

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIAS

ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DEL COVID-19 EN LA RED PRODUCTIVA ECUATORIANA, MEDIANTE EL USO DE TEORÍA DE REDES, PERÍODO 2019-2020

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN CIENCIAS ECONÓMICAS Y FINANCIERAS

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

JÉSSICA ADRIANA GUASUMBA GUALLICHICO

jessica.guasumba@epn.edu.ec

DIRECTOR: JOSÉ RAMÍREZ ÁLVAREZ, Ph.D.

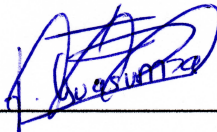
jose.ramirez@epn.edu.ec

Quito, abril 2023

DECLARACIÓN

Yo, Jéssica Adriana Guasumba Guallichico declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado en ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.


La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



Jéssica Adriana Guasumba Guallichico

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Jéssica Adriana Guasumba Guallichico, bajo mi supervisión.



José Ramírez Álvarez, Ph.D.

AGRADECIMIENTOS

Ningún esfuerzo rinde frutos sin la guía adecuada, por lo que quedo profundamente agradecida con el Doctor José Ramírez. Su valioso apoyo y tiempo han sido una parte fundamental en la creación de este trabajo.

DEDICATORIA

Para mis padres, María y Marcelo.

Gracias por su apoyo, su paciencia y su fe en mí durante todos estos años. Gracias por su ayuda en las cosas pequeñas y en las grandes. Gracias por acompañarme desde mi primer día en la universidad.

Este trabajo es la culminación de sus esfuerzos mucho más que de los míos.

Jéssica

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	II
ÍNDICE DE ANEXOS	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
1. Introducción.....	1
2. Marco teórico.....	5
2.1. Antecedentes modernos de las pandemias en el mundo	5
2.2. Incidencia del choque de la pandemia a nivel internacional	7
3. Marco metodológico.....	15
3.1. Planteamiento básico de una red productiva.....	15
3.2. Indicadores Ponderados de Centralidad.....	16
3.2.1. Centralidad de grado ponderada.....	16
3.2.2. Centralidad de intermediación ponderada.....	17
3.2.3. Centralidad alfa ponderada	18
3.2.4. Centralidad de cercanía de caminata aleatoria	19
3.2.5. PageRank.....	21
4. Resultados.....	23
4.1. Análisis descriptivo de la red productiva 2019.....	23
4.2. Descripción del impacto del COVID-19 sobre la red productiva ecuatoriana	26
4.2.1. Impacto de la pandemia de acuerdo al Índice de Centralidad Ponderada de Grado	26
4.2.2. Impacto de la pandemia de acuerdo al Índice de Centralidad Ponderada de Intermediación.....	28
4.2.3. Impacto de la pandemia de acuerdo al Índice de Centralidad Alfa Ponderada.....	30
4.2.4. Impacto de la pandemia de acuerdo al Índice de Centralidad de Cercanía de Caminata Aleatoria.....	30
4.2.5. Impacto de la pandemia de acuerdo al Índice PageRank.....	32
4.3. Discusión de resultados	34
5. Conclusiones.....	39
6. Referencias	41
7. Anexos	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Representación de grafo de la red productiva ecuatoriana, año 2019	25
Figura 2: Representación de grafos de los Índices de Centralidad Ponderada de Grado.....	27
Figura 3: Representación de grafos de los Índices de Centralidad Ponderada de Intermediación.....	29
Figura 4: Representación de grafos de los Índices de Centralidad Alfa Ponderada	31
Figura 5: Representación de grafos de los Índices de Centralidad de Cercanía de Caminata Aleatoria	33
Figura 6: Representación de grafos de los Índices de Centralidad Ponderada PageRank	35

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Efecto sectorial del COVID-19, revisión de la literatura	49
Anexo B. Sectores productivos del Ecuador	54
Anexo C. Proporción de sectores afectados por el COVID-19, período 2020-2019.....	58
Anexo D. Sectores productivos Jerarquizados de acuerdo a su índice de centralidad, período 2020-2019.....	59
Anexo E. Estadística descriptiva del Índice de Centralidad Ponderada de Grado.....	60
Anexo F. Estadística descriptiva del Índice de Centralidad Ponderada de Intermediación....	61
Anexo G. Estadística descriptiva para el Índice de Centralidad Alfa Ponderada	62
Anexo H. Estadística descriptiva del Índice de Centralidad de Cercanía de Caminata Aleatoria	63
Anexo I. Estadística descriptiva del Índice PageRank.....	64
Anexo J. Sectores de mayor impacto, de acuerdo a los cinco indicadores de centralidad	65

RESUMEN

En Ecuador, se estima que el 70% del aparato productivo y comercial paralizó sus actividades a partir de la declaratoria de emergencia sanitaria. Las limitaciones impuestas a la movilidad y al trabajo presencial afectaron en mayor grado a los sectores intensivos en contacto físico y, en menor medida a aquellos considerados indispensables. Sin embargo, dado que las economías modernas se caracterizan por la interdependencia entre sectores productivos, el impacto de los choques provocados por las medidas de restricción adoptadas por un sector específico, pudo propagarse a otros sectores a través de sus encadenamientos productivos. En este contexto, la presente investigación evaluó los efectos del COVID-19 en la red productiva ecuatoriana, a través de un análisis comparativo de indicadores de centralidad calculados a partir de las matrices insumo-producto del período 2019-2020. En particular, la estimación y contraste de los Índices Ponderados de Grado, Intermediación, Alfa, Cercanía de caminata aleatoria y PageRank, permitió identificar a los sectores de mayor impacto negativo y positivo. Los resultados obtenidos sugieren que los sectores de la Construcción (53), Extracción de petróleo y gas (12), Comercio (54), Actividades inmobiliarias (63) y Actividades profesionales (64) soportaron los mayores efectos negativos. En contraste, los sectores de Procesamiento y conservación de camarón (17) y Acuicultura y pesca de camarón (9) experimentaron el mayor impacto positivo.

Palabras clave: análisis insumo-producto, encadenamientos, COVID-19, pandemia, centralidad, PageRank, teoría de redes, Katz, Bonacich

ABSTRACT

In Ecuador, around 70% of the productive and commercial sector stopped its activities after the declaration of a health emergency. The restrictions imposed on mobility and face-to-face work affected to a greater degree the industries intensive in physical contact and, to a lesser extent, those considered essential. Since the interdependence between productive sectors characterize modern economies, the impact of the shocks caused by the restriction measures adopted by a specific sector could spread to other sectors through their productive chains. In this context, this research evaluated the effects of COVID-19 on the Ecuadorian productive network, through a comparative analysis of centrality indicators calculated from the input-output matrices for the 2019-2020 period. In particular, we identified those sectors with the greatest negative and positive shock by estimating and comparing the Degree, Betweenness, Katz, Random walk closeness and PageRank weighted centrality measures. The results suggest that the Construction (53), Oil and gas extraction (12), Trade (54), Real estate activities (63) and Professional activities (64) sectors suffered the greatest negative effects. In contrast, the Shrimp Processing and Conservation (17) along with the Aquaculture and Shrimp Fishing (9) sectors experienced the greatest positive impact.

Keywords: IO model, linkages, COVID-19, pandemics, centrality, PageRank, networks theory, Katz, Bonacich

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

La Comisión Económica para América Latina (2021) sostiene que América Latina y el Caribe fue la región del mundo emergente más golpeada por el COVID-19. La vulnerabilidad de la región a este choque yace en sus características estructurales: el alto grado de pobreza e informalidad, la heterogeneidad sectorial y baja productividad, la aglomeración urbana, la poca capacidad del Estado y los escasos recursos fiscales, la limitada cobertura y acceso a la seguridad social, así como el deficiente sistema sanitario. En este escenario, los choques externos negativos sumados a los esfuerzos destinados a contener la pandemia (confinamientos, distanciamiento y cierre de actividades productivas) habrían resultado en una variación anual del PIB regional de -6.8%. El segundo trimestre del 2020, es el período durante el cual se habría dado la mayor caída de la actividad económica, 15.35%, respecto a 2019 (CEPAL, 2021; CEPAL, 2022). Según las estimaciones de la CEPAL (2020), aproximadamente el 34.2% del empleo formal y un 24.6% del PIB de la región habrían correspondido a sectores fuertemente afectados por la pandemia.

En lo concerniente al caso ecuatoriano, el Banco Central del Ecuador (2020) estima que, en el año 2020, la economía decreció un 7.8% con respecto a 2019. En particular, la mayor caída (12.8%) se presentó durante el segundo trimestre de 2020 puesto que las medidas de confinamiento, aislamiento y distanciamiento fueron más estrictas en este período. Sin embargo, no sólo la crisis sanitaria provocó un decrecimiento económico de una magnitud tal que, según la Secretaría Técnica de Planificación (2021), no se había observado desde el año 1965. Por una parte, el alto a la extracción y exportación de petróleo a causa de la ruptura de los oleoductos SOTE (Sistema de Oleoducto Transecuatoriano) y OCP (Oleoducto de Crudos Pesados) también contribuyó a la contracción económica. Así mismo, la caída del precio del petróleo en el mercado mundial, a consecuencia la reducción de la demanda agregada resultante de la desaceleración económica mundial, impactó negativamente.

El BCE (2020) explica la contracción de la economía respecto al año 2019 mediante el decrecimiento de la Formación Bruta de Capital Fijo (-11.9%), el Gasto de Consumo final de las familias (-7.0%) y el Gasto del Gobierno (-6.1%). En términos del Valor Agregado Bruto, durante 2020, la Refinación de petróleo y el Transporte habrían recibido el mayor impacto

negativo (con tasas de variación de -19.3% y -13.8%, respectivamente). En contraste, las actividades de Acuicultura, Pesca y los servicios de Correo y Comunicaciones habrían sido los únicos en desempeñarse favorablemente (5.2%, 3.1% y 0.1%) respecto a 2019. En cuanto al nivel general de precios anual, aunque este incrementó durante marzo (0.18%), abril (1.01%) y mayo (0.75%), es decir, durante los meses de mayor confinamiento, el COVID-19 tuvo un efecto deflacionario en la economía. En promedio, la inflación anual experimentó una caída de 0.34%, debido a la contracción en el gasto de las familias (BCE, 2020b).

La Secretaría Técnica de Planificación (2021) señala que el 70% del aparato productivo y comercial paralizó sus actividades a partir de la declaratoria de emergencia sanitaria, afectando directamente al mercado de trabajo. A diciembre de 2020, la tasa de empleo adecuado cayó de 38.8% a 30.8% respecto al mismo período en 2019. Por otra parte, se experimentó un crecimiento del subempleo, desempleo y la informalidad (4.9; 1.1 y 4.3 puntos porcentuales respectivamente). Aunque el número de teletrabajadores se incrementó de 13,019 en febrero a 338,057 en marzo, se perdieron 532,359 puestos de trabajo durante el período marzo-diciembre de 2020. Por actividad económica, resultaron más afectados los servicios de Alojamiento y comida, Comercio y Construcción (127,446; 98,399 y 63,014 empleos perdidos, respectivamente). En contraste, se crearon 4,648 empleos, que corresponden a las industrias de Petróleo y minas (3,813) y Acuicultura y pesca de camarón (835) (BCE, 2021; Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2020a).

En referencia al sector externo, durante 2020 las exportaciones totales en valor cayeron un 9.4% respecto al año anterior. El segmento petrolero tuvo un desempeño poco favorable (-6.2% y -39.5% en términos de volumen y valor, respectivamente) como consecuencia de los bajos precios del crudo y la suspensión de exportaciones petroleras por los daños a los oleoductos. En contraste, las exportaciones no petroleras crecieron tanto en volumen (7.1%) como en valor (9.7%). Aquí, se distinguieron las ventas al exterior de camarón, banano, enlatados de pescado, jugos y conservas además de la madera. En oposición, las importaciones anuales en valor se redujeron un 21% respecto al 2019, en virtud de la contracción productiva interna y el efecto negativo sobre el gasto de las familias causado por el aumento en el desempleo y el ahorro precautorio. A pesar de este impacto negativo, las importaciones no petroleras se destacaron por registrar la menor caída en volumen (-9.6%) y valor (-17.4%) anuales (BCE, 2020c, 2021; Secretaría Técnica de Planificación, 2021).

De acuerdo al análisis de la incidencia de la pandemia realizado por la Secretaría Técnica de Planificación (2021) para el período marzo-diciembre del año 2020, el total de pérdidas en ventas netas corrientes ascendió a \$16,381.7 millones, de los cuales el 78% correspondería al sector privado y el 22% al segmento público. El 66.6% de estas pérdidas se concentrarían en el sector productivo y, en particular, en el comercio (33.7%), el turismo (11.0%) y la manufactura (10.5%). En lo relacionado a la dinámica empresarial, el INEC (2021b) señala que entre 2019 y 2020, el número de empresas activas¹ a nivel nacional disminuyó un 4.5%. Mientras la microempresa fue el segmento con la mayor proporción de compañías (91.9%), el número de grandes empresas representó sólo el 0.5% del total. Sin embargo, estas últimas concentraron el 72.4% de las ventas en 2020. Por sector económico, los servicios y el comercio concentraron la mayor cantidad de empresas (44.4% y 34.3% respectivamente), así como las mayores ventas (25.5% y 38.2%) de ese año.

De este breve análisis se desprende que la crisis no se ha manifestado de forma homogénea. Al tratarse de un virus desconocido, la única medida de control fue la prevención, la misma que se tradujo en el cierre de fronteras, confinamientos y distanciamiento social. Estas restricciones afectaron en mayor grado a sectores intensivos en contacto físico y, en menor medida a aquellos considerados indispensables. Sin embargo, dado que las economías modernas se caracterizan por la interdependencia entre sectores productivos, el impacto de los choques provocados por las medidas de restricción adoptadas por un sector específico, pudo propagarse a otros sectores a través de sus encadenamientos productivos.

En este sentido, es vital evaluar la incidencia de la pandemia sobre el tejido productivo mediante un análisis de las relaciones insumo-producto entre industrias. A su vez, esta evaluación contribuiría a una adecuada creación e implementación de políticas públicas que permitan, no sólo recuperar, sino elevar los niveles de crecimiento económico que se tenía antes de la pandemia de manera sistémica. Específicamente, la presente investigación aportaría a la materialización de las políticas propuestas por el Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 (2021): mejoramiento de la productividad y competitividad, potenciamiento de los encadenamientos y las redes productivas y creación de condiciones macroeconómicas que generen crecimiento económico.

¹ Se toman en consideración a aquellas unidades económicas que registraron alguna de las siguientes condiciones: 1) declararon ventas en el Servicio de Rentas Internas; 2) registraron plazas de empleo registrado en el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social; o, 3) pagaron impuestos bajo el Régimen Impositivo Simplificado INEC (2021b).

Así mismo, apoyaría a los hacedores de políticas en la toma de decisiones más precisas que contribuyan a alcanzar los objetivos determinados por la Constitución de la República del Ecuador (2008) en sus artículos 284, 285, 304, 319 y 389: “Mantener la estabilidad económica, entendida como el máximo nivel de producción [...]”, “Incentivar la producción nacional, la productividad y competitividad sistémicas [...]”, generar “[...] incentivos para la inversión en los diferentes sectores de la economía y para la producción de bienes y servicios [...]”, “Fortalecer el aparato productivo y la producción nacionales”, alentar “[...] la producción que satisfaga la demanda interna y garantice una activa participación del Ecuador en el contexto internacional” y “[...] recuperar y mejorar las condiciones anteriores a la ocurrencia de una emergencia o desastre”.

