



Pontificia Universidad  
**JAVERIANA**  
Colombia

Pontificia Universidad Javeriana

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas

Título:

**Encadenamientos sectoriales en Colombia, una visión bajo la pandemia del Covid-19**

Autor:

Angie Natalia Roa Rojas

Asesor:

Juan Felipe Bernal Uribe

Bogotá D.C.

Febrero 2022



## Encadenamientos sectoriales en Colombia, una visión bajo la pandemia del Covid-19

Autor: Angie Natalia Roa Rojas

### Resumen

El presente trabajo analiza las relaciones intersectoriales de la economía colombiana, entendiendo la transmisión de un choque idiosincrático a otros sectores. Se cuenta con un macropanel no estacionario, que a su vez tiene dependencia transversal y cointegración. A partir de los datos se construyen indicadores que miden el encadenamiento de cada sector con los clientes (descendente) y proveedores (ascendente), así como el impacto sobre la producción sectorial a través de un Modelo de Corrección de Errores (ECM, por sus iniciales en inglés). En conclusión, se requiere de 4,7 meses aproximadamente para retornar al equilibrio de largo plazo cuando se da un choque en el corto plazo; adicionalmente, el encadenamiento ascendente (descendente) tiene una relación negativa (positiva) con la producción sectorial, aunque no es significativo (es significativo) en el corto plazo. Un aumento en la oferta de insumos beneficia a la producción del sector demandante en 0.44%. En el largo plazo, los encadenamientos son significativas al 5% y se mantienen los signos del corto plazo; el aumento de 1% en el encadenamiento ascendente (descendente) tendrían un impacto negativo (positivo) del 1.97% (2.18%) en la producción sectorial.

**Palabras claves:** *macropanel, raíz unitaria, dependencia transversal, Modelo de Corrección de Errores, crecimiento económico, relación intersectorial, insumo-producto, Colombia.*

*Clasificación JEL:*

### Abstract

This paper analyzes the intersectoral relations of the Colombian economy, understanding the transmission of an idiosyncratic shock to other sectors. There is a non-stationary macro panel, which in turn has transverse dependence and cointegration. From the data, indicators are constructed that measure the linkage of each sector with customers (descending) and suppliers (ascending), as well as the impact on sectorial production through an Error Correction Model (ECM, by its initials in English). In conclusion, it takes approximately 4.7 months to return to long-term equilibrium when there is a short-term shock; additionally, the ascending (descending) linkage has a negative (positive) relationship with the sectorial production, although it is not significant (it is significant) in the short term. An increase in the supply of inputs benefits the production of the demanding sector by 0.44%. In the long term, the linkages are significant at 5% and the signs of the short term remain; the 1% increase in the ascending (descending) chain would have a negative (positive) impact of 1.97% (2.18%) in the sectorial production.

**Key words:** *macropanel, unit root, cross-section dependence, error correction model (ECM), economic growth, cross-sector relationship, input-output, Colombia.*

*Classification JEL:*

## Contenido

1. Introducción.....	4
2. Revisión de literatura .....	5
3. Economía colombiana .....	7
3.1 Período 2010-2019.....	8
3.2 Período 2020-2021.....	9
4. Matriz de insumo-producto .....	11
5. Descripción de datos .....	14
6. Metodología econométrica.....	15
6.1 Técnica adecuada para los datos panel .....	15
6.2 Dependencia transversal.....	17
6.3 Raíz unitaria .....	18
6.4 Cointegración.....	20
6.5 Modelo de corrección de errores.....	20
7. Resultados .....	21
8. Conclusiones .....	24
9. Referencias .....	25
10. Anexo .....	27

## 1. Introducción

En el 2020, el Gobierno de Colombia restringió las actividades no esenciales para contener la pandemia del Covid-19. Esto generó inicialmente un choque negativo de oferta debido a que los sectores que producían bienes diferentes a los esenciales tuvieron que cerrar por un tiempo indefinido. Posteriormente, se llevó a cabo el proceso de reapertura gradual de los sectores, aunque se tenían limitaciones como un aforo determinado, distanciamiento físico de un metro, uso de tapabocas, entre otros. No obstante, este proceso fue interrumpido en tres ocasiones por el incremento de casos de Covid-19 (agosto 2020, enero 2021, abril 2021), retornando a restricciones de movilidad para contener el ritmo de contagio del virus.

Esta situación generó una pérdida de bienestar para consumidores y productores, evidenciándose en el 2020 la mayor caída del Producto Interno Bruto (PIB) desde 1976<sup>1</sup>, superando incluso la caída observada en la crisis financiera de 1999.

Para evaluar el rol que tiene cada sector dentro de la economía, se analizan las relaciones (encadenamientos) intersectoriales a través de la matriz insumo producto (MIP), de tal forma que se clasifique a cada sector como oferente y/o demandante de insumos. Un choque idiosincrático se puede propagar hacia otros sectores a través de los encadenamientos, generando efectos directos o indirectos en la producción sectorial, dependiendo de las relaciones intersectoriales.

Este análisis se realiza para los doce sectores de la economía colombiana de dos formas: i) a través de la matriz insumo-producto del año 2017 con los índices *Rausmussen-Hirschman*, que permiten catalogar a los sectores como claves, independientes, oferentes o demandantes de insumos, dependiendo de la relación que tienen con los otros sectores; y ii) creando variables que simulen los encadenamientos hacia atrás (demandante de insumos) y hacia adelante (oferente de insumos) para explicar el comportamiento de la producción de cada sector a través del Modelo de Corrección de Errores (ECM, por sus iniciales en inglés) con *bootstrapping*, este modelo acepta los datos con dependencia transversal, raíz unitaria y cointegración.

El ECM arroja una velocidad de ajuste de 0.21, lo que significa que se requiere de 4,7 meses aproximadamente para restablecer la relación de largo plazo cuando existe un choque en

---

<sup>1</sup> Desde esta fecha se tiene historia para el empalme de la Base de 2015.

el corto plazo. El encadenamiento ascendente (descendente), es decir con los proveedores (clientes), tiene una relación negativa (positiva) en el corto plazo con la producción sectorial pero no es significativa (es significativa al 5%). Esto implica que un aumento del 1% en la oferta de insumos de otros sectores beneficia la producción sectorial en 0.44%.

En el largo plazo, los encadenamientos ascendente y descendente son significativos al 5% y se mantienen los signos del corto plazo. El aumento de 1% en el encadenamiento ascendente (descendente) tiene un impacto negativo (positivo) del 1.97% (2.18%) en la producción sectorial.

En la Sección 2, se expone la revisión de literatura de la red de insumo-producto. La Sección 3 analiza el comportamiento de la economía colombiana y de los sectores en los años previos a la pandemia del Covid-19 y el impacto que tuvo las restricciones de movilidad adoptadas por el Gobierno. La sección 4 define la matriz insumo-producto (MIP 2017). La sección 5 describe los datos utilizados. La sección 6 expone la metodología econométrica que se debe utilizar para los datos macropanel, así como las pruebas de dependencia transversal, raíz unitaria y cointegración, y el ECM. La sección 7 expone los resultados y la sección 8 otorga las principales conclusiones.

## **2. Revisión de literatura**

Long y Plosser (1983) es uno de los primeros artículos que presenta un modelo de ciclo productivo multisectorial, en el cual los sectores están vinculados a través de los insumos, aunque no se encuentran correlacionados. Artículos como éste tuvieron un alcance limitado debido al trabajo de Lucas (1977), en el que se argumenta que el efecto de un choque idiosincrático en sectores no correlacionados (independientes) tiende a disiparse a través de la agregación ya que, según la Ley de los Grandes Números (LGN), las variaciones negativas de algunos sectores se pueden contrarrestar con el buen desempeño de otros.

Horvath (1998) evidencia que la cancelación de los choques idiosincráticos a través de LGN depende de la relación intersectorial. Ese artículo caracteriza la matriz insumo-producto, determinando los insumos que ofrece y/o demanda un sector a los demás. Por lo tanto, la LGN no aplica cuando existen relaciones intersectoriales debido a que un choque idiosincrático genera efectos indirectos en la producción de otros sectores, anulando la compensación que argumenta la LGN.

Los teoremas de irrelevancia de Dupor (1999) contribuyeron al tema con los siguientes aspectos: i) existe coherencia entre los resultados de un modelo multisectorial y su

equivalente en el modelo de un solo sector y ii) los choques idiosincráticos de un sector independiente no explican las fluctuaciones macroeconómicas.

