



**ESTADO
DE LA REGIÓN**

Informe Estado de la Región 2021

Ponencia metodológica

Estimación de encadenamientos productivos, multiplicadores de empleo y redes productivas de la MIPCA2011

Investigadores

Marisol Guzmán Benavides
Karla Meneses Bucheli
Gabriela Córdova Montero

San José | 2021



338 G993e	<p>Guzmán Benavides, Marisol. Estimación de encadenamientos productivos, multiplicadores de empleo y redes productivas de la MIPCA2011 : ponencia metodológica / Marisol Guzmán Benavides, Karla Meneses Bucheli, Gabriela Córdova Montero -- Datos electrónicos (1 archivo : 1.400 kb). -- San José, C.R. : CONARE - PEN, 2021.</p> <p>ISBN : 978-9930-607-07-7 Formato PDF, 29 páginas.</p> <p>1. REDES PRODUCTIVAS. 2. CENTROAMÉRICA. 3. ENCADENAMIENTOS PRODUCTIVOS. 4. ECONOMÍA. 5. INTEGRACIÓN REGIONAL. 6. EMPLEO. I. Meneses Bucheli, Karla. II. Córdova Montero, Gabriela. III. Título.</p>
--------------	--

○

Contenido

Introducción.....	4
Descripción de la Matriz Insumo Producto de Centroamérica, México y República Dominicana 2011.....	4
Encadenamientos productivos	6
Multiplicadores de empleo	13
Análisis de redes	17
Conceptos básicos	17
Análisis local: centralidad de la red	19
Análisis global: características de las redes.....	25
Algoritmo de visualización de redes	26
Bibliografía	28

Introducción

Gracias al esfuerzo realizado entre la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal) y los Bancos Centrales de los países de Centroamérica, México y República Dominicana, se cuenta por primera vez con un matriz insumo producto regional: la Matriz Insumo Producto de Centroamérica, México y República Dominicana (MIPCA2011). Esta permite realizar un análisis comparado de las economías de Centroamérica y República Dominicana.

El presente documento describe los procesamientos de la MIPCA2011 realizados para estimar los encadenamientos productivos y multiplicadores de empleo, así como las redes productivas, a partir de los cuales se generan los principales insumos para el capítulo 8 del Informe Estado de la Región 2021.

Esta ponencia consta de cuatro grandes secciones. En primer lugar, se describe la MIPCA2011, la matriz de datos a partir de la cual se realizan los distintos procesamientos. La segunda parte describe los encadenamientos productivos. La tercera parte se encarga de describir los multiplicadores de empleo y finalmente, la cuarta parte describe aspectos de las estimaciones de redes productivas. En cada sección se incluyen los cuadros que muestran los resultados de las estimaciones realizadas.

Descripción de la Matriz Insumo Producto de Centroamérica, México y República Dominicana 2011

Una matriz insumo-producto es un arreglo ordenado simétrico de flujos que detalla el proceso de producción y la utilización de bienes y servicios que se producen en un país o una región. Las matrices insumo-producto permiten apreciar los componentes de las matrices de oferta, de demanda intermedia, de demanda final y el cuadro de valor agregado, configurándose, como se muestra seguidamente, en una tabla de cuatro submatrices, que nos permiten obtener en forma directa el PIB por el método de producción, tipo de gasto y tipo de ingreso (Schuschny, 2005).

La Matriz Insumo Producto de Centroamérica, México y República Dominicana 2011 es un arreglo de las matrices insumo-producto a nivel nacional y regional. La figura 1 muestra las secciones que comprenden esta matriz. Para efectos de las estimaciones que comprende este documento, se utilizan las transacciones nacionales y no regionales¹. Es decir, los flujos que reflejan las compras y ventas intermedias entre sectores de un mismo país.

¹ Ver Orozco y Minzer (2020); Torres y Zafra (2020); Orozco (2020) y Orozco y Torres (2020) para estudios que utilizan la MIPCA2011 para analizar las relaciones productivas de la región.

Figura 1
Representación de la MIPCA2011

		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}	x_1^r	vbp_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}	x_2^r	vbp_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}	x_1^s	vbp_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}	x_2^s	vbp_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}	x_1^q	vbp_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}	x_2^q	vbp_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		vbp_1^r	vbp_2^r	vbp_1^s	vbp_2^s	vbp_1^q	vbp_2^q					

Fuente: CEPAL.

Estas matrices tienen, además, una apertura de cuarenta sectores homologados. Es decir, en cada matriz nacional se encuentran los mismos cuarenta sectores, comparables entre cada uno de los países incluidos. Debido a esta homologación, en algunos países es posible encontrar sectores que no muestran actividad o generación de valor bruto productivo.

Los sectores productivos además se agrupan en las tres principales ramas productivas: sector primario (agropecuaria), secundario (industria) y terciario (servicios). El cuadro 1 describe estas agrupaciones para cada uno de los cuarenta sectores incluidos en la MIPCA2011. Esta clasificación se utiliza principalmente para realizar comparaciones en el tiempo de la evolución de las estructuras productivas en los distintos países de manera comparativa.

Cuadro 1
Descripción de los sectores de la MIPCA2011

Sector agregado	Descripción del sector	Código
Primario	Agricultura y forestal	1
	Caza y pesca	2
	Minería (energía)	3
	Minería (no energía)	4
Secundario	Carne y derivados	5
	Molinería, panadería y pastas	6
	Azúcar y productos de confitería	7
	Otros productos alimenticios	8
	Bebidas	9
	Productos de tabaco	10
	Textiles	11
	Confecciones	12

Sector agregado	Descripción del sector	Código
	Calzado	13
	Madera y productos de madera y corcho	14
	Pulpa de madera, papel, imprentas y editoriales	15
	Coque, petróleo refinado y combustible nuclear	16
	Productos químicos básicos	17
	Otros productos químicos (excluye farmacéuticos)	18
	Productos farmacéuticos	19
	Productos de caucho y plástico	20
	Productos minerales no metálicos	21
	Hierro y acero	22
	Metales no ferrosos	23
	Productos fabricados de metal (excepto maquinarias y equipos)	24
	Maquinarias y equipos (excluye maquinaria eléctrica)	25
	Equipos de oficina (incluye equipo computacional)	26
	Maquinarias y aparatos eléctricos	27
	Radio, televisión y equipos de telecomunicaciones	28
	Equipo médico e instrumentos ópticos y de precisión	29
	Vehículos de motor, remolques y semirremolques	30
	Aeronaves y naves espaciales	31
	Otro equipo de transporte	32
	Otras industrias manufactureras n.c.p.; reciclaje (incluye muebles)	33
Terciario	Electricidad y gas	34
	Construcción	35
	Transporte	36
	Correo y telecomunicaciones	37
	Finanzas y seguros	38
	Servicios a empresas de todo tipo	39
	Otros servicios	40

Fuente: elaboración propia con datos de CEPAL.

