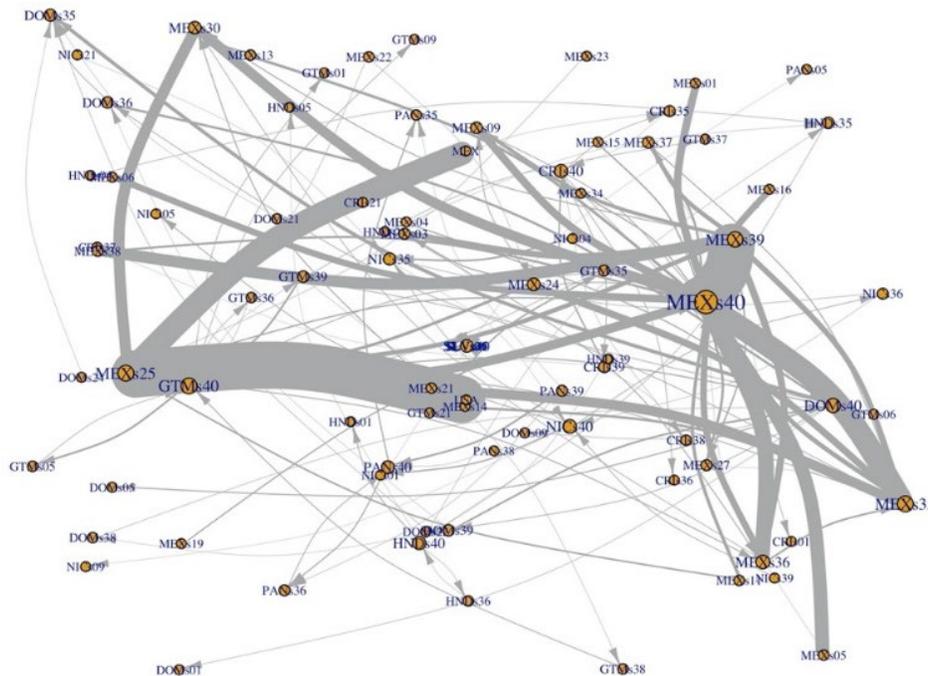


Fuente: Elaboración propia, a partir de la matriz de insumo-producto regional de Centroamérica, México y la República Dominicana 2011, elaborada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Nota: Las etiquetas de los nodos hacen referencia al país y al sector económico, el nodo con la etiqueta EXTRA denota las transacciones extrarregionales.

En el mismo sentido, al analizar la red de empleo inducido por el comercio (véase el gráfico 21), se observa una mayor densidad, es decir, más conexiones sectoriales, y un mayor peso de las aristas (mayor grosor), lo que indica que la cadena de maquinaria y equipo es intensiva en mano de obra.

Gráfico 21
Transacciones intersectoriales de empleo inducido por el comercio de la cadena de maquinaria y equipo



Fuente: Elaboración propia, a partir de la matriz de insumo-producto regional de Centroamérica, México y la República Dominicana 2011 (MIPCA), elaborada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