El artículo de Carvalho (2008) muestra cómo las fluctuaciones de la actividad económica se pueden explicar a partir de choques idiosincráticos independientes. Se evalúa el efecto indirecto de un choque idiosincrático sobre otros sectores a través de las relaciones intersectoriales, lo que llevaría a que algunos choques se propaguen a toda la economía e incluso persistan en el tiempo, mientras que otros tengan una corta duración debido al bajo relacionamiento entre sectores.

Acemoglu, Carvalho, Ozdaglar y Tahbaz-Salehi (2012) destaca que se puede dar una volatilidad agregada considerable en la actividad económica a partir de choques idiosincráticos, sólo si existe una asimetría significativa en las funciones que desempeñan los sectores como proveedores de insumos intermedios, es decir, los sectores no proporcionan los mismos insumos a otros sectores de la economía. Así, la tasa de sustitución entre insumos intermedios sería baja y un choque idiosincrático afectaría directamente la producción del sector que utiliza estos insumos intermedios.

Acemoglu, Akcigit y Kerr (2015) realizaron un estudio empírico de cuatro tipos de choques en la economía estadounidense (importaciones, gasto federal, crecimiento de la PTF y patentes extranjeras) de manera independiente y en conjunto. Este artículo permite entender la propagación que tiene un choque, si afecta a los proveedores o a los clientes, dependiendo del relacionamiento que tenga cada sector. Por ejemplo, un choque de demanda se propagaría hacia arriba, es decir hacia los proveedores de las industrias directamente afectadas. Si es positivo beneficiaría al proveedor debido a que podría subir el precio de los productos dada la mayor demanda; por el contrario, un choque negativo reduciría los ingresos de los proveedores debido al incumplimiento de obligaciones del sector afectado. Por su parte, un choque de oferta se propagaría hacia abajo, es decir, a los clientes de las industrias directamente afectadas.

Finalmente, Bonet et al. (2020) estimó el impacto económico regional y sectorial del aislamiento preventivo decretado por el Gobierno Nacional de Colombia en el 2020. El modelo insumo-producto regional extrae un grupo de empleados formales e informales de los distintos sectores y entidades territoriales del país. Este modelo permite analizar choques de oferta y demanda a través de la matriz de insumo-producto con los consumos intermedios y la demanda final. Uno de los resultados de este documento consiste en que

la rama económica más afectada por la situación fue los servicios, donde se destacan alojamiento y servicios de comida, servicios inmobiliarios, servicios administrativos, actividades profesionales y técnicas, construcción y comercio. Así mismo Hahn (2016) encuentra que las actividades de servicios presentan los mayores encadenamientos hacia adelante en la economía, esto significa que es un sector importante en la provisión de insumos para el proceso productivo de otros sectores.

Este trabajo analiza las relaciones intersectoriales de la economía colombiana a través de la matriz insumo-producto 2017, teniendo en cuenta el contexto de las restricciones de movilidad adoptadas en la pandemia del Covid-19.

### **3. Economía colombiana**

El Producto Interno Bruto (PIB) se desagrega en doce sectores económicos de acuerdo con la nomenclatura del CIIU Rev 4 A.C.<sup>2</sup> de las series encadenadas de volumen con año de referencia 2015 que sigue el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Los siguientes sectores concentran cerca del 50% del PIB: i) Comercio, transporte y alojamiento (18.9%); ii) Administración pública y planes de seguridad (16.2%) y iii) Industria (13.3%). A continuación, se encuentran: Actividades inmobiliarias (9.8%), Actividades profesionales y servicios administrativos (7.9%), Construcción (7.1%), Agricultura, ganadería y pesca (6.8%), Minería (5.6%), Actividades financieras y de seguros (5.5%), Información y comunicaciones (3.2%), Suministro de servicios públicos (3.2%) y Actividades artísticas, recreación y no diferenciadas (2.8%).

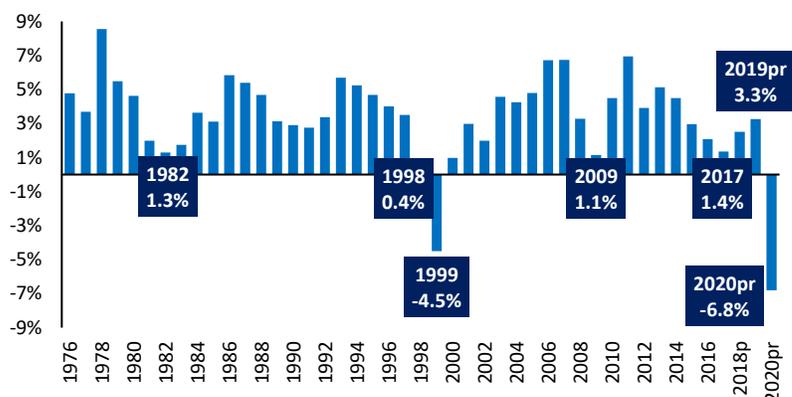
La economía colombiana presentó la mayor contracción del PIB (-6.8% variación anual) en el 2020 desde 1976, superando incluso la contracción del PIB de 1999 (-4.5% variación anual) causada por la crisis financiera de 1998 (Gráfico 1). Lo anterior obedeció en primera instancia al choque idiosincrático de las restricciones para contener la pandemia del Covid-19 y a los efectos indirectos de la relación intersectorial, en conjunto con la afectación de la demanda debido a la incertidumbre frente a la duración de la pandemia y a los menores ingresos como consecuencia de la pérdida de empleos. A continuación, se

---

<sup>2</sup> Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU): es la clasificación internacional de referencia de las actividades productivas. Su objetivo principal es proporcionar un conjunto de categorías de actividades que puedan utilizarse para la recopilación y la presentación de informes estadísticos de acuerdo con esas actividades. DANE (2020)

analizará el desempeño de los sectores en dos periodos: pre-pandemia (2010-2019) y pandemia (2020-2021).

**Gráfico 1 Variación anual del PIB de Colombia**



Fuente: DANE, elaboración propia

### 3.1 Periodo 2010-2019

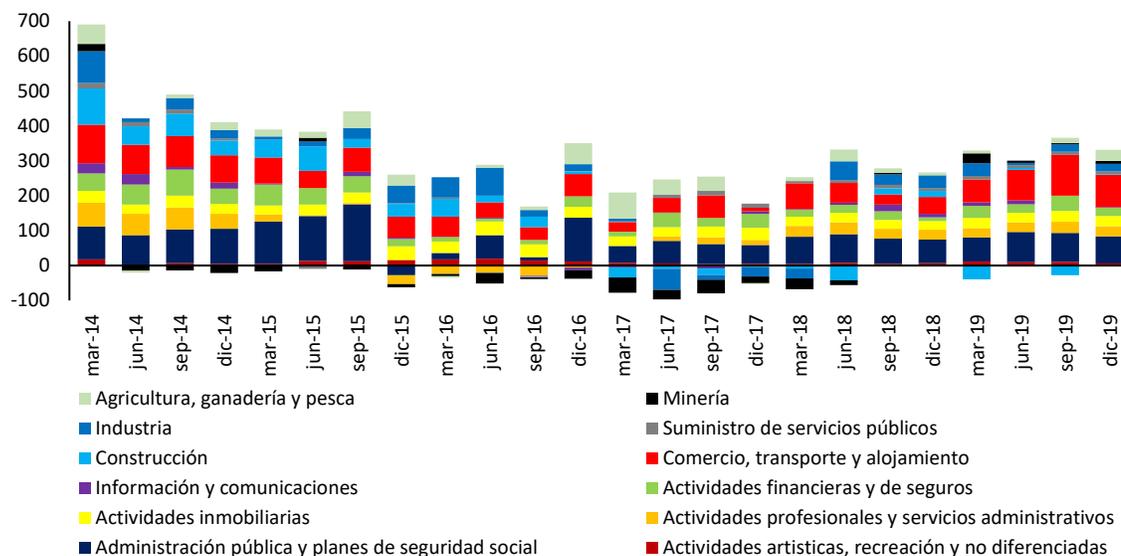
El PIB de Colombia creció a una tasa promedio de 5% anual durante los años posteriores a la Gran Recesión<sup>3</sup> (2010-2014). A partir de 2015, se observó una caída en el ritmo de crecimiento debido a la debilidad en la demanda externa, la caída del precio del petróleo y la devaluación del peso colombiano.<sup>4</sup> El sector de la minería contrarrestó el crecimiento de la economía al presentar caídas en la producción entre el 2015 y el 2017.