En consecuencia, el fin de la presente investigación es evaluar los efectos del COVID-19 en la red productiva ecuatoriana, a través de un análisis comparativo de los índices de centralidad en el período 2019-2020. En concreto, se realizará un levantamiento de la literatura existente en torno a la evaluación ex ante del choque del COVID-19 en otros países. A continuación, se aplicarán metodologías provenientes de la teoría de redes, particularmente el concepto de centralidad, para caracterizar la red productiva ecuatoriana. Finalmente, se estimarán los efectos derivados de la crisis sanitaria sobre las transacciones comerciales que realizan los sectores productivos.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes modernos de las pandemias en el mundo

Bloom et al. (2022) distinguen tres dimensiones que explicarían las diferencias en los efectos económicos de una pandemia o epidemia: la primera hace referencia a las características propias de una enfermedad (mortalidad, morbilidad, infecciosidad y perspectivas de recuperación); la segunda se relaciona con las diferencias en la susceptibilidad de la población a la enfermedad (como la proporción de la población conformada por adultos mayores que podrían ser más vulnerables a la infección o el porcentaje de personas de bajos recursos que no tendrían acceso a servicios de salud); y, por último, las heterogeneidades entre países (por ejemplo, en términos de riqueza).

De acuerdo a su impacto macroeconómico, en el corto plazo, las enfermedades infecciosas pueden clasificarse en: (i) Enfermedades con altas tasas de infección, particularmente, entre la población en edad de trabajar. Estas epidemias producen la pérdida directa de la oferta laboral y su impacto crece junto con las tasas de mortalidad y morbilidad. En este grupo, destaca la Gripe española. (ii) Aquellas transmitidas a través de interacciones sociales casuales y pueden causar reducciones en el consumo y oferta laboral. Esto, a consecuencia del desconocimiento o falta de disponibilidad de medios de prevención, así como la alta incertidumbre al tratarse de enfermedades nuevas. Aquí destacan el síndrome respiratorio agudo grave (SARS), la enfermedad por el virus del Ébola (EVE) y el COVID-19 (Bloom et al., 2022).

El fin de la Primera Guerra Mundial marcó el inicio de la Pandemia de gripe de 1918-1919. Este brote pudo haberse originado en Francia, China o Kansas. De forma similar a la pandemia del COVID-19, se tomaron medidas como el distanciamiento social, cierre de escuelas, iglesias y restaurantes, así como el lavado de manos y el uso de mascarillas para controlar la propagación del brote. Específicamente, la Pandemia de gripe de 1918 registró altas tasas de mortalidad no sólo para los niños y ancianos, sino también para jóvenes adultos (Beach et al., 2022).

En cuanto a los impactos económicos, la literatura sugiere que, en el corto plazo, existió un choque de oferta negativo, ya que la pandemia cobró la vida o incapacitó desproporcionadamente a adultos en edad de trabajar. Así, en el caso de Estados Unidos, la producción industrial cayó un 20% desde julio de 1918 a enero de 1919, aunque se recuperó rápidamente. Específicamente, la producción de las industrias textil, maderera y de carbón junto con las ventas minoristas y la actividad manufacturera experimentaron efectos negativos. En contraste, las farmacias y las ventas por catálogo incrementaron sus ventas (Beach et al., 2022).

En relación a las pandemias y epidemias del presente siglo, podemos referirnos al brote de SARS que surgió a finales de 2002 en la provincia china de Guandong, y cuyos efectos se sintieron, principalmente, en varias economías de Asia oriental y sudoriental. En particular, fueron afectadas la República Popular China, Hong Kong, Singapur, Taipéi y Vietnam. El SARS alcanzó su punto más alto (en referencia a la incidencia de casos) durante el segundo trimestre de 2003 y se declaró finalizado en julio de 2003. El Asian Development Bank (2003) estima el costo total para estas economías en, aproximadamente, \$18 mil millones en términos del PIB nominal para 2003 (Asian Development Bank, 2003; Beutels et al., 2009; Keogh-Brown & Smith, 2008).

De acuerdo al Asian Development Bank (2003) y Fan (2003), en el corto plazo, el canal de transmisión principal del choque del SARS fue la caída de la confianza del consumidor debido a la incertidumbre y el miedo al contagio. Esto a su vez, provocó una reducción significativa del consumo privado. En este sentido, aunque el brote afectó a cada componente de la demanda agregada, el consumo privado sufrió el mayor impacto negativo. En particular, los sectores del turismo y servicios relacionados (transporte, alojamiento y alimentación), así como el comercio al por menor presentaron las mayores pérdidas (Asian Development Bank, 2003; Beutels et al., 2009; Fan, 2003; Keogh-Brown & Smith, 2008).

Durante la década pasada, el continente africano fue golpeado por la EVE, la cual comenzó en Guinea a finales de 2013 y se extendió a Liberia y Sierra Leona durante los primeros meses de 2014. El Banco Mundial (2015) estima que las pérdidas del PIB de los tres países, hasta 2015, ascienden a \$2,200 millones (\$240, \$535 y \$1,400 millones para Liberia, Guinea y Sierra Leona, respectivamente). El impacto económico del brote se daría a través de dos canales distintos: primero, los costos directos e indirectos propios de la mortalidad y morbilidad y; segundo, los efectos conductuales derivados del miedo al contagio. El primero

está relacionado con el consumo de recursos de salud y el retiro, temporal o permanente, de las personas del mercado laboral. Además, parte de la fuerza de trabajo soportó la carga de cuidar directamente de los infectados, provocando pérdidas de productividad (Banco Mundial, 2014; Qureshi, 2016).

Sin embargo, el efecto más significativo no estuvo relacionado con el primer canal sino con el comportamiento de aversión (de agentes nacionales e internacionales) reflejado en el incremento del ausentismo laboral y la reducción de las interacciones económicas. En particular, el miedo a asociarse con otros llevó a una caída en la participación de la fuerza laboral colectiva, abandono de áreas infectadas, empleados de compañías extranjeras despedidos y cierre de fronteras para las exportaciones. Los cambios comportamentales resultarían en niveles generalmente bajos de empleo, ingresos y demanda de bienes y servicios. En consecuencia, los sectores de comercio, minería, agricultura y servicios sufrirían el mayor impacto negativo (Banco Mundial, 2014; Economic Commission for Africa, 2015; Qureshi, 2016).

2.2. Incidencia del choque de la pandemia a nivel internacional

El COVID-19 no puede ser clasificado con facilidad como un choque de oferta o de demanda. Más aún, el impacto sobre los diferentes sectores productivos se ha caracterizado por su heterogeneidad. En este contexto, Baqaee & Farhi (2022) sugieren que todos los sectores experimentan reducciones, en términos de horas trabajadas. Sin embargo, en algunas industrias, estas reducciones se deberían a restricciones en la oferta y en otros casos, a una carencia de demanda. Mediante la aplicación de un modelo de equilibrio general para Estados Unidos, hallan que las industrias de productos alimenticios; servicios de alimentación y alojamiento; así como la construcción estarían restringidas por la oferta. Las causas podrían ser los cierres obligatorios, las medidas de distanciamiento social que limitan la capacidad con la que las empresas pueden operar de manera segura y los temores de los empleadores a ser legalmente responsables si sus empleados se contagian.

En contraste, las industrias del transporte, así como la extracción de petróleo, gas y carbón habrían estado restringidas por la demanda. Estas actividades habrían experimentado fuertes reducciones en el gasto nominal, ya sea directamente por parte de los hogares o indirectamente a través de la cadena de oferta. Para el mismo país, Brinca et al. (2020)

encuentran que dos tercios de la caída de la tasa de crecimiento de las horas trabajadas en marzo y abril de 2020 podría atribuirse a los choques de oferta negativos. En esta investigación, se consideran como choques de oferta negativos la imposibilidad de trabajar desde casa y el aislamiento voluntario para evitar el contagio. En cuanto a los choques de demanda negativos, se toman en consideración la disminución en el consumo de bienes y servicios intensivos en contacto físico y la caída del ingreso personal como resultado de la menor demanda laboral. Así, el sector de entretenimiento y alojamiento sería aquel con el mayor impacto negativo de oferta y demanda. Por el contrario, el grupo de sectores menos afectados lo conformarían los servicios básicos; actividades financieras e información.

De nuevo en el contexto norteamericano, del Rio-Chanona et al. (2020) encuentran que los impactos de oferta y demanda representarían una caída de aproximadamente un cuarto del valor agregado de la economía norteamericana. Por una parte, se consideran las reducciones del lado de la oferta debido al cierre de las industrias no esenciales y la incapacidad de los trabajadores para realizar sus actividades de forma remota. Por otra parte, se analizan los cambios en el lado de la demanda causados por la respuesta inmediata de las personas a la pandemia, tal como el incremento del consumo de atención médica y la reducción en el consumo de bienes o servicios que representarían un mayor riesgo de contagio. Los resultados sugieren que las actividades de manufactura; minería y ciertos sectores de servicios habrían experimentado choques inmediatos más grandes del lado de la oferta en relación a los choques del lado de la demanda. De forma similar, las industrias del entretenimiento; restaurantes y turismo habrían sufrido reducciones de demanda y oferta. En oposición, el sector de la salud habría observado un aumento en la demanda de su producción.

Otra línea de investigación se ha enfocado en estudiar el papel de la red productiva en la transmisión del choque económico derivado de la pandemia. Barrot et al. (2020) estiman el efecto de choque de oferta asociado a las medidas de distanciamiento para Francia. Específicamente, este análisis propone que dichas medidas provocan una caída en la producción nacional que es difícil de cuantificar sin tomar en cuenta las relaciones insumo-producto. Los resultados sugieren que, aparte de los sectores directamente afectados por las medidas de distanciamiento social, aquellos cuyo valor agregado disminuye más son los sectores aguas arriba². Así, entre los sectores que recibieron el impacto directo estarían artes y ocio junto con restaurantes. Entre los sectores aguas arriba estarían la minería; actividades

² Los efectos del choque se transmiten de proveedor en proveedor.

técnicas; consultoría y servicios básicos. Barrot et al. (2020) concluyen que los sectores aguas abajo³ resultarían más perjudicados en términos de fuerza de trabajo activa. En cambio, los sectores aguas arriba sufrirían más significativamente en términos de valor agregado.

Anufriev et al. (2021) evalúan el efecto a corto plazo de las medidas de distanciamiento social sobre el valor agregado sectorial australiano. Esta investigación plantea que dichas medidas contribuyeron a un fuerte choque exógeno sobre la fuerza de trabajo. Específicamente, se distinguen dos efectos: el mayor desempleo debido a los cierres sectoriales y la reducción de las horas de trabajo en industrias no esenciales. Entre los sectores más negativamente afectados estarían aquellos directamente golpeados por las regulaciones de distanciamiento (artes; recreación; servicios de alojamiento y alimentación), así como sus proveedores principales. Así mismo, los sectores aguas arriba estarían sujetos a grandes pérdidas de valor agregado, las cuales podrían atribuirse al efecto de red compuesto. Además, la reducción de las relaciones de intercambio y la desaceleración general se reflejaría en la caída del valor agregado de sectores como servicios básicos y transporte. En contraste, los servicios con encadenamientos limitados con los sectores afectados exhibirían impactos neutrales.

En el caso de Italia, Giammetti et al. (2020) investigan el papel de la cadena de valor en la transmisión del impacto económico de las medidas de confinamiento. Este análisis plantea que, al detener el proceso de producción de los sectores clave, el confinamiento ha llevado a una caída en los insumos ofertados y demandados por el sector en confinamiento. En este contexto, en términos de valor agregado, los sectores más afectados serían la manufactura; construcción; alojamiento y alimentación; deportes y recreación. En el caso de la construcción, el efecto se propagaría principalmente a través de las cadenas de valor indirectas. Esto debido a que sería un proveedor y consumidor de insumos relevante en la red productiva italiana. Además, mantendría conexiones indirectas importantes con otros sectores influyentes. Ahora, si se deja de lado el efecto sobre el valor agregado determinado directamente por el aislamiento, y se considera el impacto debido a las relaciones insumo-producto, incluso las actividades que no están sujetas al confinamiento recibirían un impacto significativo. A saber, agricultura; servicios financieros y profesionales; transporte; información; y servicios básicos.

McCann & Myers (2020) toman ventaja del amplio uso del crédito comercial en Irlanda para identificar las industrias que tienen los mayores encadenamientos con sectores alta o

³ Los efectos del choque se transmiten de comprador en comprador.

moderadamente afectados por las políticas de distanciamiento social. La noción principal de esta investigación es que los sectores aguas arriba, que no están directamente expuestos a las políticas de contención del COVID-19, podrían ser afectados a través de sus clientes aguas abajo, si estos últimos sufren graves pérdidas de ingresos. Esto debido a que, si los sectores aguas abajo no tienen suficiente liquidez, es menos probable que puedan cumplir con las obligaciones crediticias que tienen con sus proveedores aguas arriba. De esta forma, el sector más vulnerable sería la construcción, en términos de ventas anuales. A este le seguirían los sectores de almacenamiento; servicios administrativos; actividades inmobiliarias; actividades legales y contables; servicios financieros junto con servicios de información.

Bonet-Morón et al. (2020) calculan el cambio en el PIB como resultado de una reducción del empleo en la economía colombiana. Las estimaciones sugieren que, cuando la proporción de trabajadores en confinamiento oscila entre el 20% y 60%, los servicios inmobiliarios; servicios administrativos; construcción; comercio al por mayor y menor; y servicios de alojamiento y alimentación tendrían la participación más alta en la pérdida total del PIB. Este estudio señala que dichos sectores tienen en común su dependencia de los encadenamientos productivos. Es decir, para el caso colombiano, las actividades relacionadas con los servicios exhiben los mayores encadenamientos hacia adelante. En cambio, la construcción se destaca por sus encadenamientos hacia atrás. En este sentido, los encadenamientos intersectoriales de la economía permitirían que aquellos sectores no restringidos por las medidas de aislamiento se vean afectados por la menor demanda u oferta de las industrias de las que dependen.

En un estudio a nivel de empresas, Inoue et al. (2020) investigan cómo interactúan los efectos económicos derivados de la adopción de las medidas de confinamiento, a través de las cadenas de oferta entre las diferentes prefecturas de Japón. Los resultados de este estudio sugieren que, incluso si una región no está confinada, su economía aún puede ser perjudicada debido a la propagación del efecto del aislamiento social implementado en otras prefecturas, a través de las cadenas de oferta. Al considerar el papel de la estructura de red en el contexto de la propagación del efecto del confinamiento, las conclusiones apuntan a que una prefectura con un gran número de empresas aguas arriba o con muchos proveedores de materiales y partes simples, no lograría una mejora sustancial de su producción si levanta su confinamiento sola. Por otra parte, la recuperación de una región al abandonar su confinamiento sería mayor si los

proveedores, aún confinados, pudieran ser reemplazados por otros, dentro de la misma región o en otras regiones no restringidas.