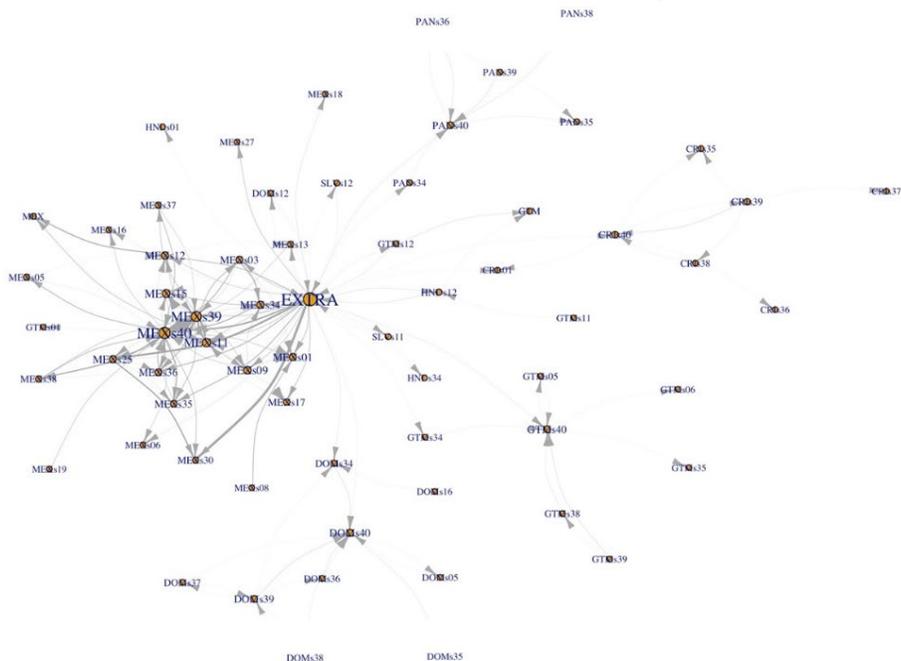
Nota: Las etiquetas de los nodos hacen referencia al país y al sector económico, el nodo con la etiqueta EXTRA denota las transacciones extrarregionales.

Por su parte, en la cadena de textiles y confecciones (véase el gráfico 22) en los Estados Unidos se concentra el mayor volumen de transacciones (compras y ventas). En menor medida, también se observa una participación de los sectores otros servicios y textiles de México. Se identifican también relaciones de compraventa de insumos intermedios entre todos los países de Centroamérica, resaltando las relaciones de los sectores textil (11) y confecciones (12) de Guatemala, Honduras y El Salvador, como proveedores y clientes¹⁵.

En términos del valor agregado y empleo, en los gráficos 23 y 24 sobresalen los flujos entre sectores de México, específicamente entre los sectores otros servicios (40) y servicios a empresas de todo tipo (39). Por otro lado, la cantidad de conexiones intersectoriales entre los países centroamericanos es notablemente mayor a la que se observa en los sectores mexicanos, que sostienen fuertes vínculos domésticos pero que mantienen pocas relaciones con otros sectores de la subregión. En consecuencia, los sectores textiles y confecciones se muestran como agentes articuladores de comercio intracentroamericano, tanto en términos brutos como de valor agregado y empleo.

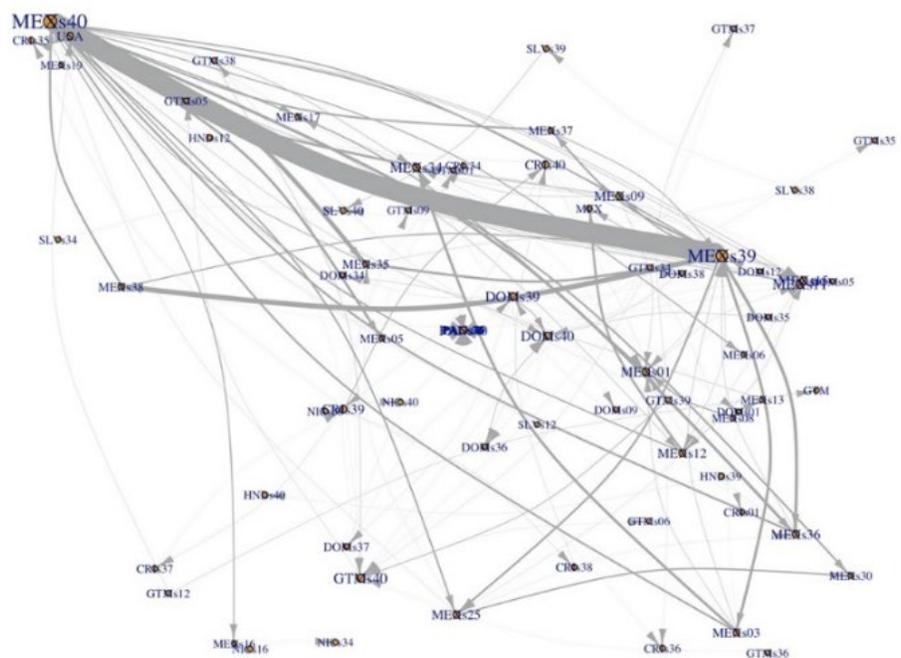
¹⁵ En la década de 1990, el comercio de los países centroamericanos con los Estados Unidos favoreció una recomposición de su canasta exportadora de productos agropecuarios a manufacturas de confección específicamente. Las exportaciones de productos textiles y de confección al mercado de los Estados Unidos se desarrollaron gracias a la atracción de inversiones extranjeras en este campo, favorecidas por regímenes fiscales de importación temporal (CEPAL, 2019).