El PIB del 2017 creció 1.4% respecto al 2016, observándose caídas en la producción de los sectores de la Construcción, la Industria y la Minería. Posteriormente, en 2018 y 2019 la economía empezó a recuperar el ritmo de crecimiento debido al mejor desempeño en la Industria y la Minería. La Construcción continuó mostrando un desempeño débil que fue contrarrestado con el buen comportamiento del sector del Comercio, alojamiento y transporte.

<sup>3</sup> Crisis económica mundial que comenzó en el 2008, su origen fue en Estados Unidos.

<sup>4</sup> Es importante destacar que el 50% de las exportaciones colombianas correspondía al petróleo y sus derivados para el periodo entre 2010 y 2014, donde se observa el impacto de la caída de los precios del petróleo debido al exceso de oferta por este *commodity* a nivel internacional y la incertidumbre en el crecimiento de la demanda.

**Gráfica 2. PIB por sectores (contribución al crecimiento anual en puntos básicos)**



Fuente: DANE, elaboración propia

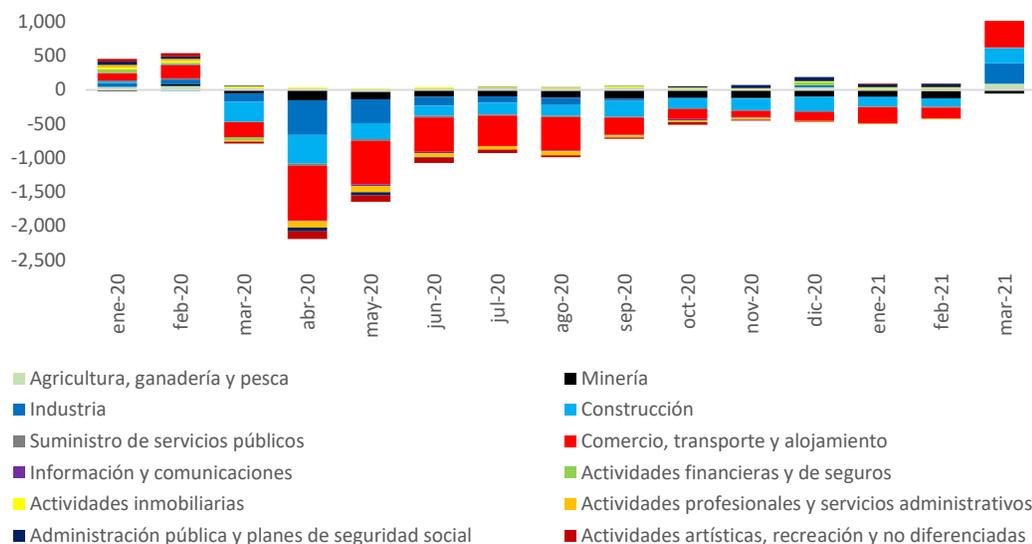
### 3.2 Período 2020-2021

Los resultados de la Encuesta Mensual de Expectativas de Analistas Económicos (EME) del Banco de la República de enero de 2020 mostraban que la proyección de crecimiento del PIB para ese año era del 3.3% en promedio, con un rango entre 2.8% y 3.6%.

Esta proyección se confirmó con el crecimiento del Indicador de Seguimiento de la Economía (ISE)<sup>5</sup> del 4.4% en promedio en los meses de enero y febrero. El comportamiento del bimestre se sustentó en un 50% por el crecimiento de la Industria (4.8% en promedio) y del Comercio, transporte y alojamiento (7.9% en promedio).

<sup>5</sup> Indicador de Seguimiento de la Economía (ISE): Índice de actividad económica agregada y por sectores que refleja la evolución de la actividad real de la economía en el corto plazo.

**Grafica 2. ISE por sectores (contribución al crecimiento anual en puntos básicos)**



Fuente: DANE, elaboración propia

Los datos del primer bimestre del año predecían un crecimiento alto. Sin embargo, en Wuhan (China)<sup>6</sup> se descubrió el virus SARS-CoV-2 (Covid-19) en diciembre de 2019, el cual se extendió hacia el hemisferio occidental. Para contener el virus, los diferentes países del mundo adoptaron restricciones de movilidad (parcial o completas) y otras medidas de bioseguridad.

El 3 de marzo de 2020 se detectó el primer caso de Covid-19 en Bogotá (Colombia), posteriormente se fueron descubriendo otros casos en Cartagena, Cali y Medellín. El Ministerio de Salud emitió la resolución 385 del 12 de marzo 2020, mediante la cual se declaraba la emergencia sanitaria hasta el 30 de mayo por causa del coronavirus Covid-19 y se adoptaron las siguientes medidas para afrontar el virus: i) suspender eventos con aforo de más de 500 personas, ii) prohibiciones a los pasajeros del tráfico marítimo internacional, y iii) sector público y privado debía adoptar medidas higiénicas.

<sup>6</sup> Coronavirus de tipo 2 causante del síndrome respiratorio: Este nombre lo asignó el Comité Internacional de Taxonomía de los virus (ICTV) debido a que el virus está genéticamente relacionado con el coronavirus responsable del brote SRAS de 2003, aunque se tratan de dos virus diferentes (OMS 2020)

El 23 de marzo, el Gobierno expidió el Decreto 457 de 2020, mediante el cual se impartían instrucciones para el Aislamiento Preventivo Obligatorio de 19 días en todo el territorio colombiano, el cual tenía como vigencia desde las cero horas del 25 de marzo hasta las cero horas del 13 de abril. Esta norma limitaba totalmente la libre circulación de personas y vehículos en el territorio nacional, con 34 excepciones que buscaban garantizar el derecho a la vida, a la salud y a la supervivencia de los habitantes del país. Esto llevó a que las actividades que no fueran esenciales debían cerrar de manera temporal, es decir, sectores como el Comercio, transporte y alojamiento, la Industria, la Construcción, entre otros. Si bien estas medidas fueron adoptadas en las últimas dos semanas de marzo de 2020 representó un impacto negativo en la economía con una contracción del 7% del ISE.

Después de esto, se anunciaron aproximadamente 15 decretos que reglamentaban las restricciones de movilidad y buscaban abrir la economía gradualmente con las medidas de bioseguridad a partir de junio de 2020.

En abril de 2020, el ISE se contrajo 20.8% con relación al mismo periodo en 2019. El 80% de esta caída obedeció a la menor producción en la Industria, Construcción y Comercio, transporte y alojamiento. En mayo, el Gobierno anunció la reapertura de los sectores de la construcción y la industria con los protocolos de bioseguridad y una capacidad limitada. Dicha reapertura tardó un mes aproximadamente hasta que las empresas adoptaron las normas establecidas y generó una recuperación del 6,4% en términos mensuales del ISE.

De junio de 2020 a agosto de 2021, paulatinamente se abrieron sectores adicionales. No obstante, se adoptaron restricciones de movilidad en las principales ciudades del país para contener la primera ola de contagio en agosto de 2020, la segunda ola en enero y la tercera ola en marzo de 2021, generando retrocesos en esta recuperación que se veían parcialmente compensados con la posterior apertura.

#### **4. Matriz de insumo-producto**

De acuerdo con el DANE, la Matriz Insumo Producto (MIP) tiene como objetivo ampliar la información producida por las cuentas nacionales y relaciona en un solo cuadro la producción y los usos económicos de los sectores. La MIP se construye a partir del Cuadro de Oferta y Utilización (COU) de productos.

Las columnas de la MIP describen la función de producción de cada sector, destacando la proporción que requiere de los insumos ofrecidos por otros sectores y de la cuenta de generación del ingreso (remuneración al factor trabajo, capital e impuestos).

Las filas de la MIP describen la utilización de la producción sectorial. Esta tiene como destino la demanda intermedia y la demanda final. El total de las utilizations de la producción nacional (filas) es igual a la producción (columnas).

En general, con la MIP se pueden cuantificar los efectos directos e indirectos en la estructura productiva ante cambios en las variables económicas (exógenas). Estos cambios pueden ser un aumento (disminución) de la demanda final, cambios en los precios relativos, impuestos o condiciones del comercio exterior.

Para este trabajo se utiliza la MIP del año 2017 (MIP 2017) debido a que es la serie observada dado que los años posteriores (2018-2020) son provisionales. Se estudian los 12 sectores mencionados anteriormente.

De acuerdo con Hirschman (1958) se definen los siguientes conceptos:

- Encadenamiento hacia atrás: es la capacidad de una actividad para originar el desarrollo de otras al utilizar insumos procedentes de ellas, i.e. demandante de insumos.
- Encadenamiento hacia adelante: se generan cuando se desarrolla una actividad que produce bienes intermedios demandados por otros sectores, i.e. proveedor de insumos.