Alternativamente, parte de la literatura se ha enfocado en analizar la heterogeneidad del impacto sobre diferentes regiones mediante la inclusión de la dimensión espacial al análisis insumo-producto. Prades Illanes & Tello Casas (2020) establecen que el COVID-19 tuvo un impacto heterogéneo no sólo entre países, sino también entre regiones dentro de un mismo país. Por una parte, esto se debería a las diferencias en las medidas de distanciamiento social adoptadas y, por la otra, a las características estructurales de las economías. En el contexto de las Comunidades Autónomas de España, se cuantifica el impacto de las medidas de distanciamiento en función de la estructura productiva y de las relaciones cliente-proveedor intersectoriales. La reducción de la actividad, en términos de valor agregado regional, sería mayor en las Comunidades en las cuales los sectores del turismo, fabricación de vehículos y transporte tienen un mayor peso en su estructura productiva. En particular, el sector de servicios habría experimentado de forma más aguda las consecuencias directas del confinamiento. En lo que respecta a la fabricación de vehículos, el impacto regional habría sido mayor debido al cierre de plantas de producción y, además, al efecto arrastre sobre otros sectores.

Ricciulli-Marin et al. (2020) describen las principales diferencias regionales en el impacto económico del confinamiento en Colombia. En este análisis, se estiman las pérdidas económicas para un escenario en el cual el 60% de trabajadores ocupados están en aislamiento. Como principal resultado destaca la heterogeneidad en la distribución del choque económico a través de los departamentos colombianos. Por una parte, la participación de una región en la pérdida económica total dependería, principalmente, del aporte de la misma al valor agregado nacional. En un nivel más granular, dentro de las regiones con los impactos negativos más significativos, los departamentos que encabezan las pérdidas se caracterizan por presentar los mayores encadenamientos hacia adelante. A nivel regional, las pérdidas se concentran en la rama de servicios. Finalmente, considerando la vulnerabilidad de los sectores, se destacan las actividades más afectadas por las medidas de aislamiento o aquellas cuyo proceso productivo depende, en gran parte, de sectores restringidos.

En un estudio similar para Colombia, Hernández & Quintero (2021) estiman, a través de las dinámicas regionales, que los impactos negativos del confinamiento habrían provocado una caída del 8.2% de la producción. Sin embargo, este efecto depende de la medida en la que cada sector fue afectado por las políticas de restricción, así como de la estructura sectorial de

cada uno de los 32 departamentos colombianos. De ahí que se observen impactos regionales heterogéneos, los cuales evidenciarían la importancia de los encadenamientos de la economía. Adicionalmente, se investigan los efectos del confinamiento sobre el comportamiento del comercio interregional simulando el aislamiento, únicamente, de Bogotá. En este escenario, los sectores agroindustriales incrementarían su comercio entre departamentos dado el papel poco destacado de Bogotá como productor de alimentos. En oposición, los sectores industriales además de la construcción, comercio y algunos servicios disminuirían sus relaciones de intercambio interregional debido a la menor compra de insumos por parte de la capital colombiana, así como la menor oferta de consumo intermedio.

Haddad et al. (2021) identifican qué regiones mostrarían mayor sensibilidad a las medidas de restricción y qué sectores serían los más afectados en el Estado de São Paulo, Brasil. Los resultados proponen que, para un período de cuatro semanas, aquellas áreas donde el descenso del producto regional bruto sería considerable se caracterizarían por la notable contribución de los sectores de servicios y comercio a dicha pérdida. Estas actividades enfrentarían impactos más fuertes debido a los cambios comportamentales del consumidor. En general, los servicios no esenciales se distinguirían por su elevada vulnerabilidad económica a las medidas de restricción. En contraste, los servicios esenciales y aquellos sectores que no involucren interacciones personales importantes serían, relativamente, menos vulnerables. Ahora bien, algunos sectores menos restringidos, como aquellos asociados con las cadenas de valor de creación de capital, también presentarían una vulnerabilidad relativamente alta. Este fenómeno se explicaría por los encadenamientos productivos de estos sectores.

Meinen et al. (2021) indagan la heterogeneidad del impacto económico de la pandemia a nivel regional en Francia, Alemania, Italia y España. Por un lado, este estudio propone que las diferencias en los efectos ex post de la crisis sanitaria podrían deberse a la interacción entre las medidas de contención adoptadas y la estructura sectorial de una región. Esto, en vista de que los sectores productivos han estado expuestos de forma desigual a las restricciones gubernamentales, a razón de su capacidad para implementar las medidas de distanciamiento social y/o esquemas de trabajo remoto. Por otro lado, esta investigación plantea que, además del impacto directo relacionado a la estructura sectorial, las regiones también habrían sido afectadas indirectamente a través de sus relaciones comerciales. En particular, este efecto se relacionaría con la pérdida en la demanda de las exportaciones de insumos intermedios. Este

hallazgo se presentaría sólo para el comercio interno de un país y se explicaría por la tendencia de las regiones a comerciar con otras zonas ubicadas dentro de las mismas fronteras.

Céspedes Rangel & Piraquive Galeano (2020) desarrollan un modelo insumo-producto regional para Bogotá y los 32 departamentos de Colombia con el fin de examinar los efectos de las intervenciones políticas de gasto del gobierno destinadas a frenar la caída del PIB. Con este fin, plantean dos choques de demanda final: uno sobre el sector de servicios de salud y otro sobre la construcción. Para el sector de salud, las estimaciones apuntan a que se pasaría de un crecimiento de -9.5% en un escenario base (es decir, sin ninguna intervención puntual del gobierno), a un -2.39% con una intervención equivalente al 4% del PIB de 2019. De forma similar, en el caso de la industria de la construcción, la introducción de un choque sobre la demanda final de inversión correspondiente al 0.1% del PIB, lograría una transición del PIB de -9.5%, correspondiente al escenario base, a -9.35%. Estos efectos sobre el PIB se explicarían por el efecto multiplicador de los sectores, el cual refleja las interconexiones industriales (o encadenamientos).

En su estudio para México, Solís y Arias et al. (2022) identifican los sectores más y menos resilientes, así como la dinámica de recuperación entre la primera y segunda ola de COVID-19. Entre los sectores con la mayor resiliencia estarían la manufactura; servicios de salud y comercio. Estas industrias se habrían recuperado rápidamente, a pesar de sufrir los efectos del confinamiento y demás restricciones, debido a su papel en la producción de bienes y servicios de primera necesidad. Un segundo grupo formado por las actividades con la menor resiliencia incluiría a los servicios de apoyo a los negocios; alojamiento; preparación de alimentos y bebidas además del transporte. Estos sectores se habrían visto afectados debido a que, por naturaleza, requieren una gran cantidad de interacción social o, en su defecto, habrían adoptado medidas de trabajo remoto.

Respecto a la trayectoria de recuperación de los sectores económicos, Solís y Arias et al. (2022) identifican tres categorías. En primer lugar, los sectores efectivamente perjudicados por la segunda ola, los cuales, en su mayoría, se caracterizan por su necesidad de proximidad física: transporte; medios de comunicación; servicios no esenciales junto con hoteles y restaurantes. A continuación, aquellos no afectados por la segunda ola: minería; construcción; manufactura; comercio; servicios educativos y de salud. Estos se distinguen por su importancia como productores de insumos intermedios o por su destacada participación en las exportaciones o en el sector público. Finalmente, algunas industrias no habrían sido afectadas

inicialmente por las medidas de contingencia, no obstante, su capacidad productiva se habría deteriorado tardíamente por el impacto indirecto de los demás sectores. Este grupo incluiría a la agricultura; servicios financieros y corporativos además de las actividades gubernamentales.

A continuación, como parte de los estudios ex post, Albornoz Mendoza et al. (2022) cuantifican el impacto de los choques de oferta y demanda sobre la economía mexicana. Así, consideran el choque de oferta derivado de la falta de insumos importados provenientes de China y Norteamérica, la suspensión de las actividades no esenciales y el cambio en la capacidad instalada de algunas empresas. En cuanto a los choques de demanda, analizan la caída en la demanda externa e interna a causa de las medidas de confinamiento y distanciamiento, así como el incremento en la demanda de servicios de salud, comercio y entretenimiento digitales. Los resultados sugieren que el choque de demanda se habría prolongado más y por ello, habría sido más severo que el choque de oferta. En cuanto a las actividades económicas, los servicios serían los más afectados por las restricciones de oferta y demanda.

De igual forma, se ha considerado el papel del nivel de formalización del mercado laboral en los efectos económicos de la pandemia. En este contexto, Ferreira dos Santos et al. (2020) evalúan los impactos económicos de la salida de los trabajadores informales del mercado laboral del estado de Bahía en Brasil, debido a las políticas de aislamiento social. Del lado de la demanda, cuanto mayor sea la proporción de trabajadores informales, mayor podría ser la disminución en el ingreso de los hogares y menor el consumo. Por el lado de la oferta, la mano de obra informal se habría desempeñado en actividades económicas (como el comercio y servicios) que son, generalmente, paralizadas durante el aislamiento. De esta forma, si la fuerza laboral informal sale del mercado laboral, y en ausencia de políticas compensatorias, las actividades de servicios sufrirían la mayor pérdida en términos del PIB sectorial estatal. Además, los sectores esenciales también se verían afectados, incluso si estuvieran operando normalmente, debido a las relaciones comerciales indirectas. Por el contrario, el sector de administración pública habría presentado una ligera disminución en su actividad dado que este opera en una estructura rígida de trabajadores formales.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

En el campo de la Economía, durante las dos últimas décadas, se han multiplicado los estudios que involucran la aplicación de herramientas provenientes de la teoría de redes. Se pueden mencionar principalmente los estudios relativos a las redes de colaboración entre empresas, formación de redes de contacto laborales, redes de información e incluso se ha analizado a la desigualdad como un fenómeno de red (Jackson, 2007). En una corriente de investigación alterna, Acemoglu et al. (2012) y Carvalho & Tahbaz-Salehi (2019) estudian la difusión de choques de productividad y la generación de efectos cascada en términos de las propiedades estructurales de la red productiva. Jackson (2016) atribuye esta expansión a la necesidad de considerar los patrones de interacciones entre agentes, y en general las estructuras de red, para lograr un entendimiento integral de los fenómenos económicos observados.

Para comprender los efectos del COVID-19 sobre el tejido productivo ecuatoriano, la presente investigación se apoyará en la estimación y comparación de indicadores de centralidad para las matrices insumo-producto del período 2019-2020. Estas matrices muestran las relaciones de compra y venta entre las actividades económicas del país para un conjunto de 70 sectores productivos según la Clasificación de Industrias de Cuentas Nacionales (Ver **Anexo B**).

En base a estas matrices, se efectuará un análisis comparativo de los índices de centralidad mediante estadística descriptiva e ilustraciones de grafos. Para ello, se empleará el software Gephi para la visualización de las redes productivas a partir de la construcción de grafos. Asimismo, nos serviremos de las plataformas R, Python y MATLAB para el análisis exploratorio de la centralidad.

3.1. Planteamiento básico de una red productiva

Una matriz insumo-producto puede representarse como un grafo dirigido y ponderado. En dicho grafo, cada sector corresponde a un nodo o vértice, mientras que la transacción de un sector con otro constituye una arista. Así pues, suponemos un grafo $G = (N, E)$ compuesto por un conjunto de nodos $N = \{1, \dots, n\}$ y un conjunto de aristas $E \subset N \times N$. Cada arista

$(i, j) \in E$ tiene asignado un peso $a_{ij} > 0$, tal que $a_{ij} \neq a_{ji}$, por tratarse de un grafo dirigido (Acemoglu et al., 2012; Blöchl et al., 2011).

De esta manera, el grafo puede ser resumido por la matriz de adyacencia $A = \{a_{ij}\}_{n \times n}$. En términos de la red productiva, esta arista existe si el sector i es proveedor de insumos para el sector j . Además, puesto que la producción del sector i puede ser demandada también por ese mismo sector, la red admite la existencia de bucles (también llamados auto enlaces), es decir, $a_{ii} \neq 0$ (Acemoglu et al., 2012; Blöchl et al., 2011).

3.2. Indicadores Ponderados de Centralidad

De forma general, se puede decir que el concepto de centralidad hace referencia a la identificación de los agentes que son más importantes en términos de su posición en la estructura de una red (Jackson et al., 2017; Opsahl et al., 2010; Wasserman & Faust, 1994). Específicamente, Jackson et al. (2017) plantean cuatro diferentes aspectos que describen esta posición: (i) qué tan bien conectado está un agente, (ii) cuán cercano es un agente a otros, (iii) hasta qué punto un agente es un intermediario crítico entre otros agentes, y (iv) hasta qué punto un agente está conectado con otros agentes influyentes.

Con el fin de analizar los aspectos (i) y (iii), en el presente estudio se implementarán los índices de centralidad de grado e intermediación para redes ponderadas planteados por Opsahl et al. (2010). El indicador de centralidad de cercanía de caminata aleatoria propuesto Blöchl et al. (2011) nos ayudará a evaluar el aspecto (ii). Finalmente, el índice de centralidad alfa de Bonacich & Lloyd (2001) y el índice PageRank de Page & Brin (1998) nos permitirán determinar el punto (iv) en el contexto de la red productiva ecuatoriana.

3.2.1. Centralidad de grado ponderada

Este índice, también llamado “fuerza de un nodo”, es la forma más sencilla de medir la centralidad de un agente pues su estimación sólo requiere del conocimiento de la estructura circundante a un nodo. De acuerdo a Freeman (1978), Scott (2017) y Wasserman & Faust (1994), la centralidad de grado de un nodo es el número de adyacencias (es decir, vértices vinculados directamente) a dicho nodo. Puesto que este índice se estima en términos de conexiones directas entre vértices, no ofrece detalles acerca de la posición de un nodo en la totalidad de la red. De ahí que este indicador provea una noción de qué tan bien situado está

un vértice, únicamente, dentro de su entorno local (Barrat et al., 2004; Jackson, 2010; Opsahl et al., 2010).

De acuerdo a Opsahl et al. (2010), la centralidad de grado para redes ponderadas puede definirse como:

$$C_i^D = k_i^{(1-\theta)} \times s_i^\theta$$

Donde:

- C_i^D es el grado de centralidad de un nodo i .
- $k_i = \sum_{j \in N} \mathbf{1}_{a_{ij} > 0}$ es el número de nodos a los cuales está conectado el nodo i .
- $s_i = \sum_{j \in N} a_{ij}$ es la suma de los pesos de las aristas que conectan al nodo i con otros nodos.
- θ es un parámetro de ajuste que controla la importancia relativa entre el número de aristas ($\theta = 0$) y los pesos de las mismas ($\theta = 1$).

Si nos referimos a la red productiva del país, concluiríamos que un sector i es central, dentro de su entorno local, si exhibe un indicador de centralidad de grado alto. En este sentido, este índice nos permite hacer comparaciones entre sectores, pero no implica que existirá un único sector central en la red (Scott, 2017).

3.2.2. Centralidad de intermediación ponderada

Al igual que la centralidad de grado, la centralidad de intermediación también estima qué tan bien está ubicado un nodo en la estructura de la red productiva. Sin embargo, en este caso no se considera exclusivamente los nodos inmediatamente vecinos, sino todos los nodos que conforman la red y que puedan estar conectados mediante caminos geodésicos⁴. Este indicador está construido en torno al concepto de dependencia local: un agente X depende de otro, llamémosle agente Z, si los caminos geodésicos que conectan a X con otros agentes pasan a

⁴ Un camino es una secuencia de aristas que conectan a una secuencia de nodos con la particularidad de que cada nodo y cada arista son distintos. Por su parte, un camino geodésico se define como el camino más corto entre los nodos i y j . Puesto que en un grafo dirigido todas las aristas apuntan en la misma dirección, los caminos más cortos entre i y j pueden diferir de los caminos más cortos entre j e i (Jackson, 2010; Newman, 2010; Wasserman & Faust, 1994).

través de Z . En este contexto, este índice mide hasta qué punto Z puede ejercer el papel de “intermediario” (Jackson, 2010; Opsahl et al., 2010; Scott, 2017).