Gráfico 22
Transacciones intersectoriales de la cadena de textiles y confecciones



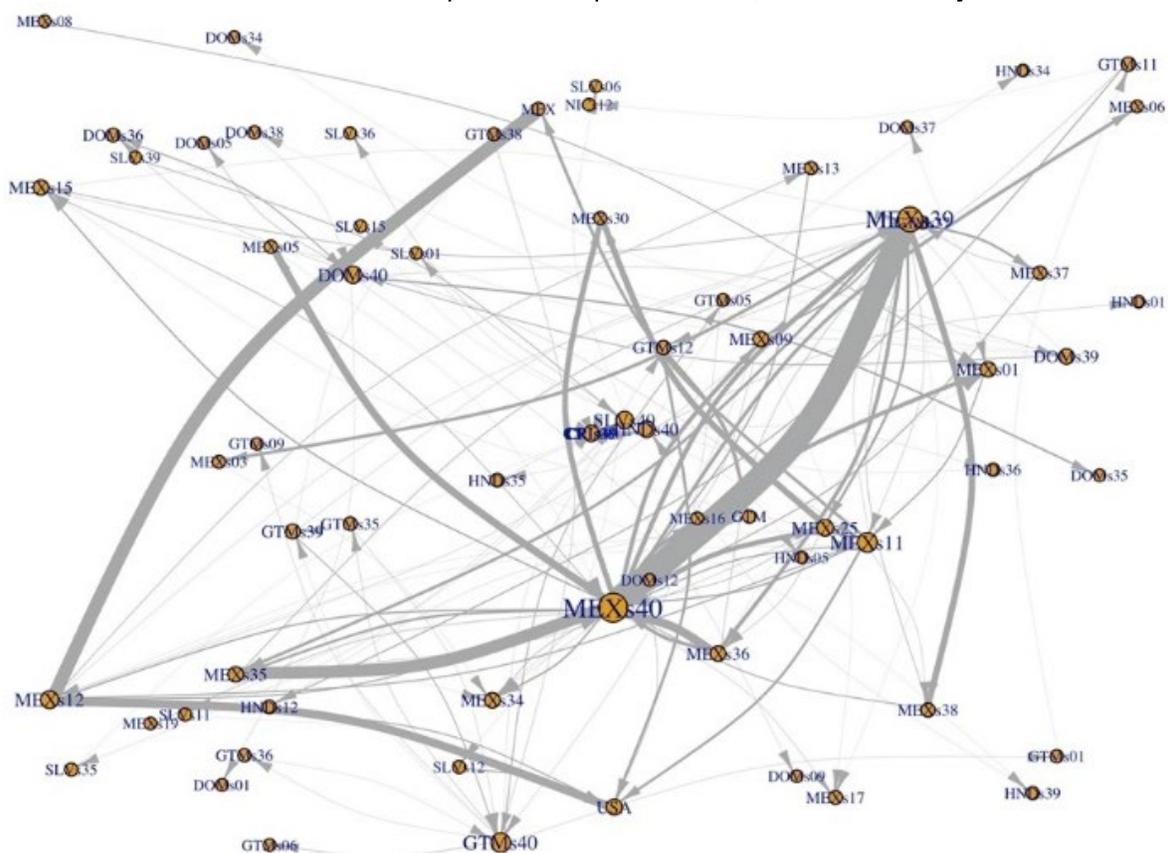
Fuente: Elaboración propia, a partir de la matriz de insumo-producto regional de Centroamérica, México y la República Dominicana 2011, elaborada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
 Nota: Las etiquetas de los nodos hacen referencia al país y al sector económico, el nodo con la etiqueta EXTRA denota las transacciones extrarregionales.