Los encadenamientos se estudian a partir de los modelos de oferta y demanda, en los enfoques tradicionales de Rasmussen (1956) y Hirschman (1958). Para el enfoque de Rasmussen (1956) se utiliza la matriz inversa de Leontief que proviene de la MIP (2017), la cual evalúa el encadenamiento hacia atrás. Con esto se calcula el índice de poder de dispersión ( $PD_j$ ), que evalúa el efecto relativo del *sector j* ante un aumento en la oferta de insumos.

$$PD_j = \frac{\frac{1}{n} \sum_i \alpha_{ij}}{\frac{1}{n^2} \sum_i \sum_j \alpha_{ij}}$$

$n$ : Número de elementos de la fila (i) o columna (j) de la matriz inversa de Leontief.

$n^2$ : Número total de elementos de la matriz inversa de Leontief.

$\alpha_{ij}$ : Producción requerida de la industria i para satisfacer un aumento en la demanda final de la industria j.

$\sum_i \alpha_{ij}$ : Sumatoria (vertical) de los elementos de la columna.

$\sum_i \sum_j \alpha_{ij}$ : Sumatoria de todos los elementos de la matriz inversa de Leontief.

$PD_j > 1$  implica que el sector  $j$  –ésimo incrementa su demanda intermedia en mayor proporción que la media del sistema cuando la oferta final aumenta en una unidad, es un sector con un encadenamiento fuerte hacia atrás (demandante de insumos).

Si  $PD_j < 1$  evidencia un encadenamiento débil hacia atrás y no tiene impacto sobre el sistema.

Por su parte, el índice de sensibilidad de dispersión ( $SD_i$ ) de Hirschman utiliza la matriz inversa de Gosh, la cual evalúa el encadenamiento hacía adelante. Este índice mide, en términos relativos, el impacto que recibe el sector  $i$  ante un incremento en la demanda de insumos.

$$SD_i = \frac{\frac{1}{n} \sum_i \alpha_{ij}}{\frac{1}{n^2} \sum_i \sum_j \alpha_{ij}}$$

$n$ : Número de elementos de la fila (i) o columna (j) de matriz inversa de Gosh

$n^2$ : Número total de elementos de matriz inversa de Gosh.

$\alpha_{ij}$ : Consumo requerido de la industria  $i$  para satisfacer un aumento en la producción de la industria  $j$ .

$\sum_i \alpha_{ij}$ : Sumatoria (horizontal) de los elementos de la columna

$\sum_i \sum_j \alpha_{ij}$ : Sumatoria de todos los elementos de la matriz inversa de Gosh.

Si  $SD_i > 1$  indica que el sector  $i$  –ésimo expande su producción intermedia en mayor proporción que la media del sistema productivo cuando la demanda final aumenta en una unidad, es un sector con un encadenamiento fuerte hacia adelante (proveedor de insumos).

Si  $SD_i < 1$  el encadenamiento hacia adelante es débil y no tiene impacto sobre la actividad productiva.

Con lo anterior se puede clasificar los sectores de la economía en cuatro grupos:

1. Clave: los encadenamientos hacia atrás y hacia adelante son superiores a la media de los sectores ( $PD_j > 1$  y  $SD_i > 1$ ). Son importantes demandantes y proveedores de insumos para los otros sectores (DANE 2017).
2. Impulsados: el encadenamiento hacia atrás (adelante) es inferior (superior) a la media ( $PD_j < 1$  y  $SD_i > 1$ ). Estos sectores son importantes proveedores de insumos para otros sectores (DANE 2017).
3. Impulsores: El encadenamiento hacia atrás (adelante) es superior (inferior) a la media de los sectores ( $PD_j > 1$  y  $SD_i < 1$ ). Estos sectores son importantes demandantes de insumos de los otros sectores (DANE 2017).

4. Independientes: El encadenamiento hacia adelante y hacia atrás son inferiores a la media ( $PD_j < 1$  y  $SD_i < 1$ ). Estos sectores tienen una demanda por insumos limitada y su producción se dirige principalmente a la demanda final, por ende, su capacidad de dinamizar la actividad productiva en el resto de los sectores es baja (DANE 2017).

Con la información del MIP 2017, los doce sectores de la economía se clasifican de la siguiente manera:

	SD > 1	SD < 1
PD > 1	<b>Industria clave:</b> Minería Industria Servicios públicos	<b>Impulsores: Sector con encadenamiento hacia atrás</b> Construcción Comercio, transporte y alojamiento
PD < 1	<b>Impulsados: Sector con encadenamiento hacia adelante</b> Agricultura Comunicaciones Sector Financiero Actividades profesionales	<b>Industrias independientes:</b> Inmobiliaria Sector público Actividades artísticas

Fuente: MIP 2017, cálculos propios.

Este es el primer acercamiento para entender el rol que tiene cada sector en la producción de los otros sectores. Así, un choque idiosincrático tendrá un efecto directo en el sector afectado e indirecto en otros sectores debido a las relaciones intersectoriales, dependiendo de los encadenamientos que posea, hacia adelante o hacia atrás.

## 5. Descripción de datos

Los datos tienen una periodicidad mensual, con un periodo comprendido entre abril de 2005 y junio de 2021 ( $T=195$ ). Se estudian los doce sectores de la economía ( $N=12$ ). El total de observaciones es de 2340 ( $N \times T$ ). Como el tamaño de la serie de tiempo es superior a la longitud del corte transversal ( $T > N$ ), los datos son considerados como un macropanel o panel largo.

Se utiliza la tasa de crecimiento del Indicador de Seguimiento de la Economía (ISE) para obtener una aproximación del PIB mensual de cada uno de los sectores.

La MIP 2017 incorpora las transacciones de bienes intermedios entre las 68 actividades, para lo cual se unifica la información de acuerdo con los 12 sectores de la economía y se

construyen las variables que miden los encadenamientos hacia atrás (descendente) y hacia adelante (ascendente).

- **Efecto ascendente:** Suma ponderada de insumos que una industria ofrece a las demás ajustada por peso de bienes intermedios vendidos con relación al total de la producción.

Ejemplo: Industria 1

$$Ascendente_{2,1,t} = c_1 * [(s_{2,1} * PIB_{2,t}) + (s_{3,1} * PIB_{3,t}) + \dots + (s_{12,1} * PIB_{12,t})].$$

- $s_{ji}$ : Proporción de insumos que ofrece industria i a la industria j
- $c_i$ : Proporción de la producción destinada por la industria i como insumos a otros sectores.
- **Efecto descendente:** Suma ponderada de insumos que una industria le compra a las demás industrias ajustada por peso de bienes intermedios comprados con relación al total de producción.

Ejemplo: Industria 1

$$Descendente_{2,1,t} = i_1 * [(d_{1,2} * PIB_{2,t}) + (d_{1,3} * PIB_{3,t}) + \dots + (d_{1,12} * PIB_{12,t})].$$

- $d_{ij}$ : Proporción de insumos que utiliza la industria i de industria j
- $i_i$ : Proporción de la producción que destina la industria i a los insumos
- $PIB_{i,t}$ : Producción del sector i en el periodo t

Las anteriores variables se construyeron con base en Acemoglu et al (2015). A todas las variables (PIB, Ascendente2, Descendente2) se le realiza una transformación monótonica aplicándole el logaritmo natural (LN\_PIB, LN\_Ascendente2, LN\_Descendente2) para eliminar el efecto de las unidades de las variables sobre los coeficientes.

## 6. Metodología econométrica

### 6.1 Técnica adecuada para los datos panel

Los datos de panel recogen información sobre un conjunto de individuos a lo largo del tiempo. El corte transversal se denota como  $i = 1, 2, 3, \dots, N$  y hace referencia a las

empresas, sectores económicos, individuos, entre otros; adicionalmente, la serie de tiempo se denota como  $t = 1, 2, 3, \dots, T$  y podría tener una periodicidad diaria, mensual y anual. Bajo estas condiciones las variables se denotan como  $y_{it}$  y  $x_{it}$  cuando hacen referencia a las variables dependiente e independiente respectivamente. El ejemplo de estas variables son el PIB, inflación, ingresos, entre otros.

Esta información puede ser de dos tipos: i) Balanceado, cada individuo de la sección transversal se observa en el mismo periodo de tiempo; y ii) Desbalanceado, la información de los individuos de la sección transversal se registra en diferentes periodos de tiempo.