Encadenamientos productivos

Esta sección describe las estimaciones de los encadenamientos productivos. Primero se describen algunos conceptos fundamentales para entender la metodología y posteriormente se muestran los resultados de las estimaciones para los países de interés a partir de la MIPCA2011.

El concepto de encadenamientos fue planteado por Albert O. Hirschman en 1958, en función de la capacidad que tiene una actividad para estimular otras, a través de la interdependencia productiva. Este concepto ha sido ampliamente utilizado para identificar los sectores relevantes o “claves” en el funcionamiento de una economía.

Para la estimación de los encadenamientos se utilizaron los datos de las matrices nacionales, extraídas de la MIPCA2011. Cabe señalar que para los cálculos de la matriz inversa y de los encadenamientos se utilizaron únicamente los sectores de cada país que contaban con la información correspondiente.

Los encadenamientos hacia atrás (*backward linkage*: BL), miden la capacidad de una actividad de arrastrar a otras, a través de la utilización de insumos de dichas industrias y los encadenamientos hacia adelante (*forward linkages*: FL), que miden la capacidad de un sector de estimular a otros, en virtud de su capacidad de ofrecer insumos, es decir, el incremento de la oferta de insumos de una actividad genera un estímulo para las actividades que lo demandan. La estimación de los dos tipos de encadenamientos se realiza a partir de la metodología planteada por Schuschny (2005), a partir de los resultados de la matriz inversa de Leontief

Los encadenamientos hacia atrás se calculan como el efecto de un incremento de una unidad en la demanda final neta de importaciones de un sector j -ésimo, que genera un efecto en la producción igual a la suma de la columna j de la matriz inversa de Leontief. El valor de BL_j muestra los encadenamientos hacia atrás del sector j y define cuánto aumenta (o disminuye) el producto de todos los sectores, ante un incremento (o contracción) de la demanda final neta de importaciones del sector j en una unidad:

$$\Delta X(j) = B \Delta Y(j) = \text{columna } j \text{ de la matriz } B$$
$$BL_j = \vec{1}' B \Delta Y(j) = [\vec{1}' B]_j = \sum_{i=1}^n b_{ij} \quad 1 \leq j \leq n$$

Donde:

- X es el vector de producción
- Y es la demanda final neta
- B es la matriz inversa de Leontief (componente nacional)
- $\vec{1}'$ es un vector columna de unos transpuesto,
- b_{ij} es el elemento ij de la matriz inversa B.

Por su parte, los encadenamientos hacia adelante (FL_i) consideran un incremento unitario en la demanda final neta. Cada fila del vector resultante es la suma de los coeficientes de esa fila de la matriz inversa de Leontief.

$$FL_i = \Delta X = [B \vec{1}]_i = \sum_{j=1}^n b_{ij} \quad 1 \leq i \leq n$$

Cada valor de la FL_i muestra en cuánto el sector i debe aumentar (o reducir) su producción, si la demanda final neta de importaciones de todos los sectores se incrementa (o reduce) en una unidad. Es decir, mide la dependencia que todos los sectores tienen con el sector i .

Los encadenamientos permiten comparar y ordenar a los sectores económicos en función de su impacto, pero no indican si dichos efectos se dispersan a toda la economía. Para realizar una comparación más detallada Rasmussen (1963) propone los índices de “poder de dispersión” y “sensibilidad de dispersión”, que se calculan a partir de los coeficientes de la matriz inversa de Leontief, como un encadenamiento normalizado. El primero se utiliza para medir los encadenamientos hacia atrás, mientras que el segundo estima los encadenamientos hacia adelante.

El índice de poder de dispersión (PD) del sector j , mide (en términos relativos), el estímulo potencial en toda la economía de una expansión unitaria de la demanda final de la rama de actividad j .

$$PD_j = \frac{\frac{BL_j}{n}}{\frac{1}{n^2} \sum_{j=1}^n BL_j} = \frac{BL_j}{\overline{BL}} = \frac{n \sum_i^n b_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij}}$$

Un $PD_j > 1$ implica que la rama j está altamente interrelacionada con el sistema económico, pues una expansión en su demanda final se dispersa al resto del sistema productivo por sobre el promedio, estimulando a la economía. En contraste, un $PD_j < 1$ implica que la actividad tiene un poder de dispersión bajo y una expansión en su demanda tiene débil repercusión en la actividad global.

Por su parte, el índice de sensibilidad de dispersión (SD), considera a los encadenamientos hacia adelante y mide de forma relativa, el estímulo potencial de un crecimiento unitario de toda la economía, sobre la demanda final neta de importaciones del sector i .

$$SD_i = \frac{FL_i}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n FL_i} = \frac{FL_i}{\overline{FL}} = \frac{n \sum_j^n b_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij}}$$

Este índice mide cuán sensible es un sector a cambios generales de la demanda. Si $SD_i > 1$, el estímulo generado por el incremento en la demanda final del conjunto de las actividades productivas es superior al promedio; e inferior si $SD_i < 1$.

A partir de estas dos medidas de dispersión, se puede clasificar a los sectores económicos. Como se señaló se utiliza la clasificación Tipo B planteada por Schuschny (2005), que compara los valores del poder de dispersión y de la sensibilidad de dispersión.

Clasificación sectores Clave Tipo B

	$PD_j < 1$	$PD_j \geq 1$
$SD_i \geq 1$	Estratégicos (o receptores)	Clave tipo B
$SD_i < 1$	Independientes	Impulsores o fuerte arrastre

De acuerdo a la metodología planteada, los sectores se clasifican en cuatro tipos, de acuerdo a los encadenamientos productivos que posean: Clave, Estratégicos, Impulsores e Independientes que corresponden al detalle a continuación:

Clave: sectores que tienen altos encadenamientos hacia atrás y hacia adelante. Un shock positivo en estos sectores se traduce en un crecimiento de todos los sectores relacionados con él.