Opsahl et al. (2010) proponen una generalización para el indicador de centralidad de intermediación que combina tanto el número de nodos intermediarios como los pesos de las aristas:

$$C_i^B = \sum_j \sum_k \frac{g_{jk}^\theta(i)}{g_{jk}^\theta}$$

Donde:

- C_i^B es el índice de centralidad de intermediación ponderada del nodo i .
- g_{jk}^θ es el número total de caminos geodésicos entre los nodos j y k .
- $g_{jk}^\theta(i)$ es el número de caminos geodésicos entre los nodos j y k , que pasan por el nodo i .
- θ es un parámetro de ajuste que controla la importancia relativa entre el número de aristas ($\theta = 0$) y los pesos de las mismas ($\theta = 1$).

En el contexto de la red productiva ecuatoriana, se puede considerar que un sector i con un indicador de centralidad de intermediación elevado tendría influencia sobre las transacciones comerciales entre cualquier par de sectores, ya sean cercanos o distantes. Incluso si el sector i exhibiera un índice de centralidad de grado relativamente bajo, podría sugerirse que tiene un papel importante como intermediario y que, por lo tanto, es central a la red (Newman, 2010; Scott, 2017).

3.2.3. Centralidad alfa ponderada⁵

Este índice se basa en la premisa de que la influencia de un agente no puede evaluarse de forma aislada. Dicho de otra forma, la centralidad de un nodo se eleva si sus nodos vecinos también tienen una centralidad alta. Bajo este supuesto, Bonacich (1987) propuso la inclusión de un parámetro de dependencia α , el cual expresa hasta qué punto la relevancia de un agente es una

⁵ En otros contextos este indicador es también conocido como Centralidad de Katz.

función de la importancia de aquellos agentes a los que está conectado (Koschützki et al., 2005; Scott, 2017; Wasserman & Faust, 1994).

Valores bajos del parámetro α añaden más peso a la estructura local, mientras que valores altos de α implican un impacto mayor de la estructura de la red sobre el índice de centralidad. En consecuencia, este parámetro evidencia en qué medida el índice de centralidad alfa es un indicador de centralidad local o global (Bonacich, 1987; Koschützki et al., 2005; Marin & Wellman, 2011). Bonacich & Lloyd (2001) definen esta medida como:

$$C^\alpha = (I - \alpha A^T)^{-1} e$$

Donde:

- C^α es el vector de centralidades.
- I es la matriz identidad.
- A^T es la transpuesta de la matriz de adyacencia A .
- e refleja los efectos causados por choques externos. En concordancia con Bonacich & Lloyd (2001), se supondrá que es un vector de unos para evaluar los efectos de todos los nodos de la red.
- α es un parámetro de dependencia. Puede tomar valores positivos, negativos o cero⁶.

Un sector central, es decir, aquél con un indicador alfa elevado, se consideraría como un proveedor de insumos importante para otros proveedores igualmente influyentes en la red productiva.

3.2.4. Centralidad de cercanía de caminata aleatoria

Las matrices insumo-producto, en su representación de redes ponderadas y dirigidas, se caracterizan por estar casi completamente conectadas y contener bucles significativos.

⁶ Si se considera $\alpha = 0$, el índice de centralidad alfa es proporcional a la centralidad de grado del nodo i . En cambio, un $\alpha < 0$ es apropiado en situaciones de negociación en las que la importancia o influencia de un agente se eleva al estar vinculado con agentes más débiles (Bonacich, 1987; Koschützki et al., 2005; Scott, 2017; Wasserman & Faust, 1994).

Considerando estas propiedades, Blöchl et al. (2011) plantean un nuevo índice de centralidad asumiendo que las transacciones entre los sectores productivos se presentan mediante una caminata aleatoria⁷. Su finalidad es cuantificar la respuesta de los sectores a un choque económico. Así, un choque de oferta comienza en un determinado sector y se propaga, en forma de flujo de insumos intermedios, a otros sectores de la economía. El destino de esta caminata es aquel sector para el cual la producción satisface la demanda final.

Con el fin de generalizar el concepto de cercanía, Blöchl et al. (2011) proponen evaluar la distancia entre nodos mediante la distancia media del primer paso. En consecuencia, definen el índice de centralidad de cercanía de caminata aleatoria como:

$$C_i^{RW} = \frac{n}{\sum_{j \in N} h_{ij}}$$

Donde:

- C_i^{RW} es el índice de centralidad de cercanía de caminata aleatoria para el nodo i .
- n es el número de nodos en la red.
- h_{ij} es la distancia media del primer paso desde nodo i hacia el nodo j . En otras palabras, es el número esperado de pasos para que una caminata aleatoria que empieza en el nodo i alcance por primera vez el nodo j . Específicamente, $h(i, j) := \sum_{r=1}^{\infty} r P(i \xrightarrow{r} j)$ donde r es el número de pasos antes llegar al nodo j por primera vez desde el nodo i , y $P(i \xrightarrow{r} j)$ es la probabilidad de realizar estos pasos calculada en función a los pesos de las aristas.

Este índice se enfoca en qué tan rápido es visitado un nodo durante la caminata aleatoria de un choque. En el contexto de redes productivas, un indicador de centralidad de cercanía de caminata aleatoria alto sugiere que un sector i resulta más rápidamente afectado por un choque de oferta aleatorio y, por lo tanto, es un sector central.

⁷ En el contexto de grafos, una caminata aleatoria comienza en un nodo dado y continúa mediante la elección de un nodo vecino. Esta decisión se basa en la distribución de probabilidad de los pesos de las aristas. Este proceso se extiende durante un tiempo arbitrariamente largo o hasta que se haya alcanzado un determinado objetivo (Blöchl et al., 2011).

3.2.5. PageRank

PageRank es un sistema de puntuaciones que permite determinar la importancia relativa de cada página web, basándose en la estructura de enlaces de la World Wide Web. Este método de cálculo fue ideado por Page & Brin (1998) con el fin de distinguir a las páginas relevantes de aquellas que eran menos conocidas. El índice PageRank, al igual que indicadores como la centralidad Alpha y la centralidad de Katz⁸, se apoya en la noción de que la importancia de un nodo aumenta al estar vinculado con otros nodos también relevantes⁹ (Gleich, 2015; Newman, 2010).

Sin embargo, esta característica plantea una desventaja. Un nodo prestigioso comparte su centralidad con aquellos vértices con los que está vinculado por lo que, si está conectado a un gran número de nodos la centralidad otorgada pierde significado. De acuerdo a Newman (2010), la ventaja de estar conectado a un vértice importante “se diluye al ser compartida con tantos otros”¹⁰. PageRank aborda este problema al reducir el peso de los nodos que tienen prestigio, pero poca capacidad de discriminación. Así, la centralidad de un nodo es proporcional a la centralidad de sus vértices vecinos dividida por el grado de salida de los mismos (Langville & Meyer, 2009; Newman, 2010).

Newman (2010) define este índice como:

$$C^{PR} = D(D - \alpha A)^{-1}e$$

Donde:

- C^{PR} es el vector de centralidades.

⁸ De acuerdo a Newman (2010), la distinción entre el índice PageRank y el índice de Katz es que, el primero está normalizado mediante la división por los grados de salida de los nodos vecinos de un determinado vértice.

⁹ Esta noción se ve reflejada en la tesis bajo la cual la metodología PageRank fue concebida: una página web es importante si es citada por otras páginas igualmente notables (Langville & Meyer, 2009).

¹⁰ El ejemplo de Langville & Meyer (2009) esclarece este punto:

Una recomendación personal de Donald Trump probablemente haga más para fortalecer una solicitud de empleo que 20 recomendaciones de 20 maestros y colegas desconocidos. Por otro lado, si el entrevistador [...] se entera de que Donald Trump es muy [...] generoso con sus elogios a los empleados, y [...] ha escrito más de 40,000 recomendaciones en su vida, entonces su recomendación, de repente, pierde peso (p. 27).

- D es una matriz diagonal con elementos $D_{ii} = \max(k_i, 1)$ tal que k_i es el grado de salida del vértice i .
- α es un parámetro de ajuste tal que $0 < \alpha < 1$.
- A es la matriz de adyacencia ponderada.
- e es un vector de unos de manera que se puedan evaluar los efectos de todos los nodos de la red.

En el contexto de redes productivas, un sector i con un índice PageRank alto se consideraría central. En otras palabras, dicho sector sería relevante dado que provee insumos a otros sectores que son también importantes. A su vez, dicha industria se caracterizaría por establecer relaciones proveedor-comprador sólo con un selecto número de demandantes de insumos.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Análisis descriptivo de la red productiva 2019

De acuerdo a la **Figura 1**, los sectores con el Valor Agregado más alto en la red productiva ecuatoriana son: Construcción (53), Comercio (54), Actividades profesionales (64); Administración pública y defensa (65), Transporte (58), Actividades inmobiliarias (63) y Extracción de petróleo y gas (12). En conjunto, estos siete sectores representan aproximadamente el 50% (es decir, \$100,872 millones corrientes) del Valor Agregado Bruto total.

Dentro de este grupo, el sector de la Construcción (53) exhibió el mayor VAB de 2019 (\$11,817 millones corrientes; 11.8% del VAB total) y tuvo una participación del 8.2% en el PIB real. Sin embargo, esta rama de la actividad experimentó un decrecimiento de 4.7% respecto al año anterior. Adicionalmente, concentró el 7.1% (\$69 millones) de la Inversión Extranjera Directa de ese año. De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Censos (2020c), de las 882,766 empresas activas registradas a nivel nacional en el año 2019, el 3.4% (29,633) realizaron actividades de construcción y generaron el 3.0% (\$5,043 millones) de las ventas totales a nivel nacional (Banco Central del Ecuador, 2019, 2022a, 2022b).

Durante 2019, esta actividad concentró el 5.5% (789) de las empresas grandes y medianas del país, el 5.9% de la población con empleo y contribuyó con el 6.7% (\$519 millones) de las remuneraciones pagadas. Por otro lado, este sector es el mayor consumidor de insumos intermedios (\$6,691 millones; 10.6% del consumo total) de la red productiva. El producto resultante del sector constructor tiene como destino final la formación bruta de capital fijo que representa alrededor del 92.2% (\$18,184 millones) (BCE, 2019; INEC, 2019, 2021a).

A continuación, el sector del Comercio (54) registró un VAB de \$8,822 millones corrientes (8.8% del VAB total) y representó la segunda mayor participación en el PIB a precios constantes (10.2%). De forma similar al sector de la Construcción (53), experimentó una tasa de crecimiento anual negativa (-0.8%). El 7.9%, es decir, \$77 millones de la Inversión Extranjera Directa del 2019 fue canalizada a este sector (BCE, 2019, 2022a, 2022b).

Por otro lado, esta rama de la actividad se caracteriza por presentar la mayor proporción de empresas activas a nivel nacional: 33.9% (299,231). Más del 50% (7,486) de las empresas medianas y grandes del Ecuador se concentraron en esta rama. A su vez, es el principal sector económico en términos de ventas en el país, generando el 37.7% (\$63,922 millones) (INEC, 2020b, 2020c, 2021a).

En promedio, el 18.1% de la población con empleo a nivel nacional se ubicó en este sector, el cual además concentró el mayor porcentaje personas con empleo adecuado¹¹ (16.7%, en promedio). Esta actividad económica realizó las mayores erogaciones en remuneraciones, aportando \$1,679 millones (15.3% del total de remuneraciones pagadas en 2019) (BCE, 2019; INEC, 2019).

Este sector se distingue como el segundo mayor consumidor de insumos (\$4,445 millones; 7.1% del consumo total) y el segundo mayor productor de bienes y servicios intermedios (\$6,769 millones; 10.8% de la producción total de la red). En particular, la producción total de esta rama se divide en partes similares entre el consumo intermedio y el consumo final (47,6% y 41,6%, respectivamente) (BCE, 2019).

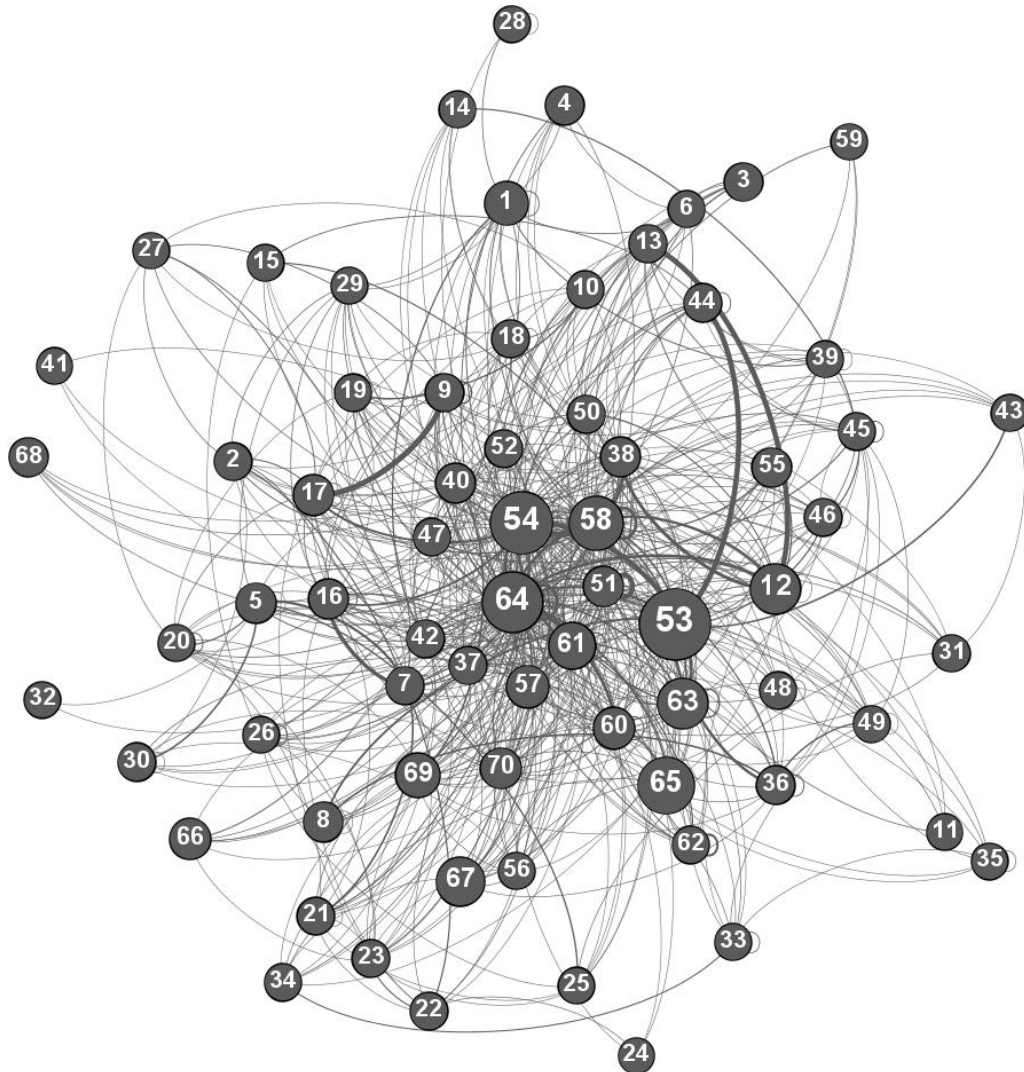
Respecto a las Actividades profesionales (64), estas representan el tercer sector con el mayor VAB de 2019 (\$8,105 millones corrientes; 8.1% del VAB total) y una participación de 6.2% en el PIB a precios constantes. A diferencia de los sectores anteriores, la rama de Actividades profesionales (64) registró una modesta tasa de crecimiento respecto al año 2018 (0.1%). El INEC (2020c) estima que el 7.0% (61,976) de las empresas activas en el país ofrecieron servicios profesionales y registraron ventas por \$4,048 millones (2.4% de las ventas nacionales) en 2019 (BCE, 2019, 2022a).