Gráfico 23
Transacciones intersectoriales de valor agregado inducido por el comercio de cadena de textiles y confecciones



Fuente: Elaboración propia, a partir de la matriz de insumo-producto regional de Centroamérica, México y la República Dominicana 2011, elaborada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
 Nota: Las etiquetas de los nodos hacen referencia al país y al sector económico, el nodo con la etiqueta EXTRA denota las transacciones extrarregionales.

Gráfico 24
Transacciones intersectoriales de empleo inducido por el comercio, cadena de textiles y confecciones



Fuente: Elaboración propia a partir de la matriz de insumo-producto regional de Centroamérica, México y la República Dominicana 2011, elaborada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Nota: Las etiquetas de los nodos hacen referencia al país y al sector económico, el nodo con la etiqueta EXTRA denota las transacciones extrarregionales.

IV. Conclusiones

El análisis de redes aporta una perspectiva y metodología complementaria al análisis tradicional de las matrices de insumo-producto regionales, especialmente en el contexto de procesos de apertura comercial y fragmentación de las estructuras productivas, en los que el número de transacciones y la dirección de los flujos presentan múltiples combinaciones, cuya representación e interpretación impone un proceso complejo. El análisis de las conexiones de los componentes de una red de comercio, considerando sus magnitudes y dirección, permite observar sus características estructurales.

El estudio de la matriz de insumo-producto de Centroamérica (Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá), México y la República Dominicana a través de las técnicas de redes sociales permitió identificar patrones estructurales que emergen de las diversas relaciones intra y extrarregionales. La información contenida en la MIPCA permitió construir varias redes sociales, las cuales fueron estudiadas por medio de la elaboración y análisis de grafos y medidas de centralidad. Los nodos de las diversas redes los constituyeron países y sectores de actividad económica, mientras que las relaciones entre los nodos se enfocaron en: i) las transacciones monetarias de insumos intermedios, de exportaciones e importaciones totales; ii) el valor bruto de la producción inducido por la demanda final subregional, y iii) el valor agregado y empleo inducido por las exportaciones subregionales. La construcción y análisis de estas redes sociales tuvo como principal objetivo el estudio de la integración regional entre países y sectores desde diversas perspectivas. Como resultado, tres patrones principales fueron identificados:

- i) Una alta heterogeneidad y concentración de las relaciones comerciales de los países analizados y sus flujos de exportaciones e importaciones agregados. Por ejemplo, México destaca por sus volúmenes de exportación e importación; los Estados Unidos y China son los principales proveedores de insumos intermedios, y los Estados Unidos son el principal mercado destino de las exportaciones. Por otro lado, la heterogeneidad en las magnitudes y origen/destino los flujos agregados de comercio entre los países generaron la formación de tres clústeres: i) México con la región de América del Norte

y Asia, ii) Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua con los mismos países centroamericanos, y iii) Panamá y la República Dominicana entre sí y con el resto de los socios extrarregionales.

En cuanto a las relaciones entre sectores, se detectó un patrón de concentración sectorial en varios indicadores. Por ejemplo, solo un conjunto menor de sectores en la región tiene una orientación hacia las CRV. Para la gran mayoría de los sectores es de mayor importancia el mercado doméstico, tanto por el lado de las ventas como por el lado de las compras de insumos intermedios. Por otra parte, en el estudio de la importancia de los sectores a través de los indicadores de centralidad de diversas redes, pocos sectores presentan niveles de centralidad extremadamente altos, mientras que la gran mayoría presenta niveles bajos. Esta concentración es relativamente homogénea en la región: para la mayoría de los países los servicios presentan los indicadores de centralidad más altos, seguidos de algunos sectores primarios, procesamiento de alimentos y confección.

- ii) Los países y sectores de la subregión presentan una integración limitada. Los Estados Unidos son el principal origen de las importaciones y destino de las exportaciones, mientras que China y el resto de Asia le siguen en cuanto al origen de las importaciones. Las redes de países y regiones, en sus relaciones de exportaciones e importaciones agregadas, mostraron que la subregión constituye un mercado limitado de exportaciones e importaciones para los mismos países de la subregión.