Estratégicos: Son los que proveen de insumos a otros sectores para la producción de bienes finales, es decir empujan a la economía, por sus altos encadenamientos hacia adelante.

Impulsores: Son los que demandan insumos de otros sectores, también conocidos como de fuerte arrastre (altos encadenamientos hacia atrás).

Independientes: Son sectores que tienen una reducida capacidad de encadenamientos tanto hacia adelante como atrás, también conocidos como sectores isla. Es decir, que su producción de bienes finales no posee una alta demanda insumos de otros sectores de la economía ni tampoco es insumo fundamental para la elaboración de bienes finales de otras ramas de producción local, siendo el mayor destino de su producción la demanda final, por lo que constituyen sectores aislados sin efectos de arrastre significativos.

La clasificación de encadenamientos aquí planteada será la base para analizar de forma comparada la estructura productiva de la región Centroamericana.

Como se mencionó anteriormente, se toma para los análisis la clasificación que se genera al no incluir los sectores sin producción. Esto puede generar discrepancias con las clasificaciones asignadas a partir de las estimaciones que toman en cuenta sectores sin producción. El cuadro 2 muestra las diferencias que se observan entre ambas clasificaciones.

Cuadro 2

Comparación del total de sectores según tipo de encadenamiento, por país al estimar con sectores sin producción en relación a sólo sectores con producción

Sector	Costa Rica		Guatemala		Honduras		Nicaragua		Panamá		República Dominicana	
	40 sectores	38 sectores	40 sectores	35 sectores	40 sectores	30 sectores	40 sectores	33 sectores	40 sectores	24 sectores	40 sectores	36 sectores
s1	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	3	3
s2	2	2	4	4	2	2	2	2	4	4	1	1
s3	4		4	4	4		4		4		4	4
s4	2	2	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4
s5	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2
s6	2	2	2	2	1	3	2	2	2	2	2	2
s7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
s8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
s9	4	4	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2
s10	2	2	2	2	2	2	2	2	4		4	4
s11	4	4	2	2	1	1	4	4	4		4	4
s12	4	4	4	4	3	3	4	4	2	4	4	4
s13	2	4	2	4	2	4	2	4	4		4	4
s14	2	2	2	2	3	4	2	2	2	2	4	4
s15	1	1	1	2	2	4	4	4	2	2	2	2
s16	3	4	4	4	4		3	3	4		3	4
s17	4	4	3	3	2	4	2	4	2		4	4
s18	2	2	4	4	2	4	4	4	2	4	1	2

Estimación de encadenamientos productivos, multiplicadores de empleo y redes productivas de la MIPCA2011

s19	2	4	2	2	2	4	2	4	4	4	2	2
s20	4	4	3	4	4	4	2	4	2	2	2	4
s21	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1
s22	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1
s23	4	4	4	4	2	2	4	4	4	4	2	2
s24	4	4	1	3	4	4	4	4	4	4	4	4
s25	4	4	2	2	4	4	4	4	4	4	2	2
s26	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
s27	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
s28	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
s29	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4
s30	4	4	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4
s31	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
s32	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2
s33	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	4	3
s34	3	3	1	3	3	3	1	1	3	3	1	3
s35	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
s36	3	3	3	3	3	4	1	1	1	3	3	3
s37	1	3	1	2	2	4	2	4	1	4	2	2
s38	1	1	1	1	3	3	1	1	1	3	3	3
s39	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
s40	3	3	3	3	3	3	1	3	1	3	3	3

Nota: 1: Clave; 2: Impulsor; 3: Estratégico; 4: Independiente
Fuente: Elaboración propia con datos de la MIP 2011, Cepal.

En el cuadro 3 se muestran los resultados obtenidos por tipo de encadenamiento que se utilizarán para los distintos análisis que incluye el Capítulo 8 sobre estructuras productivas del Informe Estado de la Región 2021.

Cuadro 3
Clasificación de encadenamientos productivos, por país

Clasificación:

Estratégicos	Impulsores	Claves	Independientes
--------------	------------	--------	----------------

Sector	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	República Dominicana
1	Estratégicos	Estratégicos	Estratégicos	Estratégicos	Estratégicos	Claves	Estratégicos
2	Impulsores	Independientes	Independientes	Impulsores	Impulsores	Independientes	Claves
3			Independientes				Independientes
4	Impulsores	Independientes	Independientes	Estratégicos	Independientes	Independientes	Independientes
5	Impulsores	Impulsores	Impulsores	Impulsores	Impulsores	Impulsores	Impulsores
6	Impulsores	Impulsores	Impulsores	Estratégicos	Impulsores	Impulsores	Impulsores
7	Impulsores	Impulsores	Impulsores	Impulsores	Impulsores	Impulsores	Impulsores
8	Impulsores	Impulsores	Impulsores	Impulsores	Impulsores	Impulsores	Impulsores
9	Independientes	Impulsores	Impulsores	Independientes	Impulsores	Impulsores	Impulsores
10	Impulsores	Impulsores	Impulsores	Impulsores	Impulsores		Independientes
11	Independientes	Claves	Impulsores	Claves	Independientes		Independientes
12	Independientes	Impulsores	Independientes	Estratégicos	Independientes	Independientes	Independientes
13	Independientes	Independientes	Independientes	Independientes	Independientes		Independientes
14	Impulsores	Impulsores	Impulsores	Independientes	Impulsores	Impulsores	Independientes
15	Claves	Claves	Impulsores	Independientes	Independientes	Impulsores	Impulsores
16	Independientes	Impulsores	Independientes		Estratégicos		Estratégicos
17	Independientes	Independientes	Estratégicos	Independientes	Independientes	Impulsores	Independientes
18	Impulsores	Independientes	Independientes	Independientes	Independientes	Independientes	Impulsores
19	Independientes	Impulsores	Impulsores	Independientes	Independientes	Independientes	Impulsores
20	Independientes	Estratégicos	Independientes	Independientes	Independientes	Impulsores	Independientes
21	Impulsores	Impulsores	Claves	Claves	Impulsores	Impulsores	Claves
22	Independientes	Estratégicos	Independientes		Independientes	Independientes	Claves
23	Independientes	Independientes		Impulsores	Independientes		Impulsores
24	Independientes	Independientes	Estratégicos	Independientes	Independientes		Independientes
25	Independientes	Independientes	Impulsores	Independientes	Independientes		Impulsores
26	Independientes						
27	Independientes	Independientes	Independientes				Independientes
28	Impulsores						