En cuanto a la estructura empresarial, este sector registró el 5.0% (723) del total de empresas medianas y grandes del 2019. Respecto al empleo, el 4.8% de la población empleada se desempeñó en actividades profesionales. Por otra parte, este sector se caracteriza por ser el mayor oferente de insumos (\$9,823 millones; 15.6% de la producción total de la red). En

¹¹ El empleo adecuado es una condición laboral en la cual las personas satisfacen ciertas condiciones mínimas, desde un punto de vista normativo. Lo conforman aquellas personas con empleo que, durante la semana de referencia, trabajan igual o más de 40 horas, perciben ingresos laborales mensuales iguales o superiores al salario mínimo, independientemente del deseo y disponibilidad de trabajar horas adicionales. También forman parte de esta categoría las personas ocupadas que, durante la semana de referencia, perciben ingresos laborales iguales o superiores al salario mínimo, trabajan menos de 40 horas, pero no están disponibles para trabajar horas adicionales (INEC, 2019).

particular, la producción destinada al consumo intermedio representa el 93.3% de la oferta total de bienes y servicios de esta rama (BCE, 2019; INEC, 2019, 2021a).

Figura 1: Representación de grafo de la red productiva ecuatoriana, año 2019



Elaborado por: Autora

Nota: Este grafo es una representación del tejido productivo ecuatoriano, construida mediante la matriz insumo-producto industria por industria, para el año 2019. Los nodos simbolizan los 70 sectores productivos y su tamaño guarda proporción con el Valor Agregado Bruto (VAB). Por consiguiente, mientras mayor sea la dimensión de un vértice, mayor será su VAB. Por su parte, las aristas describen el valor de las transacciones comerciales entre industrias. Aquí, una arista más gruesa representa un mayor monto de compra-venta. Con el fin de facilitar la visualización se muestra únicamente el 15% de las transacciones más importantes.

Desde la perspectiva de las relaciones insumo-producto, cada sector establece, en promedio, 129 relaciones de compra-venta: 64 relaciones de compra y 64 de venta. En particular, el sector de Extracción de petróleo y gas (12) presenta el mayor número de transacciones de compra

(67) y venta (70) en la red. Las industrias de la Construcción (53), Comercio (54) y Actividades profesionales (64) exhibieron cada uno 64 relaciones de compra y 70 de venta.

El sector de la Construcción (53) vendió más de la mitad de su producción total a tres sectores: Actividades inmobiliarias (63), \$744 millones; Asociaciones, artes y esparcimiento (70), \$122 millones y Servicios financieros (61), \$67 millones. De igual forma, obtuvo más del 50% de sus insumos de los sectores de Fabricación de cemento (44), \$1,490 millones; del Comercio (54), \$1,327 millones y de la Producción de madera (36), \$710 millones.

A continuación, el sector del Comercio (54) suministró el 20% (\$1,327 millones) de los bienes y servicios producidos en 2019, a la industria de la Construcción (53). Su demanda de insumos fue cubierta principalmente por las industrias del Transporte (58) y Actividades profesionales (64), alcanzando sumas de \$1,658 millones y \$849 millones, respectivamente.

Por otra parte, casi la mitad de las ventas del sector de Actividades profesionales (64) están concentradas dentro del mismo sector (\$950 millones) y en las industrias del Comercio (54), Comunicaciones e información (60), Transporte (58), Servicios financieros (61) y Extracción de petróleo y gas (12). En total, estas cinco industrias representaron \$3,889 millones en ventas. Finalmente, el 44% (\$950 millones) de los insumos intermedios demandados por el sector de Actividades profesionales (64) provinieron del mismo sector.

4.2. Descripción del impacto del COVID-19 sobre la red productiva ecuatoriana

4.2.1. Impacto de la pandemia de acuerdo al Índice de Centralidad Ponderada de Grado

La centralidad de grado es uno de los indicadores más comúnmente usados para identificar la posición de un nodo. De acuerdo a este índice, podríamos considerar que los sectores más centrales son los más activos, en el sentido de que tienen los vínculos directos más sobresalientes con otros sectores en la red productiva.

Figura 2: Representación de grafos de los Índices de Centralidad Ponderada de Grado

Figura 2A. Centralidad de Grado 2019

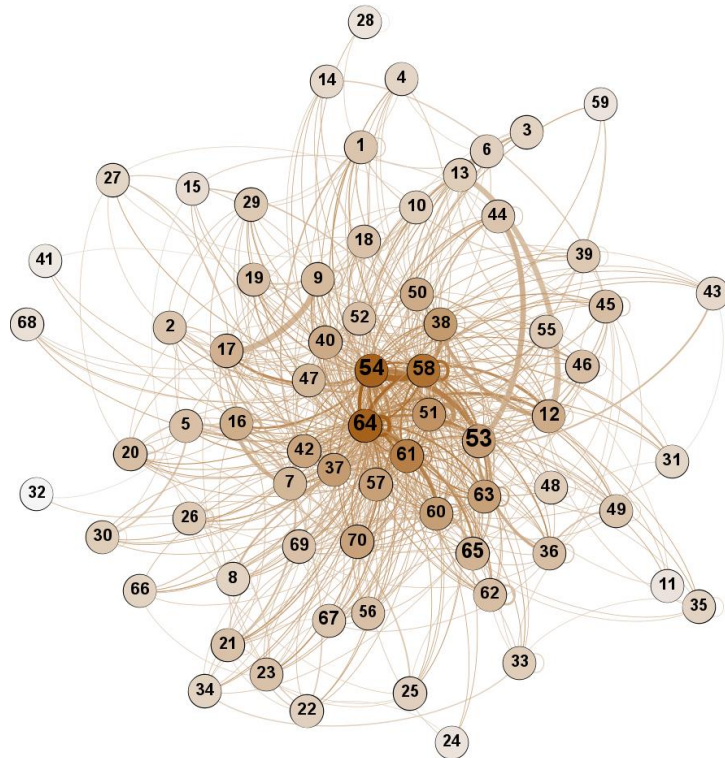
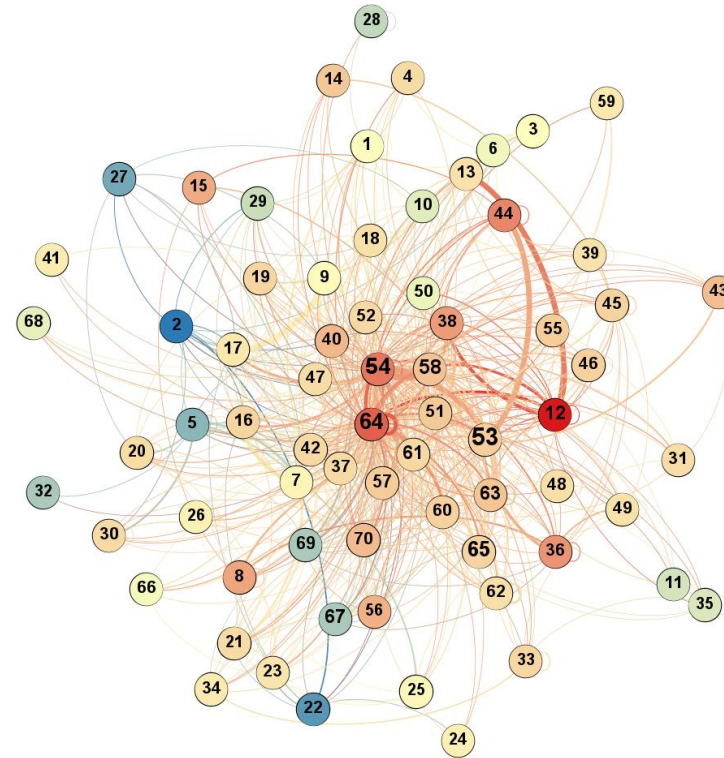


Figura 2B. Centralidad de Grado 2020-2019



Elaborado por: Autora

Nota: Los 70 vértices ilustrados en ambos grafos representan a los sectores que conforman la red productiva ecuatoriana. La Figura 2A muestra los sectores más centrales de acuerdo al Índice de Centralidad Ponderada de Grado. Nótese que mientras más oscuro sea el color, mayor será la magnitud del indicador de centralidad de un determinado sector. Por otro lado, la Figura 2B muestra el efecto del COVID-19 sobre la red productiva en base a la diferencia entre los Índices de Centralidad Ponderada de Grado para el período 2020-2019. Los nodos de color azul representan a los sectores que experimentaron un impacto positivo en su indicador de centralidad. El color rojo simboliza un impacto negativo. Nótese que mientras más oscuro sea cualquiera de estos dos colores, más pronunciado será el impacto sobre un determinado sector. Con el fin de facilitar la visualización se muestra únicamente el 15% de las transacciones más importantes.

En este contexto, podemos apreciar en la **Figura 2A** que las Actividades profesionales (64), el Comercio (54) y el Transporte (58) fueron los sectores más centrales del año 2019 (**Anexo E**). Estas actividades registraron los intercambios comerciales más importantes (en términos de valor) con sus vecinos, así como el mayor número de relaciones comerciales directas.

En cuanto al impacto de la pandemia sobre la red productiva, la **Figura 2B** muestra que las actividades de Extracción de petróleo y gas (12), las Actividades profesionales (64) y el Comercio (54) sufrieron el mayor impacto negativo en sus respectivos indicadores de centralidad. Esto sugeriría que existió un efecto perjudicial sobre las transacciones comerciales entre estos sectores y sus vecinos, en el período 2020-2019 (**Anexo E**).

En contraste, de acuerdo a la **Figura 2B**, cuatro ramas experimentaron el mayor impacto positivo en sus indicadores de centralidad: el Cultivo de cereales (2), la Elaboración de productos de molinería (22), la Elaboración de alimentos para animales (27) y el Cultivo oleaginosas (5) (**Anexo E**). Esto apuntaría a que la crisis sanitaria repercutió favorablemente en las relaciones insumo-producto directas entre estas cuatro industrias y los sectores adyacentes a las mismas.

4.2.2. Impacto de la pandemia de acuerdo al Índice de Centralidad Ponderada de Intermediación

Este indicador se basa en la idea de que las interacciones entre dos sectores no adyacentes podrían ser dependientes de aquellas industrias ubicadas en las cadenas productivas que conectan a dicho par de sectores. Basándonos en esta definición y de acuerdo a la **Figura 3A**, las ramas del Transporte (58), el Comercio (54) y el Servicio de alimento y bebida (57) (**Anexo F**) mostraron los indicadores de centralidad más altos durante el año previo a la crisis sanitaria. En este contexto, dichos sectores participarían como intermediarios en un gran número de encadenamientos que conectan a cualquier par de sectores en la red productiva.

De acuerdo a este índice de centralidad, el impacto negativo del COVID-19, representado en la **Figura 3B**, se dejó sentir principalmente en las industrias de la Construcción (53), Actividades inmobiliarias (63) y Fabricación de productos refinados de petróleo (38) (**Anexo F**). En este sentido, la relevancia de estos sectores como intermediarios en las relaciones insumo-producto, directas o indirectas, entre cualquier par de sectores se habría visto afectada negativamente.

Figura 3: Representación de grafos de los Índices de Centralidad Ponderada de Intermediación

Figura 3A. Centralidad de Intermediación 2019

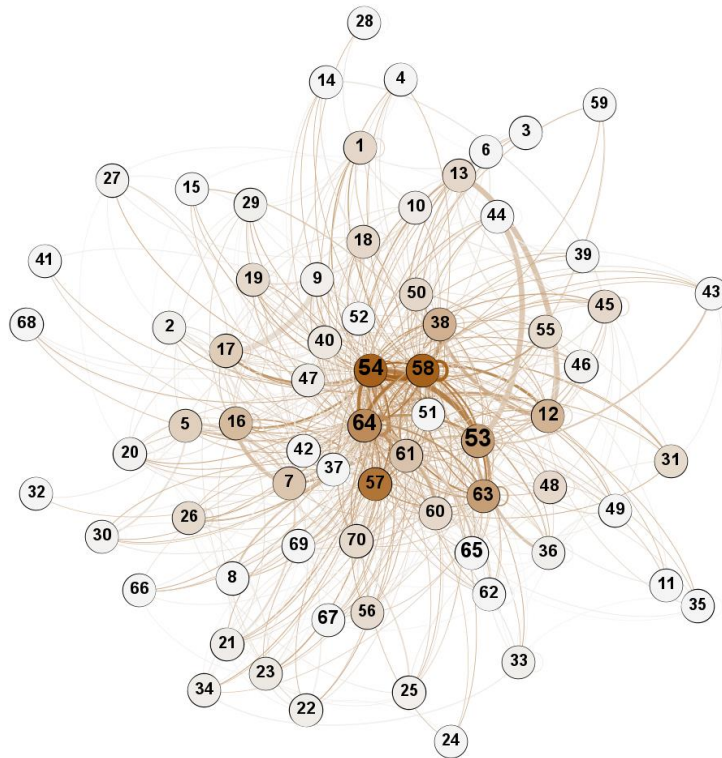
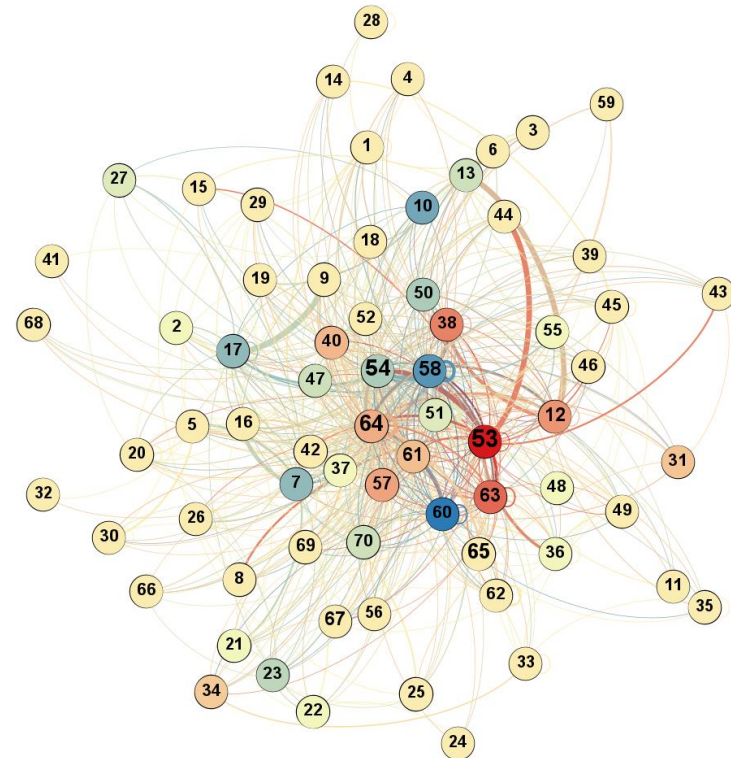


Figura 3B. Centralidad de Intermediación 2020-2019



Elaborado por: Autora

Nota: Los 70 vértices ilustrados en ambos grafos representan a los sectores que conforman la red productiva ecuatoriana. La Figura 3A muestra los sectores más centrales de acuerdo al Índice de Centralidad Ponderada de Intermediación. Nótese que mientras más oscuro sea el color, mayor será la magnitud del indicador de centralidad de un determinado sector. Por otro lado, la Figura 3B muestra el efecto del COVID-19 sobre la red productiva en base a la diferencia entre los Índices de Centralidad Ponderada de Intermediación para el período 2020-2019. Los nodos de color azul representan a los sectores que experimentaron un impacto positivo en su indicador de centralidad. El color rojo simboliza un impacto negativo. Nótese que mientras más oscuro sea cualquiera de estos dos colores, más pronunciado será el impacto sobre un determinado sector. Con el fin de facilitar la visualización se muestra únicamente el 15% de las transacciones más importantes.