Los datos panel se pueden clasificar en micropanel o macropanel dependiendo del tamaño de la sección transversal (N) y de la serie de tiempo (T), es importante distinguir la naturaleza de los datos previamente para utilizar la técnica econométrica apropiada. El micropanel tiene las siguientes características: i) la dimensión de la serie de tiempo es inferior a la del corte transversal ( $T < N$ ); ii) se asume homogeneidad en la sección transversal, iii) se pueden usar instrumentos para tratar la endogeneidad. Con este tipo de datos se pueden utilizar las siguientes técnicas de estimación: i) efectos fijos o aleatorios, ii) variable instrumental (IV por sus siglas en inglés) o método generalizado de momentos (GMM, por siglas en inglés). El macropanel considera los siguientes aspectos: i) dimensión de la serie de tiempo es superior a la del corte transversal ( $T > N$ ), ii) múltiples variables para cada miembro del panel, iii) presencia de raíz unitaria, iv) heterogeneidad entre los miembros del panel y v) endogeneidad. Con estos datos se realiza el siguiente proceso: i) prueba de dependencia transversal, ii) pruebas de raíz unitaria, iii) pruebas de cointegración, iv) estimación del vector de cointegración y v) estimación del Modelo de Corrección de Errores (ECM, por sus iniciales en inglés).

Es necesario verificar primero la existencia de la dependencia en el corte transversal, con esta información se deben elegir las pruebas de raíz unitaria y de cointegración que generen resultados robustos.

La metodología adecuada para este trabajo es macropanel, la longitud de la serie de tiempo ( $T=195$ ) es superior a la dimensión del corte transversal ( $N=12$ ). Adicionalmente, los miembros del panel poseen heterogeneidad y endogeneidad.

## 6.2 Dependencia transversal

La dependencia transversal implica que el término de error de los individuos del corte transversal se encuentran correlacionados. Lo anterior obedece a la interdependencia de los miembros del panel debida a sus relaciones económicas y financieras.

Phillips y Sul (2003) muestran que, si hay suficiente dependencia transversal en los datos y esto se ignora, la eficiencia del modelo se reduce hasta el punto en que los parámetros estimados por Mínimos Cuadrados Agrupado de panel coincidirían con aquellos obtenidos por Mínimos Cuadrados Ordinarios de una sola ecuación. Ignorar la dependencia transversal afecta las propiedades de primer orden (insesgamiento y consistencia) de los estimadores de panel estándar.

La prueba de dependencia transversal considera el siguiente modelo de panel:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta' x_{it} + u_{it} \quad i = 1, 2, \dots, n; t = 1, 2, \dots, T.$$

Donde  $x_{it}$  es un vector de variables exógenas de  $K \times 1$ ,  $\beta$  es un vector de parámetros estimados de  $K \times 1$  y  $\alpha_i$  representa un efecto fijo del individuo del corte transversal. Bajo la hipótesis nula ( $H_0$ ) se asume que  $u_{it}$  es independiente e idénticamente distribuido (iid) a lo largo del tiempo y de los miembros del corte transversal. La hipótesis alternativa ( $H_a$ ) asume que  $u_{it}$  puede estar correlacionada a través del corte transversal y se mantiene el supuesto de que no hay correlación serial.

$$H_0: \rho_{ij} = \rho_{ji} = \text{cor}(u_{it}, u_{jt}) = 0 \quad \text{para } i \neq j,$$

$$H_a: \rho_{ij} = \rho_{ji} \neq 0 \quad \text{para algún } i \neq j.$$

En donde  $\rho_{ij}$  es el coeficiente de correlación de los errores y se define como:

$$\rho_{ij} \equiv \rho_{ji} \equiv \frac{\sum_{t=1}^T u_{it} u_{jt}}{\sqrt{(\sum_{t=1}^T u_{it}^2) * (\sum_{t=1}^T u_{jt}^2)}}.$$

El número posible de emparejamientos  $(u_{it}, u_{jt})$  aumenta con el tamaño del corte transversal (N).

### Prueba de Pesaran CD (2004)

Partiendo de la estimación de regresión aparentemente no relacionada (SUR, por sus iniciales en inglés) de Breusch y Pagan (1980) con el estadístico LM:

$$LM = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij}^2.$$

Se destaca que este estadístico es válido para  $N$  fijo y  $T \rightarrow \infty$ . Donde  $\hat{\rho}_{ij}$  es la estimación muestral de la correlación por pares de residuos.

$$\hat{\rho}_{ij} \equiv \hat{\rho}_{ji} \equiv \frac{\sum_{t=1}^T \hat{u}_{it} \hat{u}_{jt}}{\sqrt{(\sum_{t=1}^T \hat{u}_{it}^2) * (\sum_{t=1}^T \hat{u}_{jt}^2)}}.$$

LM se distribuye asintóticamente como Chi cuadrado ( $\chi^2$ ) con  $N(N-1)/2$  grados de libertad bajo la hipótesis nula. No obstante, es probable que esta prueba muestre distorsiones de tamaño sustanciales cuando  $N$  es grande y  $T$  es finito, una situación que se encuentra comúnmente en aplicaciones empíricas, principalmente porque el estadístico LM no está centrado correctamente para  $T$  finito y es probable que el sesgo se incremente cuando  $N \rightarrow \infty$ .

Pesaran (2004) propone el siguiente estadístico:

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \left( \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij} \right).$$

La hipótesis nula de no dependencia transversal  $CD \xrightarrow{d} N(0,1)$  aplica para el caso de  $N \rightarrow \infty$  y  $T$  lo suficientemente grande.

A diferencia del estadístico LM, el estadístico CD tiene media de cero para valores fijos de  $T$  y  $N$ , y se utiliza en una amplia gama de modelos de datos de panel, incluidos los que tienen características de homogeneidad, heterogeneidad y no estacionariedad.

### 6.3 Raíz unitaria

Las pruebas de raíz unitaria con datos panel se puede clasificar en dos grupos, el primero corresponde a la primera generación y asumen que los individuos de la sección transversal son independientes entre sí, se destaca las pruebas de Levin y Lin (1992, 1993), Breitung (2000), Im et al. (2003), Maddala y Wu (1999), Choi (2001) y Hadri (2000). Estas pruebas siguen el proceso:

$$\Delta y_{it} = \alpha y_{it-1} + \sum_{j=1}^{p_i} \beta_{ij} \Delta y_{it-j} + X_{it} \delta_i + \varepsilon_{it} \quad i = 1, 2, \dots, N; t = 1, 2, \dots, T$$

Todas las pruebas con excepción de Hadri (2000) tienen por hipótesis nula ( $H_0$ ) que la serie tiene raíz unitaria; por el contrario, Hadri (2000) tiene por objetivo verificar que la serie es estacionaria. Adicionalmente, estas pruebas pueden asumir un proceso estacionario común entre los individuos del corte transversal (Levin et al. (2002), Breitung (2000) y Hadri (2000)),

es decir, que los individuos son homogéneos ( $\alpha$ ). Por su parte, las pruebas de Im et al. (2003), Choi (2001) y Maddala et al. (1999) asumen heterogeneidad entre los miembros del corte transversal ( $\alpha_i$ ). Todas las pruebas de primera generación con excepción de Hadri (2000) se pueden aplicar para paneles desbalanceado.

Las pruebas de segunda generación incorporan la dependencia transversal y heterogeneidad entre los individuos. Estas pruebas incluyen los trabajos de Chang (2002) con un enfoque de variable instrumental no lineal, Choi (2002) con un modelo de componente de error bidireccional que impone las mismas covarianzas de error por pares en los diferentes individuos de la sección transversal, Phillips y Sul (2003) y Bai y Ng (2004) utilizan modelos de factores residuales, Breitung y Das (2005) estiman por mínimos cuadrados ordinarios y mínimos cuadrados generalizados factibles que se aplican cuando  $T \geq N$ , Choi y Chue (2007) y Moon y Perron (2004) proponen una prueba de raíz unitaria de panel agrupada basada en observaciones no factorizadas y sugieren estimar las cargas factoriales mediante el método de componentes principales. Por su parte, Pesaran (2007) incorpora el tema de dependencia transversal.

#### **Prueba de Pesaran (CADF, CIPS)**

La prueba de raíz unitaria de Pesaran (2007) incorpora la dependencia transversal aumentando las regresiones estándar de Dickey Fuller (DF o ADF) con los promedios de la primera diferencia y de la serie de la sección transversal en niveles rezagados y las primeras diferencias de las series individuales (Cross-sectionally Augmented Dickey-Fuller – CADF). Esta prueba tiene la ventaja de ser sencilla e intuitiva, adicionalmente evidencia una potencia satisfactoria incluso para valores relativamente pequeños de N y T.