Sector	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	República Dominicana
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							

Fuente: Elaboración propia a partir de la MIPCA2011

Multiplicadores de empleo

Una forma de analizar el impacto e importancia de un sector en la economía es a través de la estimación de los multiplicadores o encadenamientos de empleo, que miden el impacto de las variaciones de la demanda final sobre el empleo en cada sector; es decir permiten anticipar los efectos en el empleo de un sector cuando varía la producción de otro. El análisis de impacto desde la óptica laboral es una herramienta importante en la toma de decisiones, sobre todo en la elección de los sectores a impulsar con políticas públicas, porque permite comparar los sectores de mayor incidencia en el empleo con los de mayor potencial productivo.

Los encadenamientos de empleo permiten evaluar los efectos de una actividad que crece sobre la cantidad de empleo total que se genera. En este sentido, al estimar los multiplicadores de empleo se captura el impacto de la creación de un nuevo puesto de trabajo (en respuesta a una mayor demanda final), en el nivel de empleo total de la economía. Para estimar los encadenamientos de empleo se requiere calcular multiplicadores de empleo

El multiplicador de empleo más utilizado es el normalizado o tipo I (Me), que mide el incremento total del empleo en la economía, resultado de un aumento de la demanda final neta de importaciones, que origina la creación de un nuevo puesto de trabajo en el sector j (Schuschny, 2005).

Los multiplicadores de empleo, al igual que los encadenamientos productivos, nacen de la matriz inversa de Leontief de componente nacional (de aquí en adelante B), pero incorporan la definición del vector fila de coeficiente de requerimientos directos de empleo (λ), que mide el número de empleados por cada unidad monetaria de producción de cada sector:

$$\lambda_i = \frac{n_i}{X_i}$$

Donde n_i es el nivel de empleo del sector i y X_i es la producción del producto.

Para la estimación de este vector se recomienda el uso de empleo equivalente a tiempo completo en el cálculo del total del empleo por rama de actividad económica (n_i), para facilitar la comparación internacional (Schuschny , 2005). Sin embargo, la forma más común de medirlo es contabilizando los empleos a tiempo parcial como la mitad de un puesto de trabajo a tiempo completo. En este caso, se utilizará la información del personal ocupado, que no diferencia entre empleo a tiempo completo y parcial, reportada en la Matriz Insumo Producto de cada país de Centroamérica.

A partir del vector de coeficientes directos de empleo (λ), se calcula el vector de efectos empleo (E^e), que mide el impacto sobre el nivel de empleo generado por el cambio unitario de la demanda final del producto de un sector (j). Este resulta de pre-multiplicar el vector fila λ por la matriz inversa de Leontief (B):

$$E^e = \lambda B \quad \text{es decir o} \quad E_j^e = \sum_{i=1}^n \lambda_i b_{ij}$$

Finalmente, el multiplicador de empleo (M^e), resulta de la división del vector de efectos empleo para el vector de coeficientes de empleo, matemáticamente:

$$M^e = E^e \lambda^{-1} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i b_{ij}}{\lambda_j}$$

Este multiplicador utiliza como denominador al efecto de empleo inicial (en lugar del valor por unidad monetaria inicial de la producción), por lo que se conoce como multiplicadores “normalizados” (Miller y Blair, 2009).

En síntesis, en cuanto a los encadenamientos de empleo se estiman tres variables (Meneses y Córdova, 2018):

- Los coeficientes directos de empleo (λ), que en este caso representan el número de empleados por cada millón de dólares de producción.

- Los efectos de empleo (E^e), que identifican la generación de empleo (sin distinguir entre empleo directo e indirecto) que genera el impulso de una unidad monetaria de la demanda final.
- Los multiplicadores de empleo (M^e), que señalan cuántos trabajadores se contratarán en el país, si el sector j emplea un trabajador adicional en respuesta al aumento de su demanda final.

Para facilitar el análisis se dividen en tres grandes grupos (alto, medio y bajo) a los sectores productivos de acuerdo con el valor de su multiplicador de empleo². Se considera que un sector tiene:

Alta capacidad para multiplicar el empleo cuando por cada nuevo trabajador dedicados a la actividad de producción (originados por el incremento de su demanda final), se crean más de 5 nuevos puestos de trabajo (directo e indirecto), es decir, el criterio de selección agrupa a los sectores con multiplicadores mayores a 5.

Media capacidad para multiplicar el empleo cuando por cada nuevo trabajador dedicado a la actividad de producción (originados por el incremento de su demanda final), se crean entre 2 a 5 nuevos puestos de trabajo (directo e indirecto), es decir, el criterio de selección agrupa a los sectores con multiplicadores mayores a 2 y menores o iguales a 5.

Baja capacidad para multiplicar el empleo cuando por cada nuevo trabajador dedicados a la actividad de producción (originados por el incremento de su demanda final), se crean al menos un nuevo puesto de trabajo (directo e indirecto), en es decir el criterio es que el multiplicador sea menor o igual a 2.

En el cuadro 4 se muestran todos los multiplicadores de empleo, para todos los países, con su respectivo nivel de capacidad de multiplicar.

² En general, la interpretación del multiplicador es que por cada empleo nuevo en ese producto (originados por un aumento de su demanda final), se genera un número de empleos indirectos iguales al valor del multiplicador menos 1. El efecto en el empleo total es la suma de los empleos directos e indirectos.