Por otra parte, las actividades de Comunicaciones e información (60), Transporte (58) y Pesca (10), retratadas en la **Figura 3B**, habrían adquirido una mayor influencia sobre las transacciones comerciales entre un par de sectores dado, sean estos últimos adyacentes o distantes a los primeros (**Anexo F**).

4.2.3. Impacto de la pandemia de acuerdo al Índice de Centralidad Alfa Ponderada¹²

Este indicador parte de la idea de que, en una red productiva, no todos los consumidores tienen la misma importancia. Es decir, un sector puede acrecentar su influencia si proporciona insumos a un cliente que es, a su vez, un proveedor clave para muchas otras industrias (Wu, 2015). Como lo señala la **Figura 4A**, durante el año 2019, las Actividades profesionales (64), el Comercio (54) y el Transporte (58) se destacaron por sus elevados índices de centralidad Alfa Ponderada (**Anexo G**). Estas industrias serían de particular relevancia en la red productiva dado que habrían establecido relaciones proveedor-comprador con otros sectores también importantes.

La **Figura 4B** revela que, durante el año 2020, el choque negativo derivado de la pandemia perjudicaría sustancialmente a las Actividades profesionales (64), la Extracción de petróleo y gas (12) y el Comercio (54). En este caso, estos sectores habrían experimentado un deterioro en los encadenamientos hacia adelante establecidos con el resto de industrias en la red productiva. En comparación, el impacto sobre el número de relaciones oferente-demandante dispuestos por las actividades de Fabricación de papel (37), Transporte (58) y Servicios financieros (61) habría sido favorable (**Anexo G**).

4.2.4. Impacto de la pandemia de acuerdo al Índice de Centralidad de Cercanía de Caminata Aleatoria

Esta medida fue diseñada especialmente para cuantificar la respuesta de los sectores productivos ante choques de oferta. De acuerdo a este índice, un sector puede ser visto como central en la red productiva si es un proveedor cercano al resto de industrias.

¹² Este índice es similar a la clasificación de Chenery & Watanabe (1958), la cual permite identificar a los sectores clave de la economía.

Figura 4: Representación de grafos de los Índices de Centralidad Alfa Ponderada

Figura 4A. Centralidad Alfa 2019

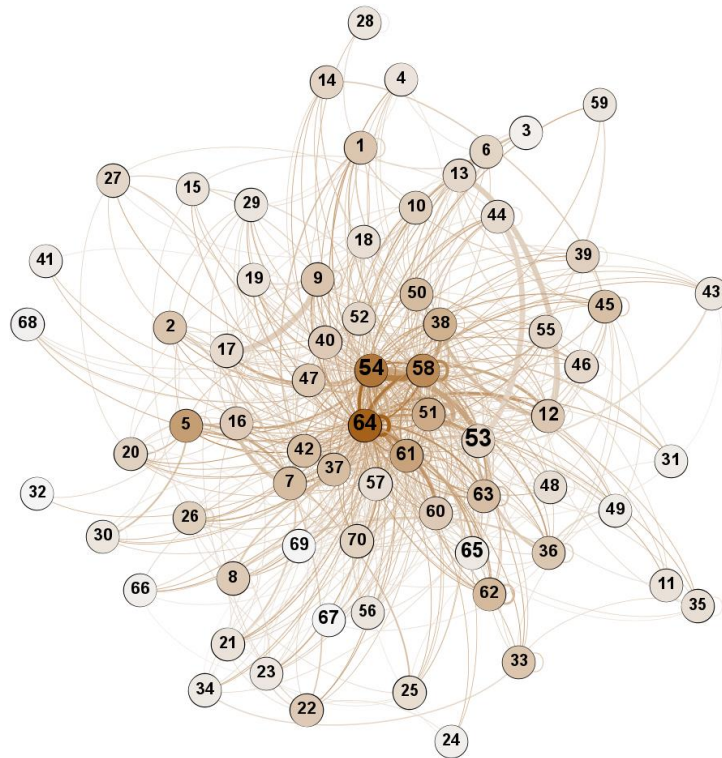
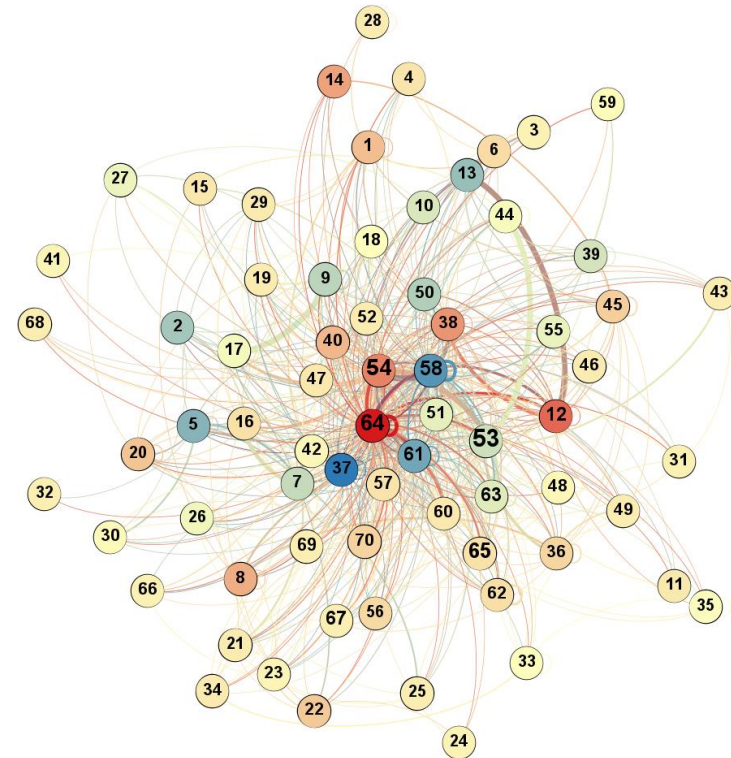


Figura 4B. Centralidad Alfa 2020-2019



Elaborado por: Autora

Nota: Los 70 vértices ilustrados en ambos grafos representan a los sectores que conforman la red productiva ecuatoriana. La Figura 4A muestra los sectores más centrales de acuerdo al Índice de Centralidad Alfa Ponderada. Nótese que mientras más oscuro sea el color, mayor será la magnitud del indicador de centralidad de un determinado sector. Por otro lado, la Figura 4B muestra el efecto del COVID-19 sobre la red productiva en base a la diferencia entre los Índices de Centralidad Alfa Ponderada para el período 2020-2019. Los nodos de color azul representan a los sectores que experimentaron un impacto positivo en su indicador de centralidad. El color rojo simboliza un impacto negativo. Nótese que mientras más oscuro sea cualquiera de estos dos colores, más pronunciado será el impacto sobre un determinado sector. Con el fin de facilitar la visualización se muestra únicamente el 15% de las transacciones más importantes.

Esta cercanía implica que el impacto, el cual circula como insumos intermedios a través de la red, se esparce rápida y fácilmente a través de dicho sector. En este contexto, ante un choque de oferta aleatorio, las actividades de Servicio de alimento y bebida (57), Transporte (58) y Comercio (54) serían los proveedores más inmediatamente afectados dada su cercanía con el resto de compradores de bienes y servicios, como lo describe la **Figura 5A** para el año 2019 (**Anexo H**).

Ahora, notamos en la **Figura 5B** que, a raíz de la crisis sanitaria, los sectores de la Construcción (53), el Transporte (58) y las Actividades inmobiliarias (63) habrían sufrido una caída en el valor esperado de los flujos comerciales establecidos con el resto de sectores demandantes de insumos. En oposición, las ramas de Procesamiento y conservación de camarón (17), Acuicultura y pesca de camarón (9) y Cría de ganado (7) habrían experimentado un aumento en su probabilidad de formar relaciones proveedor-comprador con los sectores restantes (**Anexo H**).

4.2.5. Impacto de la pandemia de acuerdo al Índice PageRank

Al igual que el Índice de Centralidad Alfa Ponderada, el indicador PageRank parte de la idea de que la relevancia de un sector incrementa al establecer relaciones proveedor-comprador con otras industrias, las cuales, a su vez, se caracterizan también por su alta provisión de insumos. Sin embargo, si un comprador es sólo uno de muchos, la centralidad ganada al asociarse con un proveedor influyente se disuelve. Dada esta particularidad, el indicador PageRank, a diferencia del Índice de Centralidad Alfa Ponderada, penaliza a los sectores que tienen un número indiscriminado de relaciones oferta-demanda con el resto de industrias.

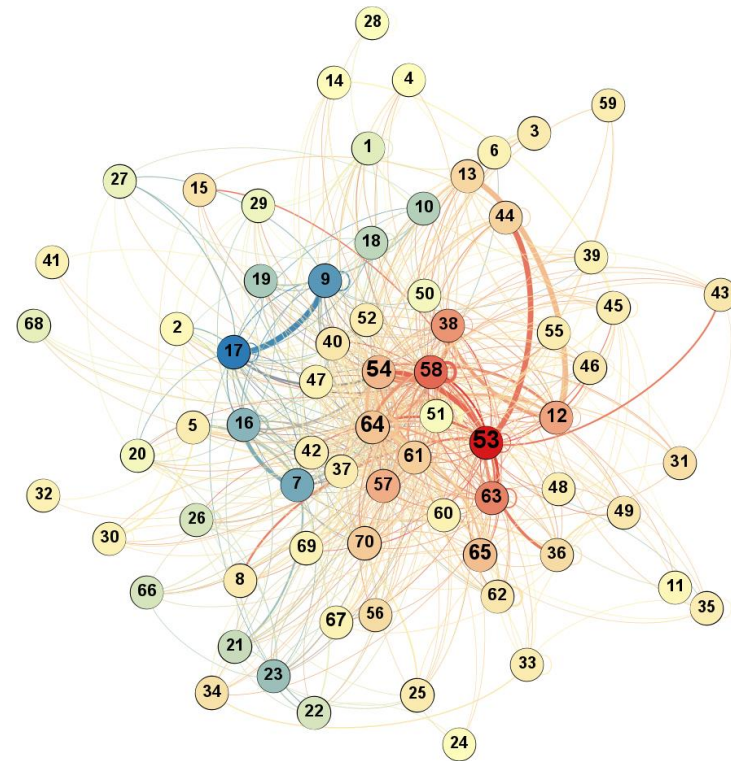
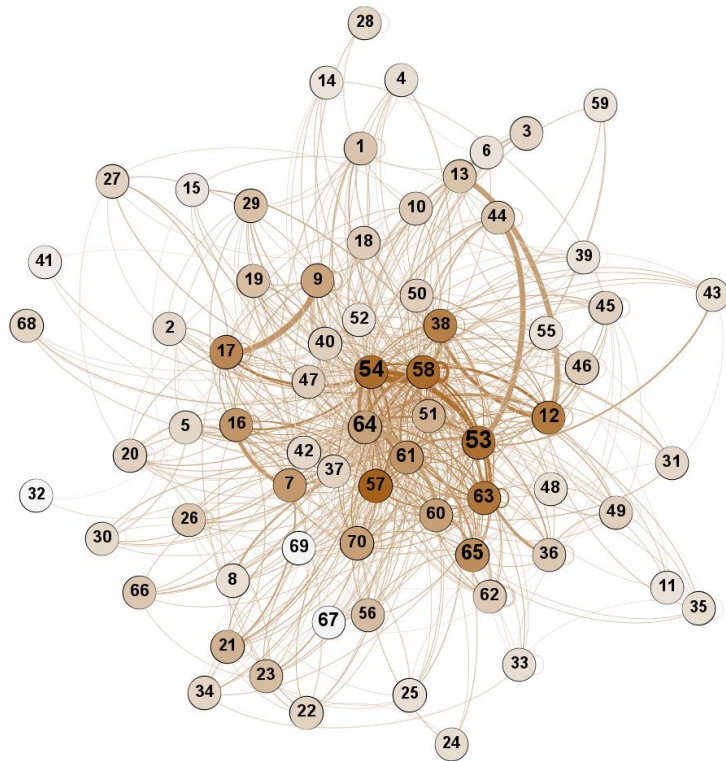
Como se aprecia en la **Figura 6A**, el indicador PageRank identifica a los sectores de Construcción (53), Servicio de alimento y bebida (57) y Procesamiento y conservación de camarón (17) como los sectores de mayor centralidad del año 2019 (**Anexo I**). En otras palabras, estas actividades habrían sido proveedoras influyentes de otros proveedores igualmente importantes para la red productiva durante ese año.

A continuación, la **Figura 6B** ilustra el impacto negativo de la pandemia sobre los sectores de Servicios de enseñanza público (67), Servicio de alimento y bebida (57) y Construcción (53). En este caso, el número de caminos desde estos sectores hasta la demanda final habría disminuido entre 2020 y 2019 (**Anexo I**).

Figura 5: Representación de grafos de los Índices de Centralidad de Cercanía de Caminata Aleatoria

Figura 5A. Centralidad de Cercanía de Caminata Aleatoria 2019

Figura 5B. Centralidad de Cercanía de Caminata Aleatoria 2020-2019



Elaborado por: Autora

Nota: Los 70 vértices ilustrados en ambos grafos representan a los sectores que conforman la red productiva ecuatoriana. La Figura 5A muestra los sectores más centrales de acuerdo al Índice de Centralidad de Cercanía de Caminata Aleatoria. Nótese que mientras más oscuro sea el color, mayor será la magnitud del indicador de centralidad de un determinado sector. Por otro lado, la Figura 5B muestra el efecto del COVID-19 sobre la red productiva en base a la diferencia entre los Índices de Centralidad de Caminata Aleatoria para el período 2020-2019. Los nodos de color azul representan a los sectores que experimentaron un impacto positivo en su indicador de centralidad. El color rojo simboliza un impacto negativo. Nótese que mientras más oscuro sea cualquiera de estos dos colores, más pronunciado será el impacto sobre un determinado sector. Con el fin de facilitar la visualización se muestra únicamente el 15% de las transacciones más importantes.

Por el contrario, como ilustra la **Figura 6B**, las actividades de Procesamiento y conservación de camarón (17), Acuicultura y pesca de camarón (9) junto con la Generación, captación y distribución de energía eléctrica (51) se habrían beneficiado al alcanzar mayor influencia como proveedores, no sólo sobre sus vecinos sino también sobre las industrias conectadas a dichos sectores adyacentes (**Anexo I**).