Al considerar las redes cuyos nodos representan los sectores de los países de la subregión, las diferentes relaciones que mantienen entre ellos arrojan el mismo patrón de integración acotada. Como ya se mencionó en el patrón anterior, los sectores están enfocados en la proveeduría de insumos intermedios. Los grafos mostraron que la gran mayoría de las aristas de tamaño significativo, que reflejan las relaciones entre los sectores de importancia, se observa entre sectores del mismo país. Son pocos los sectores que relacionan de manera significativa las economías de la subregión. Los sectores textiles y confecciones, así como algunos servicios y procesamiento de alimentos, juegan un papel relevante en este sentido. Finalmente, los clústeres detectados encapsulan a sectores dentro de una misma economía, sobre todo en los casos de Panamá y la República Dominicana.

- iii) Los países y sectores centroamericanos presentan una mayor integración. No obstante, prevalecen los patrones de integración reducida entre países y sectores (patrón 1) y existe una marcada heterogeneidad (patrón 2). Al considerar las redes de exportaciones e importaciones se observa la conformación de tres clústeres entre los países centroamericanos: i) Costa Rica y Nicaragua, ii) Honduras y El Salvador, y iii) Honduras y Guatemala. Las relaciones entre sectores de diferentes países destacan en los sectores textil y confecciones entre El Salvador y Honduras. México, Panamá y la República Dominicana muestran la menor integración subregional.

Los ejercicios empíricos arrojaron algunas lecciones en cuanto al estudio de las economías de la subregión por medio de las redes sociales:

- Es muy importante que en el estudio de la subregión se construya la red social de forma adecuada, sobre todo la clase de relaciones entre los sectores, y que se escoja el

indicador descriptivo de la red adecuado. Por ejemplo, se obtienen resultados contrastantes con los indicadores de centralidad ponderados y no ponderados: mientras que los últimos indicaban cierto grado de homogeneidad sectorial en la red, los primeros destacan la gran heterogeneidad estructural.

- La centralidad de los sectores clave puede cambiar significativamente cuando la red incorpora información relevante sobre atributos sectoriales (por ejemplo, el tamaño relativo del sector de acuerdo con la demanda final subregional). En el caso del indicador de centralidad de entrada de la red conformada por inversa de Leontief de la matriz subregional (el indicador de encadenamiento hacia atrás total), el sector textil era el más importante en Honduras, mientras que, si se considera el tamaño relativo del sector, el sector confecciones es el que resalta con mayor importancia.
- Finalmente, los grafos de redes intersectoriales, cuyas relaciones indican flujos monetarios de insumos intermedios, mostraban patrones diferentes a aquellas redes cuyas relaciones mostraban el valor agregado y empleo inducido por las exportaciones.

En este documento se muestra el uso del análisis de redes sociales como una aplicación para estudiar la matriz de insumo-producto subregional desde una perspectiva cualitativa, complementaria al análisis de insumo-producto tradicional, que se basa en multiplicadores de comercio y empleo. Si bien existe un traslape en los indicadores, como los multiplicadores y algunas medidas de centralidad, algunos indicadores y herramientas son novedosas, como el de vector propio y el de PageRank y el análisis de grafos para el estudio de las conexiones y agrupamientos entre los sectores.

En el contexto del análisis de insumo-producto, dichos indicadores permiten identificar sectores productivos centrales en la economía, es decir, aquellos sectores que, por la cantidad, calidad y fuerza de sus vínculos, nacionales e internacionales, dinamizan la economía mediante su actividad productiva. La determinación de los sectores centrales (también llamados clave o importantes) se vuelve relevante en el ámbito del diseño e instrumentación de políticas públicas industriales y comerciales, que buscan la participación de estos actores en la densificación de los intercambios nacionales y regionales, con la correspondiente contribución de valor agregado y empleo.