Cuadro 4
Clasificación de multiplicadores del empleo, por país

	Bajo (2 o menos)	Medio (entre 3 y 5)	Alto (más de 5)				
Sector	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	República Dominicana
1	1.2	1.1	1.0	1.1	1.2	1.2	1.1
2	1.3	1.0	1.0	1.5	1.2	1.2	1.3
3			3.4				1.3
4	2.7	1.3	1.1	1.2	1.0	2.0	2.5
5	4.4	10.0	3.9	7.3	14.3	5.9	9.3
6	2.4	1.5	1.8	1.6	3.4	10.3	16.0
7	3.1	12.8	2.7	4.8	8.9	3.5	2.1
8	3.4	5.2	3.2	24.9	2.9	2.7	4.7
9	2.7	4.0	3.3	3.1	22.5	4.3	2.8
10	2.5	1.0	2.8	2.5	4.0		
11	1.2	2.3	1.3	4.6	1.1		1.1
12	1.3	1.3	1.2	1.4	1.3	1.1	1.3
13	1.3	1.4	1.3	1.3	1.3		1.3
14	1.9	1.7	2.2	1.1	2.4	2.0	1.1
15	1.7	2.2	1.4	1.9	1.3	1.7	1.9
16	3.4	4.2	3.2		6.5		2.1
17	2.4	2.4	2.3	2.7	5.0	0.0	1.6
18	2.0	1.6	1.6	2.8	1.1	4.9	3.6
19	1.8	1.8	1.7	2.0	1.6	2.6	1.8
20	1.7	1.8	1.6	1.5	1.8	2.0	1.9
21	2.1	1.8	1.5	2.4	2.0	3.1	3.1
22	2.9	2.0	1.4		3.7	1.9	1.9
23	3.7	1.8		44.3	1.7		2.7 ³
24	1.3	1.1	1.4	1.2	2.0		1.3
25	1.8	1.2	1.2	1.7	2.0		1.7
26	1.5						
27	1.8	1.3	1.2				2.1
28	2.6						
29	1.6	1.1	1.2				1.5

Sector	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	República Dominicana
30	1.6	1.1	1.3				
31		1.0					
32	1.7	1.2			1.4		8.6
33	1.5	1.3	1.6	1.3	1.2	1.3	1.2
34	1.4	2.9	2.9	3.0	2.3	3.7	3.3
35	1.5	1.4	1.6	1.4	2.0	1.5	1.7
36	1.3	1.4	1.3	1.2	1.3	1.5	1.1
37	1.6	3.1	4.3	2.8	1.9	2.7	4.0
38	1.6	1.8	1.6	1.9	2.1	1.7	1.6
39	1.3	1.2	1.3	1.3	1.2	1.2	1.3
40	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.2

Fuente: Elaboración propia con dato de la MIP 2011, Cepal.

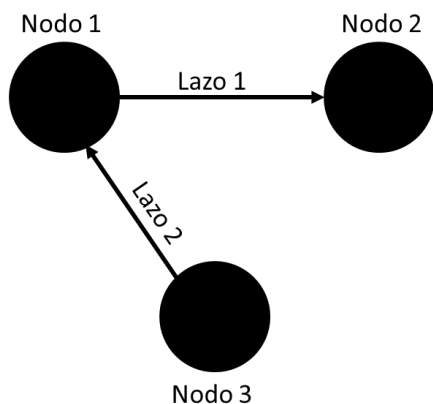
Análisis de redes

Conceptos básicos

Un grafo G definido como está compuesto en su forma más básica por un set de nodos o vértices V y por uno de lazos o conexiones, denominadas E tal que $E \subset V \times V$. Por lo tanto, defínase $G = (V, E)$. Cuando dos nodos están conectados por un vértice, se dice que estos nodos son adyacentes. En la figura 2 se observa una representación de estos elementos. En este caso, el Nodo 1 y Nodo 2 son adyacentes, al igual que el Nodo 1 y el Nodo 3.

Figura 2

Representación básica de los elementos de una red



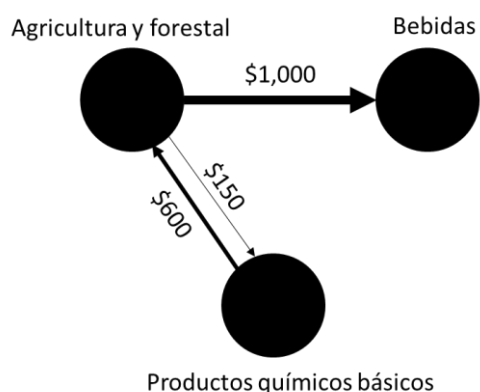
Fuente: elaboración propia.

En una red elaborada a partir de matrices insumo producto, se identifica un elemento más: el peso de cada uno de estos lazos o conexiones “W”, el cual está compuesto por el tamaño de cada flujo: $W = w_1, w_2, \dots, w_m$, de manera que se puede representar de esta manera: $G = (V, W)$. En una red, si dos nodos (nodo i, y nodo j) están conectados entre sí por medio de un lazo $e = i, j$; esto implica que son dos nodos adyacentes. Se define entonces una matriz de adyacencia a partir de todas las relaciones entre los nodos. Se indica además que las redes pueden ser no dirigidas y binarias en su forma más simple, o dirigidas y ponderadas en su caso más complejo.

En términos de la MIPCA2011, cada nodo está representado por un sector productivo de uno de los países, mientras que los lazos reflejan las transacciones intermedias que se generan entre sectores productivos. Los lazos tienen dirección, pues son compras o ventas, dependiendo del nodo que se tome de referencia

Para entender mejor cómo se identifican las distintas relaciones en la red que se genera a partir de las matrices nacionales de la MIPCA2011, la figura 3 muestra un ejemplo de relaciones entre tres sectores de un país. El sector de agricultura y forestal le vende al sector de bebidas insumos que equivalen a \$1.000 de valor bruto de la producción (VBP). Es decir, este flujo de \$1.000 es una venta para el sector de agricultura y forestal, pero una compra para el sector de bebidas. Con esa misma lógica, el sector de agricultura y forestal le vende \$150 de VBP al sector de productos químicos básicos, mientras que éste último le vende al sector de agricultura y forestal \$600 de VBP. Las diferencias entre el VBP se observan por el grosor de los lazos.