4.3. Discusión de resultados

En nuestro país, el 16 de marzo de 2020, el Presidente de la República emitió el Decreto Ejecutivo N° 1017 (2020), declarando el estado de excepción por calamidad pública en todo el país con el objetivo de controlar la situación de por la emergencia sanitaria. Principalmente, se establecieron la restricción de la libertad de tránsito y movilidad, así como la suspensión de la jornada laboral presencial. Sin embargo, estuvieron exentas de estas medidas las personas y actividades relacionadas con los sectores estratégicos¹³, el segmento exportador y toda su cadena logística, la provisión de víveres (incluido el transporte y comercialización), las industrias y comercios relacionados al cuidado y crianza de animales, el sector financiero, entre otros (Comité de Operaciones de Emergencia Nacional, 2020). En este contexto, al análisis de los indicadores ponderados de centralidad evidencia a los sectores de mayor impacto negativo: Construcción (53), Extracción de petróleo y gas (12), Comercio (54), Actividades inmobiliarias (63) y Actividades profesionales (64) (Ver **Anexo J**).

La crisis económica derivada de la pandemia tiene su origen tanto en la oferta como en la demanda (CEPAL, 2020). Los choques de oferta de las pandemias, observan del Rio-Chanona et al. (2020), se consideran en general como choques de oferta laboral. En este sentido, las reducciones del lado de la oferta debido al cierre de industrias no esenciales y a la incapacidad de los trabajadores de realizar sus actividades en casa, habrían afectado negativamente al sector de servicios en Estados Unidos, Colombia y México. Particularmente, a las actividades inmobiliarias y a las actividades de servicios administrativos, profesionales y técnicos (del Rio-Chanona et al., 2020; Ricciulli-Marin et al., 2020; Solís y Arias et al., 2022).

¹³ Los sectores estratégicos lo conforman la electricidad, agua potable, saneamiento, biodesechos, desechos infecciosos hospitalarios, minería, servicio postal, recolección de basura, aviación, mantenimiento vial, telecomunicaciones e hidrocarburos (gas, gas natural, combustible y petróleo) (Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias, 2020).

Figura 6: Representación de grafos de los Índices de Centralidad Ponderada PageRank

Figura 6A. Centralidad PageRank 2019

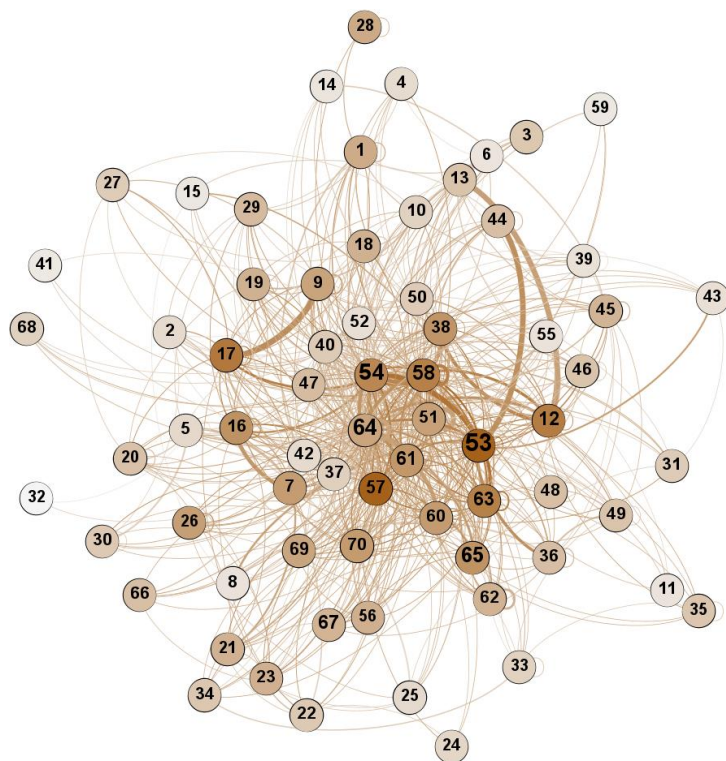
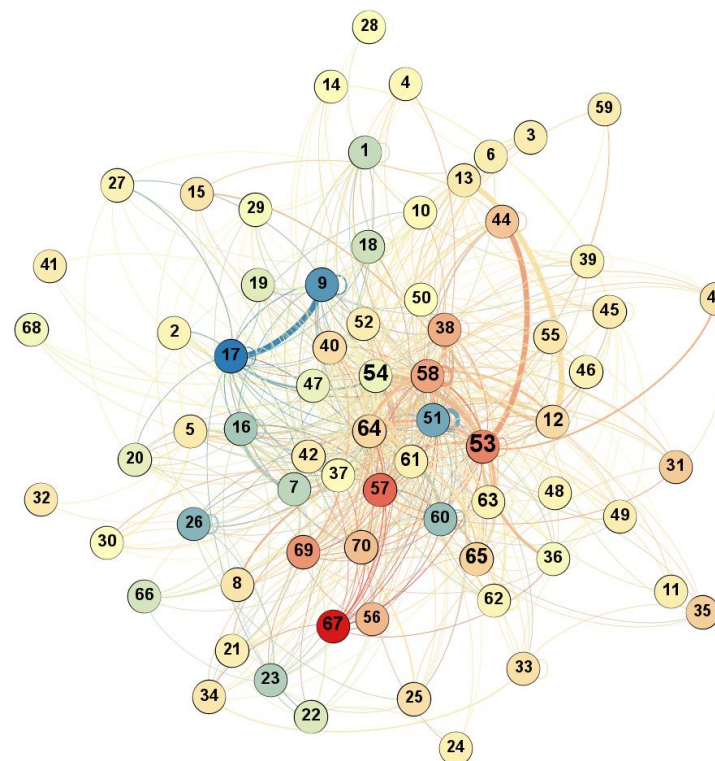


Figura 6B. Centralidad PageRank 2020-2019



Elaborado por: Autora

Nota: Los 70 vértices ilustrados en ambos grafos representan a los sectores que conforman la red productiva ecuatoriana. La Figura 6A muestra los sectores más centrales de acuerdo al Índice de Centralidad PageRank. Nótese que mientras más oscuro sea el color, mayor será la magnitud del indicador de centralidad de un determinado sector. Por otro lado, la Figura 6B muestra el efecto del COVID-19 sobre la red productiva en base a la diferencia entre los Índices de Centralidad PageRank para el período 2020-2019. Los nodos de color azul representan a los sectores que experimentaron un impacto positivo en su indicador de centralidad. El color rojo simboliza un impacto negativo. Nótese que mientras más oscuro sea cualquiera de estos dos colores, más pronunciado será el impacto sobre un determinado sector. Con el fin de facilitar la visualización se muestra únicamente el 15% de las transacciones más importantes.

Sin embargo, estas ramas también podrían haber recibido impactos del lado de la demanda derivados de la menor demanda externa e interna causadas por las medidas de confinamiento (Albornoz Mendoza et al., 2022).

Siguiendo con el sector de la construcción, Baqaee & Farhi (2022) y Brinca et al. (2020) atribuyen el impacto negativo a choques de oferta más grandes que los de demanda, para el caso de Estados Unidos. Aquí, Baqaee & Farhi (2022) definen los choques de oferta como los cambios en las posibilidades de producción de la economía, los cuales provendrían de una reducción en los factores o en la productividad. Estas reducciones podrían tener su origen en los cierres de las actividades económicas no esenciales. Adicionalmente, podría existir una menor disposición de los trabajadores a laborar debido al miedo a la infección. Asimismo, la forma en que las empresas operan podría cambiar, por ejemplo, al reducir las interacciones entre empleados, lo cual reduciría su productividad.

Por otro lado, el nivel de formalización del mercado laboral también ha sido considerado para estimar los impactos económicos de la pandemia. Para Colombia, Solís y Arias et al. (2022) observan que aquellas ramas que generan una gran cantidad de puestos de trabajo informal serían las más vulnerables; aquí destaca el comercio al por menor. De forma similar, Ferreira dos Santos et al. (2020) sugieren que los servicios sufrirían los mayores impactos negativos en su estudio para Brasil. Esta investigación señala que los trabajadores informales no reciben beneficios de desempleo o algún ingreso parcial cuando sus actividades son interrumpidas, a diferencia de sus pares en el mercado de trabajo formal.

De ahí que, por el lado de la demanda, mientras más alta sea la proporción de trabajadores informales, mayor podría haber sido la caída en el ingreso de los hogares y menor el consumo debido al aislamiento social. Por el lado de la oferta, los trabajadores informales también se desempeñarían en actividades económicas (principalmente, comercio y servicios) que, en general, habrían sido completamente paralizadas durante el confinamiento (Ferreira dos Santos et al., 2020). De acuerdo a la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (2020), en Ecuador las actividades informales están generalmente vinculadas con la interacción con otras personas, y se concentran en la prestación de servicios y ventas al por menor. Respecto a este primer punto, la CEPAL (2020) explica, en su evaluación de los efectos de la crisis para América Latina y el Caribe, que aquellos sectores que requieren mayor cercanía física fueron los que experimentaron con más fuerza los efectos de la suspensión de las actividades productivas derivadas de las medidas de restricción.

De forma similar, en el contexto irlandés, McCann & Myers (2020) identifican como vulnerables a los sectores de la construcción, actividades inmobiliarias, así como los servicios administrativos y de apoyo. Estos sectores destinarían buena parte de su producción a aquellas ramas de la actividad económica alta o moderadamente afectadas por las políticas de distanciamiento social. Estos resultados apuntan a que el efecto directo de las medidas de restricción sobre el consumo no es el único riesgo inmediato que enfrentan las empresas irlandesas. De igual forma, las compañías pueden estar expuestas a través de sus cadenas de oferta. Así, los sectores aguas arriba¹⁴ que no fueron impactados directamente por las medidas de restricción, podrían ser afectados de todas formas a través de sus clientes aguas abajo¹⁵, si estos últimos sufren pérdidas importantes de ingresos.

Al formar parte de los sectores estratégicos, el sector de la Extracción de petróleo y gas (12) estuvo exento, tanto de las restricciones a la libertad de tránsito y movilidad como de la suspensión de la jornada laboral presencial decretada por el Decreto Ejecutivo N° 1017 (2020). Así mismo, dado su papel en el segmento exportador del país, se garantizó la continuidad de su funcionamiento y de toda su cadena logística (Comité de Operaciones de Emergencia Nacional, 2020). Con todo, este sector habría experimentado un impacto negativo significativo, a pesar de no haber sido directamente afectado por estas medidas de prevención.

Por una parte, el desplome del precio del crudo de referencia a los niveles más bajos en casi 20 años habría contribuido a dicho efecto. Esta caída de precios fue ocasionada por las políticas de distanciamiento social, cuarentenas y restricciones a la movilidad adoptadas a nivel mundial, las cuales afectaron el consumo de los grandes demandantes de crudo: el transporte y la industria. Por otra parte, los daños al Sistema de Oleoducto Transecuatoriano (SOTE) y al Oleoducto de crudos pesados (OCP) suscitaron una disminución en la producción de petróleo durante el segundo trimestre de 2020 (Subgerencia de Programación y Regulación, 2020; Sucre & Carvajal, 2020). Como resultado, la producción de crudo de enero a diciembre de 2020 disminuyó un 9.5% respecto al mismo período en 2019. A nivel de empresas, Petroamazonas EP y las Compañías Privadas contrajeron su producción anual en 8.6% y 12.6%, respectivamente (Subgerencia de Programación y Regulación, 2021).

En contraste, los sectores de Procesamiento y conservación de camarón (17) y Acuicultura y pesca de camarón (9) fueron identificados por los indicadores de centralidad como aquellos

¹⁴ Los efectos del choque se transmiten de proveedor en proveedor.

¹⁵ Los efectos del choque se transmiten de comprador en comprador.

que experimentaron el mayor impacto positivo (Ver **Anexo J**). De acuerdo a Piedrahita (2020), a nivel internacional, los efectos de la crisis derivada de la pandemia han sido más evidentes en el procesamiento y exportación de camarón. Sin embargo, el impacto en este segmento habría afectado directamente hacia atrás en la cadena de oferta. Esto, en vista de que dicho segmento impulsa la demanda del producto en el mercado interno en los países en los que el cultivo de camarón está destinado principalmente a las exportaciones, como Ecuador.

En su estudio para Estados Unidos, uno de los mayores importadores de camarón del mundo, Schmitz & Nguyen (2022) analizan los efectos del COVID-19 en dos períodos. El primer período se distingue por el decrecimiento en la demanda de camarón, no sólo en el país norteamericano sino a nivel mundial, debido a los confinamientos y cierres de restaurantes. En efecto, los sectores de hoteles, restaurantes y servicios de alimento se caracterizarían por haber experimentado los mayores efectos negativos derivados tanto de choques de oferta (Baqae & Farhi, 2022; Barrot et al., 2020; Bonet-Morón et al., 2020; CEPAL, 2020) como de demanda (Albornoz Mendoza et al., 2022; del Rio-Chanona et al., 2020).

Durante el segundo período, el consumo de camarón en los Estados Unidos se recuperó. De acuerdo a White et al. (2021), las medidas de distanciamiento social que, por un lado, llevaron al cierre de hoteles, restaurantes y servicios de alimento, impulsaron una mayor dependencia de los consumidores norteamericanos de entregas a domicilio de mariscos y de la cocina casera. En este sentido, la suspensión de los servicios de alimento redujo significativamente el consumo de mariscos fuera de casa, pero incrementó el consumo de dichos productos en casa (Schmitz & Nguyen, 2022).

Para Ecuador, esto significó un incremento del 52% en las ventas del producto en el mercado estadounidense (Food and Agriculture Organization, 2021). Así, durante 2020, el país se posicionó como el mayor productor de camarón a nivel mundial, en términos de volumen (Chase, 2021). En parte debido al cambio en la conducta de los consumidores, pero también a causa del impacto de la pandemia sobre el resto de países productores. Por ejemplo, el mayor productor de camarón a nivel mundial en 2019, India, experimentó una caída masiva: produjo 29% menos en 2020 (Chase, 2021). En este país, las medidas de confinamiento provocaron el cierre de plantas y la disrupción en el movimiento de la carga a nivel local e internacional (Piedrahita, 2020).

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

El presente estudio buscó evaluar los efectos del COVID-19 en la red productiva ecuatoriana, mediante un análisis comparativo de los índices de centralidad en el período 2019-2020. El concepto de centralidad, expresado a través de una variedad de medidas diseñadas para representar la importancia relativa de un agente en una red, fue el instrumento clave utilizado en esta investigación. En particular, la estimación y contraste de los Índices Ponderados de Grado, Intermediación, Alfa, Cercanía de caminata aleatoria y PageRank, permitió identificar a los sectores de mayor impacto negativo, así como aquellos de mayor impacto positivo.

Los resultados obtenidos sugieren que los sectores de la Construcción (53), Extracción de petróleo y gas (12), Comercio (54), Actividades inmobiliarias (63) y Actividades profesionales (64) soportaron los mayores efectos negativos de acuerdo a sus indicadores de centralidad. Es decir, perdieron importancia en su papel como proveedores de insumos destinados al proceso productivo de otros sectores.

Esto se explicaría por el choque exógeno negativo sobre la fuerza de trabajo introducido por las medidas implementadas para enfrentar la emergencia sanitaria. En nuestro país, estas regulaciones incluyeron principalmente la limitación de los derechos a la libertad de tránsito y de asociación, así como la suspensión de la jornada laboral presencial. No obstante, los sectores estratégicos, la cadena de exportación e importación, la cadena de producción agrícola, ganadera, pesquera y acuícola estuvieron resguardados de las restricciones a la movilidad y al trabajo presencial.