A partir del análisis cualitativo desarrollado en este documento fue posible identificar patrones de comportamiento derivados de las relaciones comerciales entre los sectores y los países que integran la subregión. Tal como lo confirma el volumen de exportaciones brutas, Centroamérica es la región más integrada, sin embargo, prevalece una reducida interacción intersectorial, que impacta negativamente la generación de mayores cuotas de valor agregado y empleo derivadas del comercio.

Bibliografía

- Acemoglu, D. y otros (2015), *Networks and the Macroeconomy: An Empirical Exploration*, NBER.
- Blöchl, F. y otros (2011), "Vertex centralities in input-output networks reveal the structure of modern economies", *Physical Review*, N° 83.
- Bonacich, P. (1987), "Power and centrality: a family of measures", *American Journal of Sociology*, vol. 92, N° 5.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2020), *Estructura comercial y medidas económicas ante la pandemia de COVID-19 en Centroamérica, Cuba, Haití, México y la República Dominicana* (LC/MEX/TS.2020/16), Ciudad de México.
- Cordero, M. (2019), *Relaciones comerciales entre Centroamérica y México* (LC/MEX/TS.2018/32/Rev.1), Ciudad de México.
- Freeman, L. (2004), *The Development of Social Network Analysis*, Empirical Press.
- Grazzini, J. y otros (2015), *An Empirical Analysis of the Global Input-output Network and its Evolution*, DISCE-Working Papers del Dipartimento di Economia e Finanza.
- Gereffi, G., J. Humphrey y T. Sturgeon (2005), "The governance of global value chains", *Review of International Political Economy*, vol. 12, N° 1.
- Kali, R. y J. Reyes (2010), "Financial contagion on the international trade network", *Economic Inquiry*, vol. 48, N° 4.
- Kali, R. y J. Reyes (2007), "Trade structure and economic growth", *The Journal of International Trade & Economic Development*, vol. 16, N° 2.
- Kapur, J. y H. Kesavan (1992), *Entropy Optimization Principles with Applications*, New York, Academic Press.
- Leontief, W. (2017), *La economía como flujo circular*, México, Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Martínez Piva, J. M. (ed.) (2019), *Logros y desafíos de la integración centroamericana: aportes de la CEPAL*, Libros de la CEPAL, N° 156 (LC/PUB.2019/7-P), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Milberg, W. y D. Winkler (2013), *Outsourcing Economics. Global Value Chains in Capitalist Development*, New York, Cambridge University Press.

- Miller, R. E. y P.D. Blair (2009), *Input-Output Analysis. Foundations and Extensions*, Cambridge University Press.
- Newman, M. (2018), *Networks*, Oxford University Press.
- Page, L. y otros (1999), *The Pagerank Citation Ranking: Bringing Order to the Web*, Tech report, Stanford InfoLab.
- Soyyigit, S. y Ç. Boz (2018), "Global input-output analysis: a network approach", *Yildiz Social Science Review*, vol. 3.
- Wasserman, S. y K. Faust (1994), *Social Network Analysis: Methods and Applications*, Cambridge University Press.



El proceso de integración comercial entre Centroamérica y México ha permitido la creación de cadenas regionales de valor entre sectores y países, así como la densificación del entramado productivo regional. En este contexto, han surgido redes de intercambio comercial entre los países que tienen una estructura de conexiones compleja. El objetivo principal del presente trabajo es aplicar el análisis de redes sociales al estudio de las relaciones comerciales intrarregionales y extrarregionales entre los países centroamericanos, México y la República Dominicana, con el fin de identificar los sectores económicos clave en el comercio intrarregional y los clústeres productivos presentes en la subregión.

De los resultados se desprenden tres conclusiones principales. En primer lugar, muy pocos sectores presentan niveles intrarregionales de comercio significativamente altos. En segundo lugar, solo los sectores de textiles y confecciones muestran una relación significativa en términos de comercio intrarregional de bienes intermedios. Por último, el comercio centroamericano tiene un mayor nivel de integración y se observa la existencia de tres clústeres entre los países: i) Costa Rica y Nicaragua, ii) Honduras y El Salvador, y iii) Honduras y Guatemala.