Figura 3
Representación^{a/} básica de los elementos de una red

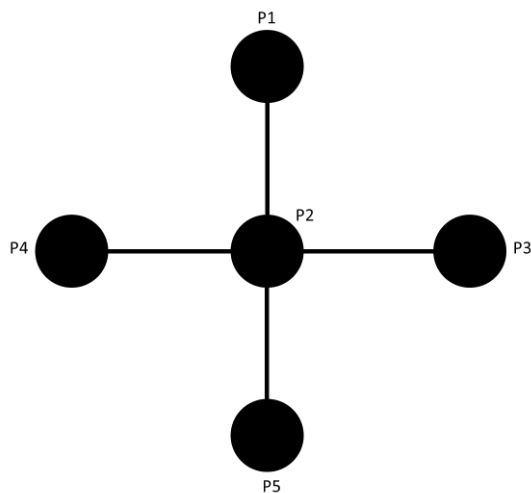


a/ Los valores de las transacciones utilizados son de carácter ilustrativo y no reflejan los datos de la MIPCA2011
Fuente: elaboración propia

Análisis local: centralidad de la red

El concepto de centralidad en una red lo establece Freeman en 1978, a partir de propuestas previas de conceptualizaciones teóricas. En términos de intuición, este concepto se deriva de la noción de que en redes sociales un punto en el centro de una estrella o de un eje de una rueda, como lo que se muestra en la figura 4, el P2, es la posición más central posible. Quien se encuentre en la posición del P2 se entiende que está en la posición, estructuralmente, más central en relación al resto de las posiciones dentro de la red. A raíz de esto, surge el reto de identificar, en términos estructurales, porqué P2 es una posición única. Una forma es partir de la noción de que el P2 tiene el mayor grado posible, al situarse en medio de la mayor cantidad de otros nodos, y se encuentra a la menor distancia de los demás. En otras palabras, se encuentra en el máximo de cercanía de los demás.

Figura 4
Representación de una estrella o eje de rueda



Fuente: elaboración propia.

Siguiendo a Freeman (1978), la definición de grado de un punto o nodo P_i , es el número de otros puntos, P_j , donde $i \neq j$, que son adyacentes a él, y que, por lo tanto, son contactos directos. El punto P2 en la figura 4 es adyacente a otros cuatro puntos en un grafo de cinco puntos, por lo que P2 es un ejemplo de máximo grado.

Utilizando la definición de centralidad de Nieminen (1974) para un punto P_k :

$$C_D(P_k) = \sum_i^n a(P_i, P_k)$$

Donde:

$a(P_i, P_k) = 1$ sí y sólo sí P_i y P_k están conectados (son adyacentes)

$a(P_i, P_k) = 0$ en otro caso

De esta manera, se define entonces la centralidad de grado (Freeman, 1978):

$$C_D = \frac{\sum_{i=1}^n [C_D(P^*) - C_D(P_i)]}{n^2 - 3n + 2}$$

Donde:

- n El número de puntos o nodos
- $C_D(P_i)$ Definición de centralidad del punto o nodo
- $C_D(P^*)$ El mayor valor posible de $C_D(P_i)$

Para la estimación de la centralidad, tomando en cuenta un grafo con dirección (flujos de entrada y salida de un mismo nodo), se calculan una serie de indicadores:

- Grado de entrada: cantidad de flujos de entrada en un nodo
- Grado de salida: cantidad de flujos de salida de un nodo
- Grado total: la suma de la cantidad de flujos de entrada y flujos de salida

La estimación también se puede normalizar, dividiendo el grado de cada nodo entre el máximo posible para cada grafo. Esto permite comparar distintas redes, por centralidad de grado normalizado. El Cuadro 5 y 6 muestra las estimaciones realizadas para las matrices de cada país de la MIPCA2011.

Cuadro 5
Grado de salida normalizado por país

Sector	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	República Dominicana
1	0,47	0,65	0,97	1,00	0,73	0,68	1,00
2	0,11	0,11	0,17	0,97	0,06	0,96	0,83
3			1,00				0,36
4	0,39	0,70	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00

Sector	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	República Dominicana
5	0,26	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
6	0,29	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
7	0,29	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
8	0,87	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
9	0,26	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
10	0,03	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00
11	0,66	1,00	1,00	1,00	1,00		0,92
12	0,84	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,92
13	0,26	1,00	1,00	0,47	1,00		1,00
14	0,68	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
15	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
16	1,00	1,00	1,00		1,00		1,00
17	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	0,94
18	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,94
19	0,58	1,00	1,00	1,00	1,00	0,96	1,00
20	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
21	0,79	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
22	0,84	1,00	1,00		1,00	1,00	1,00
23	0,87	1,00		0,47	0,03		0,75
24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		0,94
25	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00		0,94
26	0,53						
27	0,58	1,00	1,00				0,42
28	0,42						
29	0,47	1,00	1,00				1,00
30	0,42	1,00	1,00				
31		1,00					
32	0,08	1,00			1,00		1,00
33	0,92	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
34	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,92	0,86
35	0,68	0,97	0,97	0,97	1,00	1,00	1,00
36	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
37	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
38	1,00	1,00	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00
39	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,39
40	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

a/ Se divide la cantidad de nodos de salida entre el total posible para normalizar el grado. El código de los sectores se encuentra en el cuadro 1.

Fuente: elaboración propia con datos de la MIPCA2011.

Cuadro 6

Grado de entrada normalizado por país

Sector	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	República Dominicana
1	0,82	1,00	0,97	1,00	0,94	0,96	0,89
2	0,53	0,97	0,89	0,93	0,97	0,92	0,94
3			0,97				0,83
4	0,50	0,92	0,97	0,93	0,94	0,96	0,97
5	0,68	1,00	1,00	1,00	0,97	0,96	0,89
6	0,87	0,97	1,00	0,97	0,94	0,92	0,72
7	0,84	0,97	0,97	0,97	0,94	0,96	0,97
8	0,82	0,97	1,00	0,93	0,94	0,96	0,94
9	0,76	0,97	0,97	0,93	0,94	0,76	0,94
10	0,58	0,95	0,97	0,93	0,94		0,86
11	0,55	0,95	0,97	1,00	0,94		0,89
12	0,68	0,95	0,97	1,00	0,94	0,96	0,89
13	0,42	0,95	0,97	0,97	0,94		0,75
14	0,53	0,95	0,97	0,97	0,94	0,96	0,86
15	0,66	0,95	1,00	1,00	0,91	0,92	0,83
16	0,45	0,95	0,97		0,91		0,83
17	0,61	0,97	0,97	0,93	0,94	0,96	0,94
18	0,74	0,97	0,97	0,93	0,94	0,96	0,94
19	0,47	0,97	0,97	0,93	0,94	0,96	0,86
20	0,68	0,92	0,97	0,93	0,91	0,92	0,92
21	0,66	0,97	0,97	1,00	0,94	0,92	0,86
22	0,61	0,95	0,97		0,91	0,96	0,94
23	0,61	0,95		0,87	0,94		0,94
24	0,50	0,95	0,97	0,97	0,94		0,97
25	0,63	0,95	0,97	1,00	0,94		0,94
26	0,74						
27	0,63	0,95	0,97				0,86
28	0,58						
29	0,76	0,95	0,97				0,83
30	0,47	0,95	0,97				
31		0,95					
32	0,39	0,95			0,91		0,97
33	0,76	0,97	0,97	0,97	0,97	0,96	0,86
34	0,89	0,95	0,97	0,97	0,91	0,96	0,92
35	0,68	0,97	0,97	0,93	0,94	0,96	0,94
36	0,74	0,95	0,97	1,00	0,91	0,92	0,86