Esta es la especificación de la prueba:

$$\Delta y_{it} = \alpha_i y_{it-1} + \lambda_i \bar{y}_{t-1} + \sum_{j=1}^p \eta_{ij} \Delta \bar{y}_{t-j} + \sum_{j=1}^p \beta_{ij} \Delta y_{it-j} + X_{it} \delta_i + \varepsilon_{it}$$

$$i = 1, 2, \dots, N; t = 1, 2, \dots, T$$

Donde  $\bar{y}_{t-1} = \left(\frac{1}{N}\right) \sum_{i=1}^N y_{i,t-1}$  y  $t_i(N, T)$  es el estadístico de la estimación de  $\alpha_i$  para calcular la CADF individual para el  $i$  –ésimo individuo de la sección transversal.

El IPS transversal aumentado (CIPS por sus siglas en inglés) se calcula como un promedio simple de estadísticas CADF individuales:

$$CIPS = \left(\frac{1}{N}\right) \sum_{i=1}^N t_i(N, T)$$

Estas pruebas tienen como hipótesis nula (Ho) la raíz unitaria homogénea, es decir, todos los individuos del corte transversal son no estacionarios. La alternativa es que al menos un individuo del panel es estacionario.

#### 6.4 Cointegración

Para evaluar la relación de largo plazo entre variables, se utilizan las cuatro pruebas de cointegración propuestas por Westerlund (2007), estas se basan en dinámicas estructurales más que dinámicas residuales, por lo tanto, no imponen ninguna restricción de factor común. Estas pruebas asumen el siguiente proceso generador de datos:

$$\Delta y_{it} = \delta'_i d_t + \alpha_i (y_{i,t-1} - \beta'_i x_{i,t-1}) + \sum_{j=1}^{\rho_i} \alpha_{ij} \Delta y_{i,t-j} + \sum_{j=-q_i}^{\rho_i} \gamma_{ij} \Delta x_{i,t-j} + e_{it}$$

$$i = 1, 2, \dots, N; t = 1, 2, \dots, T$$

$d_t$ : Es el componente determinístico. Pueden darse 3 escenarios: i)  $d_t = 0$ , no tiene términos determinísticos, ii)  $d_t = 1$ ,  $\Delta y_{it}$  fue generada por una constante, iii)  $d_t = (1, t)'$ ,  $\Delta y_{it}$  fue generada con tendencia y constante.

$\alpha_i$  determina la velocidad a la que el sistema regresa a la relación de equilibrio ( $y_{i,t-1} - \beta'_i x_{i,t-1}$ ) después de un choque. Si  $\alpha_i < 0$ , se deduce  $y_{it}$  y  $x_{it}$  están cointegradas. Si  $\alpha_i = 0$ ,  $y_{it}$  y  $x_{it}$  no están cointegradas. Con lo anterior se establece la hipótesis nula ( $H_0: \alpha_i = 0$ ) de no cointegración. La hipótesis alternativa ( $H_a: \alpha_i < 0$ ) establece que hay cointegración y depende del supuesto de homogeneidad ( $\alpha$ ). Las dos primeras pruebas de Westerlund (2007),  $G_t$  y  $G_a$ , son globales y establecen el mismo  $\alpha$  para todos los miembros del corte transversal ( $i$ ) ( $H_a: \alpha_i = \alpha < 0$ ). Las otras dos pruebas se denominan de panel,  $P_t$  y  $P_a$ , permite que  $\alpha_i$  sea diferente para cada  $i$  ( $H_a: \alpha_i < 0$ ).

Las pruebas de corrección de errores se sustentan en el supuesto de independencia transversal, o al menos correlación cero. Para corregir este problema Westerlund (2007) utilizó el enfoque de Bootstrap mediante el muestreo con reemplazo del vector residual.

#### 6.5 Modelo de corrección de errores

El Modelo de Corrección de Errores (ECM) describe simultáneamente la dinámica de corto plazo y el equilibrio de largo plazo siguiendo este proceso:

$$\Delta Ln\_PIB_{it} = \delta_i + \alpha_i(Ln\_PIB_{i,t-1} - \beta_i Ln\_Ascendente2_{i,t-1} - \gamma_i Ln\_Descendente2_{i,t-1}) + \sum_{j=1}^{\rho_i} \theta_{ij} \Delta Ln\_PIB_{i,t-j} \\ + \sum_{j=1}^{\rho_i} \phi_{ij} \Delta Ln\_Ascendente2_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{\rho_i} \delta_{ij} \Delta Ln\_Descendente2_{i,t-j} + e_{it}$$

$\alpha_i$  es el término de corrección de errores y mide la velocidad a la que se restablece el equilibrio de largo plazo ante choques en el corto plazo. Los coeficientes de corto plazo corresponden a las variables en primera diferencia, estas miden el impacto de un cambio en las variables sobre la producción de cada sector.

El equilibrio de largo plazo asume que las variables de corto plazo no tienen cambios, cumpliéndose la siguiente condición  $\Delta Ln\_PIB_{i,t-j} = \Delta Ln\_Ascendente2_{i,t-j} = \Delta Ln\_Descendente2_{i,t-j} = 0$ . Así, se obtiene la relación de largo plazo/vector de cointegración:

$$Ln\_PIB_{i,t} = \frac{-\delta_i}{\alpha_i} + \beta_i Ln\_Ascendente2_{i,t} + \gamma_i Ln\_Descendente2_{i,t}$$

## 7. Resultados

La prueba de dependencia transversal de Pesaran (2004) para las series Ln\_PIB, Ln\_Ascendente2 y Ln\_Descendente2 nos muestran que los individuos del corte transversal se encuentran correlacionados entre sí (ver Anexo Tabla 1). Esto obedece a la demanda/oferta de insumos que se requiere de otros sectores para completar la producción sectorial.

Con esta información, se utilizó la prueba de raíz unitaria de Pesaran (2007) que incorpora la dependencia transversal. Las variables analizadas son no estacionarias a lo largo del corte transversal (ver Anexo Tabla 2). La prueba de cointegración de Westerlund (2007) con *bootstrapping* (ver Anexo Tabla 3) permite afirmar que existe un vector de corrección de errores entre las variables (Ln\_PIB, Ln\_Ascendente2 y Ln\_Descendente2), estableciendo una relación de largo plazo.

El modelo de corrección de errores (ECM) arroja una velocidad de ajuste ( $\alpha_i$ , EC) de 0.21, lo que significa que se requiere de 4,7 meses aproximadamente para restablecer la relación de largo plazo cuando existe un choque en el corto plazo. El encadenamiento ascendente, es decir con los sectores que demandan insumos, tiene una relación negativa en el corto plazo con la producción sectorial, aunque no es significativa. El encadenamiento

descendente tiene una relación positiva y significativa al 5% en el corto plazo. Un aumento en la oferta de insumos de otros sectores beneficia la producción sectorial en 0.44%. Esto ocurre por menor precio de insumos dada la oferta y/o satisfacción de los requerimientos de insumos para la producción sectorial.

**Tabla 4 Relación de corto plazo Modelo de Corrección de Errores (ECM)**

Relación de corto plazo	
Variable	Coefficiente
Ln_Ascendente2	-0.1617989 (0.1716832)
Ln_Descendente2	0.4484832** (0.2021435)
Ln_PIB (EC)	-0.2167949*** (0.0590307)
Constante	-0.5579714 (0.5882032)

Fuente: Elaboración propia a través de Stata 16

() Error estándar robusto; \*\*\* $p < 0.01\%$  \*\* $p < 0.05\%$  \* $p < 0.10\%$ .

En el largo plazo, los encadenamientos ascendente y descendente son significativos al 5% y se mantienen los signos del corto plazo. El aumento de 1% en el encadenamiento ascendente (descendente) tiene un impacto negativo (positivo) del 1.97% (2.18%) en la producción sectorial. La relación inversa entre el efecto descendente y la producción sectorial obedece a que un fortalecimiento de la demanda podría generar inflación, incrementando los precios en la economía y así los costos de producción sectorial.

**Tabla 5 Relación de largo plazo Modelo de Corrección de Errores (ECM)**

Relación de largo plazo	
Variable	Coefficiente
Ln_Ascendente2	-1.971447** (0.9251655)
Ln_Descendente2	2.185834** (0.8432682)
Constante	7.793803 (8.350646)

Fuente: Elaboración propia a través de Stata 16

() Error estándar robusto; \*\*\* $p < 0.01\%$  \*\* $p < 0.05\%$  \* $p < 0.10\%$ .