Sector	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	República Dominicana
37	0,82	0,95	0,97	0,97	0,91	0,96	0,81
38	0,76	0,95	0,97	1,00	0,91	0,92	0,94
39	0,92	0,97	0,97	0,93	0,94	0,92	0,97
40	0,97	1,00	1,00	1,00	0,94	0,96	0,89

Fuente: elaboración propia con datos de la MIPCA2011.

Además, se puede calcular el grado de intermediación. Esta muestra cuantas veces un nodo es el puente entre otros dos nodos, siendo el camino más corto.

Para ello, siguiendo a Freeman (1977), se define la intermediación parcial. Dado un punto P_k , y un par de nodos no ordenados $\{p_i, p_j\}$ donde $i \neq j \neq k$ se puede definir la intermediación parcial, $b_{ij}(p_k)$, de p_k con respecto a (p_i, p_j) de esta manera:

Si p_i y p_j no se alcanzan entre sí y p_k no está entre ellos, entonces se define: $b_{ij}(p_k) = 0$

Si p_i y p_j se pueden llegar a alcanzar entre sí, y es indiferente la ruta necesaria para conectarse, entonces, la probabilidad de que se pase por algún nodo en particular entre todas las alternativas (que son la distancia más corta) equivale a $\frac{1}{g_{ij}}$ donde g_{ij} equivale al número de caminos más cortos que unen a p_i y p_j . Luego, la probabilidad para un punto P_k en particular se define como:

$$b_{ij}(p_k) = \frac{g_{ij}(p_k)}{g_{ij}}$$

Finalmente, la centralidad por intermediación se define como:

$$C_B(p_k) = \sum_i^n \sum_j^n b_{ij}(p_k)$$

Donde:

N es el número de nodos del grafo

$C_B(p_k)$ es el índice de todas las intermediaciones parciales del punto p_k

El cuadro 7 muestra el resultado de las estimaciones de grado por intermediación.

Cuadro 7

Grado de intermediación por país

Sector	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	República Dominicana
1	177	35	0	0	0	86	0
2	21	0	131	196	0	0	0
3			548				925
4	89	0	0	0	29	0	0
5	6	0	0	0	31	23	328
6	6	0	8	18	0	136	20
7	332	0	35	149	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	470
9	176	0	0	0	0	0	0
10	0	1257	479	88	385		67
11	235	0	0	0	423		0
12	280	0	0	0	0	22	84
13	322	0	1	366	191		69
14	3	0	0	0	0	90	0
15	58	0	117	0	0	0	0
16	11	0	266		31		53
17	202	0	0	84	0	37	15
18	16	0	0	0	356	87	27
19	0	0	0	44	604	121	90
20	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	253	0	350	0
22	170	0	66		91	0	0
23	192	0		344	0		34
24	0	0	0	0	0		216
25	48	0	0	0	0		0
26	220						
27	68	0	93				370
28	279						
29	189	0	830				199
30	46	0	33				
31		70					
32	165	0			0		0
33	340	0	0	0	31	2	0
34	36	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	2
37	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	24	0	0	0
39	35	0	0	0	0	25	328
40	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia con datos de la MIPCA2011.

Análisis global: características de las redes

Además de los indicadores que se discuten en la sección anterior, es posible analizar aspectos de la totalidad de red, y en su defecto, comparar características entre redes. En este apartado se mencionan tres características, entre varias.

La primera es la *densidad*, la cual se define por la siguiente ecuación:

$$p(G) = \frac{2m}{n(n-1)}$$

Donde:

G es la red
n es la cantidad de nodos
m es la cantidad de lazos.

La densidad refleja la conectividad de la red como un todo por medio de la proporción de conexiones existentes dada la cantidad conexiones posibles. Es un indicador en escala de 0-1, entre más cercano a 1, mayor densidad.

El segundo indicador de interés es la *distancia promedio* de una red, la cual se define por la siguiente ecuación:

$$l(G) = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i \neq j} D(P_i, P_j)$$

Donde:

G es la red
n es la cantidad de nodos
 $D(P_i, P_j)$ es la distancia más corta entre los nodos P_i y P_j

Este indicador es el número promedio de pasos en el camino más corto, para navegar toda la red. Este indicador brinda información de qué tan eficiente es el flujo de transacciones en la red y qué tan eficientemente está estructurada⁴. El coeficiente es un número entero que representa cantidad de “saltos” entre nodos.

⁴ La distancia promedio puede estar correlacionada con la densidad, pero no es lo mismo.

El tercer indicador es el *coeficiente de clúster* o la transitividad. En este caso, se toma un indicador que combina información topológica de la red con el peso de la distribución de la red⁵, utilizan el peso de los flujos, por medio de la siguiente ecuación:

$$C_i^w = \frac{1}{S_i(k_i - 1)} \sum_{j,h} \frac{(w_{ij} + w_{ih})}{2} a_{ij} a_{ih} a_{jh}$$

Donde:

$S_i(k_i - 1)$ es el factor normalizador, que toma en cuenta el peso de cada nodo por la máximo número de triadas (grupos de tres nodos) en los que podría participar, de manera que $0 \leq C_i^w \leq 1$.