Las dinámicas que predominan en el corto plazo para los sectores económicos<sup>7</sup>:

- Encadenamiento descendente: i) Construcción (-0.584\*\*) y ii) Industria (0.218\*\*);
- Encadenamiento ascendente y descendente: i) Actividades artísticas, recreación y no diferenciadas (-1.092\*\*\*; 1.212\*\*\*), ii) Actividades inmobiliarias (0.031\*\*\*; -0.030\*\*\*), iii) Actividades profesionales y servicios administrativos (0.784\*\*\*; -0.312\*\*\*), iv) Administración pública y planes de seguridad social (-0.860\*\*\*; 1.437\*\*\*), v) Comercio, transporte y alojamiento (-0.821\*\*\*; 1.216\*\*\*) y vi) Minería (-0.215\*\*\*; 0.643\*\*\*).
- No es significativo el encadenamiento ascendente y descendente: i) Actividades financieras y de seguros, ii) Agricultura, ganadería y pesca, iii) Información y Comunicaciones y iv) Suministro de servicios públicos.

El termino de corrección de errores  $\alpha_i$  es negativo para todos los sectores, cumpliéndose la condición ( $\alpha_i < 1$ ) para la existencia del vector de cointegración; no obstante, no es significativo para i) Actividades financieras y de seguros y ii) Minería.

Las dinámicas que predominan en el largo plazo para los sectores económicos<sup>8</sup>:

- Encadenamiento ascendente: i) Actividades artísticas, recreación y no diferenciadas (0.436\*\*\*) y ii) Comercio, transporte y alojamiento (0.825\*\*\*).
- Encadenamiento descendente: i) Actividades financieras y de seguros (0.368\*), ii) Actividades profesionales y servicios administrativos (0.102\*), iii) Industria (0.268\*\*), v) Construcción (1.604\*\*\*) y v) Información y Comunicaciones (0.592\*\*).
- Encadenamiento ascendente y descendente: i) Actividades inmobiliarias (-0.013\*\*\*; 0.017\*\*\*), ii) Administración pública y planes de seguridad social (-1.675\*\*\*; 2.045\*\*\*), iii) Agricultura, ganadería y pesca (-0.562\*; 0.631\*\*), y iv) Suministro de servicios públicos (-0.086\*; 0.121\*\*\*).
- Minería no tiene significativo los efectos de encadenamiento, es decir que un choque sobre los clientes o los proveedores no afectaría su producción.

Para tener más información sobre los coeficientes puede consultar el Anexo (Tabla 4 y Tabla 5).

---

<sup>7</sup> En paréntesis se expone el coeficiente y el nivel de significancia. \*\*\*p<0.01% \*\*p<0.05% \*p<0.10%.

<sup>8</sup> En paréntesis se expone el coeficiente y el nivel de significancia. \*\*\*p<0.01% \*\*p<0.05% \*p<0.10%.

## 8. Conclusiones

Con el ECM se analizaron las relaciones entre los sectores de la economía colombiana, encadenamiento ascendente y/o descendente, en el corto y largo plazo, dándole un insumo adicional a las autoridades económicas para que se adopten políticas adecuadas y se genere la menor afectación posible en la economía ante choques en el corto plazo.

Por ejemplo, restricciones en el funcionamiento de sectores como Actividades financieras y de seguros, Agricultura, ganadería y pesca, Información y comunicaciones y Suministro de servicios públicos no tendrían impacto sobre la producción sectorial de otros sectores debido al bajo encadenamiento que tienen en el corto plazo. Por el contrario, si esta medida se adopta para Actividades artísticas, recreación y no diferenciadas, Actividades inmobiliarias, Actividades profesionales y servicios administrativos, Administración pública y planes de seguridad social, Comercio, transporte y alojamiento, y Minería se esperaría una fuerte afectación sobre la producción sectorial debido al alto encadenamiento ascendente y descendente exhibido.

Lo anterior es importante dado que las restricciones que se adoptaron en la pandemia del Covid-19 involucra a los sectores con encadenamientos fuertes hacia adelante y hacia atrás. Futuros estudios pueden cuantificar el impacto de la pandemia del Covid-19 en la economía colombiana y evaluar la pertinencia de la apertura gradual de los sectores.

Por último, la economía colombiana requiere de 4,7 meses aproximadamente para restablecer la relación de largo plazo cuando existe un choque en el corto plazo. En el caso de la pandemia se evidenció una velocidad de ajuste inferior debido a la reapertura gradual de los sectores, que se realizó entre mayo a octubre de 2020. Las condiciones del 2021 permitieron un mejor desempeño de la economía dado que se redujeron las restricciones de movilidad, lo que sugiere que el PIB se habría recuperado de la caída (-6.8%) observada en el 2020 e incluso habría crecido cerca de 3% respecto al PIB del 2019.

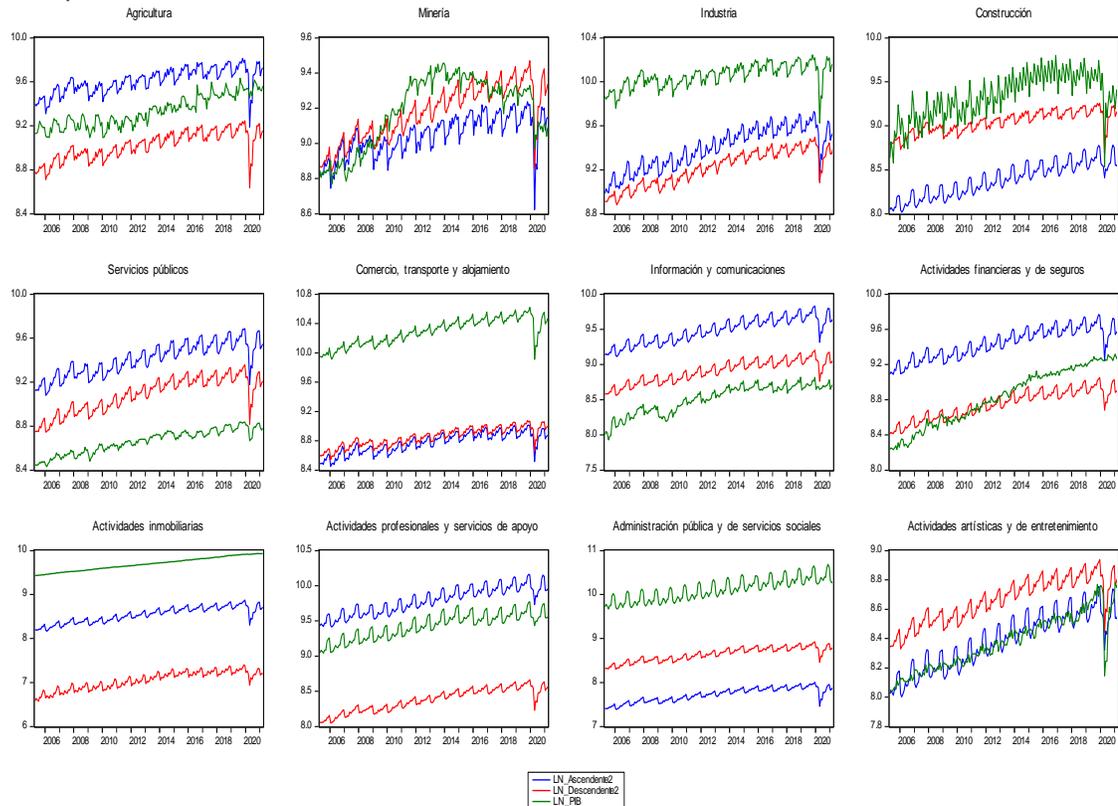
## 9. Referencias

- Acemoglu et al. (2012), The Network Origins of Aggregate Fluctuations, *Econometrical*, 80:5, 1977-2016.
- Acemoglu, Akcigit y Kerr (2015), Networks and the macroeconomy: An empirical exploration, NBER Working Paper.
- Blanchard (2020), The COVID economic crisis, *Macroeconomics*, 8th edition.
- Bonet et al. (2020), Impacto económico regional del Covid-19 en Colombia: un análisis insumo-producto, Documentos de Trabajo sobre Economía Regional y Urbana, Repositorio Institucional Banco de la República.
- Breusch y Pagan (1980), The Lagrange Multiplier Test and its Application to Model Specifications in Econometrics, *Review of Economic Studies*, 47, 239-53.
- Carvalho (2008), Aggregate Fluctuations and the Network Structure of Intersectoral Trade, CREI Working Paper.
- Cialani (2013), CO2 Emissions, GDP and trade: a panel cointegration approach, Working papers in transport, tourism, information technology and microdata analysis ISSN: 1650-5581.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2013), Metodología de la Matriz Insumo Producto.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2020), Boletín técnico Matriz Insumo Producto 2017.
- Dopor (1999), "Aggregation and irrelevance in multi-sector models." *Journal of Monetary Economics*, 43, 391-409.
- Hahn (2016). Encadenamientos regionales en Colombia 2004-2012. *Revista de Economía del Rosario* 19 (1) 29-56.
- Hirschman (1958), *The Strategy of Economic Development*, New Haven.
- Horvath (1998), Cyclicity and Sectoral Linkages: Aggregate fluctuations from sectoral shocks, *Review of Economic Dynamics*, 1, 781-808.

- Horvath (2000), Sectoral Shocks and Aggregate Fluctuations, *Journal of Monetary Economics*, 45, 69-106.
- Long y Plosser (1983), Real Business Cycles, *Journal of Political Economy*, 91:1, 39-69.
- OMS (2020), Los nombres de la enfermedad por coronavirus (COVID-19) y del virus que la causa.
- Persyn (2008). XTWEST: módulo Stata para pruebas de cointegración en paneles heterogéneos, *Statistical Software Components S456941*, Boston College Department of Economics.
- Pesaran (2004), General Diagnostic Test for Cross Section Dependence in Panels, IZA Discussion Paper No. 1240 August 2004.
- Pesaran (2007), A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross-Section Dependence, *Journal of Applied Econometrics*, March 2007, Vol. 22, No. 2, Heterogeneity and Cross Section Dependence in Panel Data Models: Theory and Applications (March 2007), pp. 265-312
- Pino (2004), ANÁLISIS DE ENCADENAMIENTOS PRODUCTIVOS PARA LA ECONOMÍA REGIONAL, BASE 1996, *Theoria*, Vol. 13: 71-82, 2004.
- Rasmussen (1956), *Studies in Inter-Sectorial Relations*, Copenhagen.
- Westerlund (2007), Testing for Error Correction in Panel Data, *OXFORD BULLETIN OF ECONOMICS AND STATISTICS*, 69, 6 (2007) 0305-9049.

## 10. Anexo

- Comportamiento de las variables analizadas



Fuente: Elaboración propia a través de Stata 16

- Tabla 1 - Resultados de la prueba de dependencia transversal - Pesaran (2004)

Variable	CD Test	p_Valor	Promedio conjunto T	media p	media absoluta (p)
Ln_PIB	92.833	0.0000	192	0.8200	0.8200
Ln_Ascendente2	108.654	0.0000	192	0.9700	0.9700
Ln_Descendente2	110.417	0.0000	192	0.9800	0.9800

Fuente: Elaboración propia a través de Stata 16

La hipótesis nula ( $H_0$ ) de la prueba de Pesaran (2004) consiste en que la serie  $X$  ( $Ln\_PIB$ ,  $Ln\_Ascendente2$ ,  $Ln\_Descendente2$ ) tienen independencia transversal. Los  $p$ -value asociados al estadístico CD de las variables es de 0, se rechaza la hipótesis nula de independencia transversal. Hay indicios de que las series están correlacionadas entre los miembros del corte trasversal (sectores económicos).

- **Tabla 2 - Resultados de la prueba de raíz unitaria - Pesaran (2007)**

Variable	CIPS	10%	5%	1%
Ln_PIB	-2.703			
Ln_Ascendente2	-2.128	-2.66	-2.75	-2.91
Ln_Descendente2	-2.081			

Fuente: Elaboración propia a través de Stata 16

La hipótesis nula de la prueba de Pesaran (2007) dice que las series tienen raíz unitaria homogénea, es decir, todos los sectores económicos son no estacionarios. La alternativa es que al menos un sector del panel es estacionario. Si el estadístico CIPS es menor al p\_value se rechaza la hipótesis nula. Todos los sectores económicos que componen las variables Ln\_Ascendente2 y Ln\_Descendente2 son no estacionarios al 1% y el Ln\_PIB es no estacionario al 5%.

- **Tabla 3 - Resultados de la prueba de cointegración – Westerlund (2007)**

Estadístico	Ln_PIB, LN_A2, LN_D2 (constante)		Ln_PIB, LN_A2, LN_D2 (constante y tendencia)	
	Valor	p_valor Robusto	Valor	p_valor Robusto
Gt	-4.393	0.000	-4.410	0.000
Ga	-30.887	0.000	-37.890	0.000
Pt	-16.255	0.000	-18.199	0.000
Pa	-30.414	0.000	-40.934	0.000

Fuente: Elaboración propia a través de Stata 16

La hipótesis nula (Ho) de las 4 pruebas de Westerlund (2007) consiste en que las variables Ln\_PIB, Ln\_Ascendente2 y Ln\_Descendente2 no están cointegradas. Al incorporar *bootstrapping*, los p-value son robustos. Se rechaza Ho, por lo tanto, existe un vector de corrección de errores entre las variables que establezca una relación de largo plazo entre las variables.

- **Tabla 4 - Relación de largo plazo del Modelo de Corrección de Errores (ECM)**

Variable	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Ln_Ascendente2	0.4365307*** (0.1114097)	-0.1855796 (0.1750746)	-0.0134394*** (0.0044057)	0.0035617 (0.0597332)	-1.675371*** (0.3384938)	-0.562693* (0.3120035)	0.8251041*** (0.1516833)	-0.2322799 (0.1607567)	-0.0970873 (0.1040605)	-0.3216925 (0.2163099)	-0.0321507 (0.0916998)	-0.0864898* (0.0505171)
Ln_Descendente2	-0.1967533 (0.1359551)	0.3684193* (0.2200955)	0.0171953*** (0.0040234)	0.1027184* (0.0557405)	2.045244*** (0.4856312)	0.6316556** (0.2848003)	-0.1677386 (0.151338)	1.604309*** (0.3067674)	0.2687373** (0.1110173)	0.5926926** (0.2709864)	-0.0057037 (0.0695404)	0.1210222*** (0.0458735)

Fuente: Elaboración propia a través de Stata 16

() Error estándar robusto; \*\*\*p<0.01% \*\*p<0.05% \*p<0.10%.

**Tabla 5 - Relación de corto plazo del Modelo de Corrección de Errores (ECM)**

Variable	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Ln_Ascendente2	-1.092582*** (0.1288076)	0.2165774 (0.1832532)	0.0312449*** (0.0033167)	0.7841528*** (0.0861233)	-0.8606004*** (0.2518967)	0.3092857 (0.3948594)	-0.8211097*** (0.209211)	0.2351328 (0.207379)	0.1047247 (0.0711373)	0.4088294 (0.261448)	-0.2155488*** (0.080172)	0.05623 (0.074508)
Ln_Descendente2	1.212351*** (0.153992)	-0.2158852 (0.226958)	-0.0306632*** (0.0031955)	-0.3121531*** (0.0600198)	1.437569*** (0.3051628)	0.0064169 (0.414778)	1.216538*** (0.2540215)	-0.5843629** (0.2634023)	0.2186524** (0.1003256)	-0.5264934 (0.3157928)	0.6431688*** (0.0971402)	0.1177592 (0.0789171)
Ln_PIB (EC)	-0.2564615*** (0.0456089)	-0.0916897 (0.028618)	-0.0085657*** (0.0019056)	-0.1090783*** (0.0372039)	-0.1010625*** (0.05589)	-0.1450901*** (0.0452711)	-0.5113756*** (0.0607046)	-0.6858118*** (0.0895931)	-0.3129681*** (0.0582408)	-0.1861423*** (0.0426852)	-0.0038983 (0.0191023)	-0.0740628* (0.0409542)

Fuente: Elaboración propia a través de Stata 16

( ) Error estándar robusto; \*\*\* $p < 0.01\%$  \*\* $p < 0.05\%$  \* $p < 0.10\%$ .

1. Actividades artísticas, recreación y no diferenciadas
2. Actividades financieras y de seguros
3. Actividades inmobiliarias
4. Actividades profesionales y servicios administrativos
5. Administración pública y planes de seguridad social
6. Agricultura, ganadería y pesca
7. Comercio, transporte y alojamiento
8. Construcción
9. Industria
10. Información y Comunicaciones
11. Minería
12. Suministro de servicios públicos