Este mide la probabilidad de que los nodos adyacentes a un tercer nodo estén conectados. Representa la ratio de las triadas entre la cantidad de triadas conectadas en el gráfico. Es un indicador en escala de 0-1. Entre más cercano a 1, más alta la probabilidad.

Algoritmo de visualización de redes

De acuerdo con Kobourov (2013), los métodos *force-directed* de visualización de redes definen una función objetivo que mapea cada grafo en un número $\in \mathbb{R}^+$ el cual representa la energía del mapeo. Esta función está definida de tal manera que la baja energía corresponde a mapeos en que los nodos adyacentes están cerca por una distancia pre especificada de cada uno, mientras que los nodos nos adyacentes están más espaciados entre sí.

Para visualizar las redes, se calcula el mapeo de los grafos encontrando el mínimo (usualmente local) de estas funciones objetivo. Estos algoritmos son especialmente útiles para visualizar redes pequeñas, con menos de cien nodos, debido a la limitación de escalar en un caso de que haya varios mínimos locales, además de que los métodos barcéntricos no estiman bien en grandes redes debido a que la separación mínima entre los vértices tiene a ser muy pequeña y hace las visualizaciones ilegibles. El modelo clásico del algoritmo *force-directed* (fuerza dirigida) se restringe al cálculo del mapeo de los grafos en geometría euclidiana, típicamente \mathbb{R}^2 , \mathbb{R}^3 y en general, \mathbb{R}^n .

⁵ Ver Barrat et al. 2004

El algoritmo que se utiliza para visualizar las redes, *prefuse force directed*, permite entonces centralizar la red a partir de algún atributo en particular. Esta toma en cuenta la cantidad y el peso de los flujos desde y hacia de cada nodo, y centraliza los que tienen mayor relevancia en estos términos, con respecto a los demás nodos. Esta función se define de tal manera que baja energía corresponde a un *layout* en el cual los nodos adyacentes⁶ están cerca de una distancia pre especificada de cada uno, y de los nodos no adyacentes están bien separados. Se calcula entonces un *layout* para encontrar un mínimo de esta función objetivo (Kobourov, 2012). El procesamiento de la información se realizó utilizando la librería de R llamada Igraph y la herramienta de visualización fue Cytoscape.

⁶ Se definen dos nodos como adyacentes cuando están directamente conectados. Es decir, existe un flujo que conecta a ambos.

Bibliografía

Acemoglu, D; Akcigit, U y Kerr, W. 2016. *Networks and the Macroeconomy: An Empirical Exploration*. National Bureau of Economic Research (NBER).

Albert, R. y Barabási, A. 2002. *Statistical mechanics of complex networks*. Review of Modern Physics, Vol 74.

Barrat, A; Barthelemy, M; Pastor-Satorras, R y Vespignani, A. 2004. *The architecture of complex weighted networks*, Proc. Natl. Acad. Sci. USA 101, 3747 (2004)

Blöchl, F; Theis, F; Vega-Redondo, F y Fisher, E. 2011. *Vertex centralities in input-output networks reveal the structure of modern economies*. Physical Review, E83m 046127.

Estrada, E. 2015. *Introduction to Complex Networks: Structure and Dynamics*. En *Evolutionary Equations with Applications in Natural Sciences*, Springer, pp. 93-131.

Freeman, L. 1978. *Centrality in Social Networks Conceptual Clarification*. Social Networks 1(1978/79) 2015-239. Elsevier, Netherlands.

González, V. y Durán, E. 2017. *Análisis de redes de la Matriz Insumo-Producto de Costa Rica*. Ponencia preparada para el Informe Estado de la Nación 2017. San José: PEN, Conare.

Jiménez Fontana, P. y Guzmán, M. 2020. *Análisis de redes de la Matriz de Transacciones Regionales*. Ponencia preparada para el Informe Estado de la Nación 2020. San José: PEN, Conare.

Kobourov, S. 2013. Force-directed drawing algorithms. En: Tamassia (ed.)

Marsden, P. 2005. *Network Analysis*. Editor(s): Kimberly Kempf-Leonard, Encyclopedia of Social Measurement, Elsevier, Pages 819-825, ISBN 9780123693983. Harvard University, Cambridge, Massachusetts.

Meneses, K. y Córdova, G. 2018. *Crecimiento, empleo y sector externo en Costa Rica: 2017*. Ponencia preparada para el Informe Estado de la Nación 2018. San José: PEN.

Meneses, K. y Córdova, G. 2017. *Crecimiento económico y encadenamientos de empleo*. Ponencia preparada para el Informe Estado de la Nación 2017. San José: PEN.

Orozco, R. 2020. *Valor agregado inducido por el comercio entre Centroamérica, México y la República Dominicana*. Documentos de Proyectos (LC/TS.2020/144; LC/MEX/TS.2020/37), Ciudad de México, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Orozco, R. y Minzer, R. 2020. *Integración productiva a través del comercio intrarregional de insumos intermedios en Centroamérica, México y la República Dominicana: un análisis basado en indicadores de especialización vertical*. Documentos de Proyectos (LC/TS.2020/101; LC/MEX/TS.2020/23), Ciudad de México, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Orozco, R y Torres, L. 2020 *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.2020/xxx; LC/MEX/TS.2020/44), Ciudad de México, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Torres, L. D. y Zafra, K. 2020. *Distribución funcional del ingreso inducido por el comercio entre los países de Centroamérica, México y la República Dominicana*. Documentos de Proyectos (LC/TS.2020/114; LC/MEX/TS.2020/28), Ciudad de México, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Miller, R. y Blair, P. (2009). *Input-Output analysis. Foundations and Extensions*. Second Edition. New York: Cambridge University Press

Nieminen, J. 1974. *On centrality in a graph*. Scandinavian Journal of Psychology 15:322-336.

Rasmussen, P. N. 1963. *Relaciones Intersectoriales*. Madrid: Aguila

Schuschny, A. 2005. *Tópicos sobre el modelo de insumo-producto: teoría y aplicaciones*. Estudios estadísticos y prospectivos (37). Santiago de Chile: CEPAL.

Soyyigit, S. y Boz, Ç. 2017. *Global Input-Output Analysis: A Network Approach*. Yildiz Social Science Review.