La formalización del mercado laboral también es un factor a tomar en cuenta al estimar los efectos económicos de la pandemia. Las actividades informales se concentran en la prestación de servicios y comercio al por menor y, generalmente, comprenden la interacción con otras personas. De ahí que experimentaran con más fuerza los efectos de la suspensión de las actividades productivas. En este sentido, el sector constructor también podría haberse visto afectado al ser una de las ramas con los mayores niveles de empleo informal en el país.

A pesar de estar contemplada dentro de los sectores estratégicos y, por lo tanto, estar exenta de las restricciones a la libertad de tránsito y movilidad, la rama de Extracción de

petróleo y gas (12) enfrentó un impacto negativo severo. Por un lado, tuvo su contribución la caída en la demanda mundial a raíz de las medidas de distanciamiento social adoptadas a nivel internacional, las cuales perjudicaron el consumo de los grandes demandantes de crudo: el transporte y la industria. Por otro lado, cabe mencionar la reducción en la producción petrolera debido a los daños a los oleoductos.

En contraste, los índices de centralidad estiman que los sectores de Procesamiento y conservación de camarón (17) y Acuicultura y pesca de camarón (9) experimentaron el mayor impacto positivo sobre las relaciones proveedor-comprador que establecieron con el resto de industrias. En primer lugar, la circulación y transporte del personal relacionado directamente a la cadena de producción acuícola y pesquera nacional no enfrentó mayores limitaciones. En este sentido, las medidas sanitarias no habrían tenido un impacto pronunciado sobre la oferta laboral de estas ramas.

A su vez, estas actividades económicas se beneficiaron del incremento de la demanda del producto para el consumo en casa (en detrimento del consumo en hoteles, restaurantes y servicios de alimento). De forma similar, la caída en la oferta de camarón proveniente de los principales países productores a causa del COVID-19, habría contribuido al choque positivo.

Las economías modernas se caracterizan por la fuerte interdependencia entre sus sectores productivos. En consecuencia, el choque derivado de las limitaciones impuestas sobre la actividad productiva de un sector específico, puede propagarse a otros sectores que no han sido directamente afectados por las medidas de restricción adoptadas para enfrentar el COVID-19. Más aún, teniendo en cuenta que algunas ramas de la actividad económica tienen más peso en el proceso productivo que otras, es importante identificar a aquellas sistémicamente más importantes, así como el impacto de la crisis sanitaria sobre las mismas.

En este sentido, la presente investigación ha buscado ampliar el entendimiento de los efectos de un choque exógeno, como lo es el COVID-19 sobre el tejido productivo ecuatoriano. Mediante el estudio de las relaciones insumo-producto y la aplicación de técnicas de análisis de redes complejas, se espera contribuir a la toma de decisiones gubernamentales más precisas ante crisis futuras de similares características.

6. REFERENCIAS

- Acemoglu, D., Carvalho, V. M., Ozdaglar, A., & Tahbaz-Salehi, A. (2012). The network origins of aggregate fluctuations. *Econometrica*, 80(5), 1977–2016. <https://doi.org/10.3982/ECTA9623>
- Albornoz Mendoza, L., Becerril García, J., & Ortiz Pech, R. (2022). Los efectos económicos del COVID-19 en México. Un enfoque de insumo-producto. *Ciencias Administrativas. Teoría y Praxis*, 17(2), 67–84. <https://doi.org/10.46443/catyp.v17i2.287>
- Anufriev, M., Giovannetti, A., & Valentyn, P. (2021). Social distancing policies and intersectoral spillovers: The case of Australia. *COVID ECONOMICS*, 69, 166.
- Constitución de la República del Ecuador, 137 (2008). https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- Asian Development Bank. (2003). *Asian Development Outlook 2003 Update*.
- Banco Central del Ecuador. (2019). *Matriz Insumo Producto (Industria por industria), 2019*. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/CuentasNacionales/Anuales/Dolares/MenuMatrizInsumoProducto.htm>
- Banco Central del Ecuador. (2020a). *Boletín de Cuentas Nacionales Trimestrales No. 114, valores constantes USD 2007 y corrientes, período: 2000.I - 2020.IVT*. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/CuentasNacionales/Indices/c114032021.htm>
- Banco Central del Ecuador. (2020b). *Ecuador: Reporte Mensual de Inflación. Resultados a Diciembre de 2020*. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Notas/Inflacion/inflacionindice.html>
- Banco Central del Ecuador. (2020c). *Evolución de la Balanza Comercial, enero – diciembre 2020*. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorExterno/BalanzaPagos/balanzaComercial/indicepp.htm>
- Banco Central del Ecuador. (2021). *Evaluación del Impacto Macroeconómico del COVID-19 en la economía ecuatoriana. Período Marzo-Diciembre 2020*.

- Banco Central del Ecuador. (2022a). *Boletín de Cuentas Nacionales Trimestrales No. 119, valores constantes USD 2007 y corrientes, período: 2000.I - 2022.II*. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/CuentasNacionales/Indices/c119062022.htm>
- Banco Central del Ecuador. (2022b). *Inversión Directa por Rama de Actividad Económica*. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorExterno/BalanzaPagos/InversionExtranjera/Directa/indice.htm>
- Banco Mundial. (2014). *The economic impact of the 2014 Ebola Epidemic in West Africa. Short- and Medium-Term Estimates for West Africa*. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0438-0>
- Banco Mundial. (2015). *Update on the economic impact of the 2014 Ebola epidemic on Liberia, Sierra Leone and Guinea*. <http://documents.worldbank.org/curated/en/2014/12/20454884/update-economic-impact-2014-ebola-epidemic-liberia-sierra-leone-guinea>
- Baqae, D., & Farhi, E. (2022). Supply and Demand in Disaggregated Keynesian Economies with an Application to the COVID-19 Crisis. In *American Economic Review* (No. 27152; NBER Working Paper Series, Vol. 112, Issue 5). <https://doi.org/10.1257/aer.20201229>
- Barrat, A., Barthélemy, M., & Vespignani, A. (2004). Modeling the evolution of weighted networks. *Physical Review E - Statistical Physics, Plasmas, Fluids, and Related Interdisciplinary Topics*, 70(6), 12. <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.70.066149>
- Barrot, J.-N., Grassi, B., & Sauvagnat, J. (2020). Sectoral effects of social distancing. *COVID ECONOMICS*, 3, 85–102.
- Beach, B., Clay, K., & Saavedra, M. (2022). The 1918 Influenza Pandemic and Its Lessons for COVID-19. *Journal of Economic Literature*, 60(1), 41–84. <https://doi.org/10.1257/jel.20201641>
- Beutels, P., Jia, N., Zhou, Q.-Y., Smith, R., Cao, W.-C., & de Vlas, S. J. (2009). The economic impact of SARS in Beijing, China. *Tropical Medicine and International Health*, 14(SUPPL. 1), 85–91. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3156.2008.02210.x>

- Blöchl, F., Theis, F. J., Vega-Redondo, F., & Fisher, E. O. (2011). Vertex centralities in input-output networks reveal the structure of modern economies. *Physical Review E - Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics*, 83(4). <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.83.046127>
- Bloom, D. E., Kuhn, M., & Prettnner, K. (2022). Modern Infectious Diseases: Macroeconomic Impacts and Policy Responses. In *Journal of Economic Literature* (No. 28314; NBER Working Paper Series, Vol. 60, Issue 1). <https://doi.org/10.1257/jel.20201642>
- Bonacich, P. (1987). Power and centrality: A family of measures. *American Journal of Sociology*, 92(5), 1170–1182. <https://doi.org/https://www.jstor.org/stable/2780000>
- Bonacich, P., & Lloyd, P. (2001). Eigenvector-like measures of centrality for asymmetric relations. *Social Networks*, 23(3), 191–201. [https://doi.org/10.1016/S0378-8733\(01\)00038-7](https://doi.org/10.1016/S0378-8733(01)00038-7)
- Bonet-Morón, J., Ricciulli-Marín, D., Pérez-Valbuena, G. J., Galvis-Aponte, L. A., Haddad, E. A., Araújo, I. F., & Perobelli, F. S. (2020). Regional economic impact of COVID-19 in Colombia: An input–output approach. *Regional Science Policy and Practice*, 12(6), 1123–1150. <https://doi.org/10.1111/rsp3.12320>
- Brinca, P., Duarte, J. B., & Faria-e-Castro, M. (2020). Measuring sectoral supply and demand shocks during Covid-19. *COVID ECONOMICS*, 20, 158–182.
- Carvalho, V. M., & Tahbaz-Salehi, A. (2019). Production Networks: A Primer. *Annual Review of Economics*, 11, 635–663. <https://doi.org/10.1146/annurev-economics-080218-030212>
- Céspedes Rangel, E., & Piraquive Galeano, G. (2020). Matrices insumo-producto en un análisis regional. Aplicación: efectos de política económica frente al Covid-19. *Archivos de Economía*, 511.
- Chase, C. (2021, January 27). *Shrimp production hit hard by COVID-19 in 2020, Ecuador takes top spot.* SeafoodSource. <https://www.seafoodsource.com/news/aquaculture/shrimp-production-hit-hard-by-covid-19-ecuador-takes-top-spot>
- Chenery, H. B., & Watanabe, T. (1958). International Comparisons of the Structure of Production. *Econometrica*, 26(4), 487. <https://doi.org/10.2307/1907514>
- Comisión Económica para América Latina. (2021). *Balance Preliminar de las Economías de América Latina y el Caribe, 2020.*

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2020). *Sectores y empresas frente al COVID-19: emergencia y reactivación*.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2022). *Balance Preliminar de las Economías de América Latina y el Caribe, 2021*.
- Comité de Operaciones de Emergencia Nacional. (2020). *Resoluciones, COE Nacional- 16 de marzo de 2020*. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/2020/03/Resoluciones-COE-Nacional-16-de-marzo-2020.pdf>
- del Rio-Chanona, M., Mealy, P., Pichler, A., Lafond, F., & Farmer, D. (2020). Supply and demand shocks in the COVID-19 pandemic: An industry and occupation perspective. *COVID ECONOMICS*, 6, 166.
- Economic Commission for Africa. (2015). *Socio-economic Impacts of Ebola on Africa*. Economic Commission for Africa.
- Fan, E. X. (2003). SARS: Economic Impacts and Implications. *ERD Policy Briefs*, 15. <https://www.adb.org/publications/sars-economic-impacts-and-implications>
- Ferreira dos Santos, G., de Santana Ribeiro, L. C., & Barbosa de Cerqueira, R. (2020). The informal sector and Covid-19 economic impacts: The case of Bahia, Brazil. *Regional Science Policy and Practice*, 12(6), 1273–1285. <https://doi.org/10.1111/rsp3.12366>
- Food and Agriculture Organization. (2021). *GLOBEFISH Highlights - A quarterly update on world seafood markets*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb6414en>
- Freeman, L. (1978). Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks*, 1(3), 215–239. [https://doi.org/10.1016/0378-8733\(78\)90021-7](https://doi.org/10.1016/0378-8733(78)90021-7)
- Giammetti, R., Papi, L., Teobaldelli, D., & Ticchi, D. (2020). The Italian value chain in the pandemic: the input–output impact of Covid-19 lockdown. *Journal of Industrial and Business Economics*, 47(3), 483–497. <https://doi.org/10.1007/s40812-020-00164-9>
- Gleich, D. F. (2015). PageRank beyond the web. *SIAM Review*, 57(3), 321–363. <https://doi.org/10.1137/140976649>
- Haddad, E. A., Perobelli, F. S., Araújo, I. F., & Bugarin, K. S. S. (2021). Structural propagation of pandemic shocks: an input–output analysis of the economic costs of COVID-19.

Spatial Economic Analysis, 16(3), 252–270.
<https://doi.org/10.1080/17421772.2020.1844284>

Hernández, G., & Quintero, L. F. (2021). Efectos económicos de los cierres por COVID-19: Una perspectiva regional. *Cuadernos de Economía (Colombia)*, 40(85), 1113–1132.
<https://doi.org/10.15446/cuad.econ.v40n85.90911>

Inoue, H., Murase, Y., & Todo, Y. (2020). The impact of supply chain networks on interactions between the anti-COVID-19 lockdowns in different regions. *COVID ECONOMICS*, 56, 157–194.

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2019, December). *Tabulados - Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo (ENEMDU)*.
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/enemdu-diciembre-2019/>

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2020a). *Tabulados - Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo, Diciembre 2020*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/empleo-dic-2020/>

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2020b). *Boletín Técnico. No. 01-2020-DIEE*.
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/directorio-de-empresas-2019/>

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2020c). *Tabulados del Directorio de Empresas y Establecimientos, Año 2019*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/enemdu-diciembre-2019/>

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2021a). *Boletín Técnico N°01-2021-ENESEM*.
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-estructural-empresarial-2019/>

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2021b). *Boletín Técnico No. 01-2021-DIEE*.
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/directorio-empresas-2020/>

Jackson, M. (2007). The study of social networks in economics. In *The Missing Links: Formation and Decay of Economic Networks* (Vol. 9781610444).

Jackson, M. (2010). Social and economic networks. In *Social and Economic Networks*.

Jackson, M. (2016). The Past and Future of Network Analysis in Economics. In Y. Bramoullé, A. Galeotti, & B. W. Rogers (Eds.), *The Oxford Handbook Of The Economics Of Networks* (pp. 71–79). Oxford University Press.

- Jackson, M., Rogers, B., & Zenou, Y. (2017). The economic consequences of Social-network structure. *Journal of Economic Literature*, 55(1), 49–95. <https://doi.org/10.1257/jel.20150694>
- Keogh-Brown, M. R., & Smith, R. D. (2008). The economic impact of SARS: How does the reality match the predictions? *Health Policy*, 88(1), 110–120. <https://doi.org/10.1016/j.healthpol.2008.03.003>
- Koschützki, D., Lehmann, K., Peeters, L., Richter, S., Tenfelde-Podehl, D., & Zlotowski, O. (2005). Centrality Indices. In U. Brandes & T. Erlebach (Eds.), *Network Analysis. Methodological Foundations* (pp. 16–61). Springer.
- Langville, A. N., & Meyer, C. D. (2009). Google’s PageRank and beyond: The science of search engine rankings. In *Google’s PageRank and Beyond: The Science of Search Engine Rankings*.
- Marin, A., & Wellman, B. (2011). Social Network Analysis: An Introduction. In J. Scott & P. J. Carrington (Eds.), *The SAGE Handbook of Social Network Analysis* (pp. 11–25). SAGE Publications Ltd.
- McCann, F., & Myers, S. (2020). COVID-19 and the transmission of shocks through domestic supply chains. *Financial Stability Notes*, 2020(3). [https://www.centralbank.ie/docs/default-source/publications/financial-stability-notes/no-3-covid-19-and-the-transmission-of-shocks-through-domestic-supply-chains-\(mccann-and-myers\).pdf?sfvrsn=956841d_4](https://www.centralbank.ie/docs/default-source/publications/financial-stability-notes/no-3-covid-19-and-the-transmission-of-shocks-through-domestic-supply-chains-(mccann-and-myers).pdf?sfvrsn=956841d_4)
- Meinen, P., Serafini, R., & Papagalli, O. (2021). Regional Economic Impact of COVID-19: The Role of Sectoral Structure and Trade Linkages. *ECB: Working Paper Series (Topic)*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3797148>
- Newman, M. (2010). Networks: An Introduction. In *Networks: An Introduction*. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199206650.001.0001>
- Opsahl, T., Agneessens, F., & Skvoretz, J. (2010). Node centrality in weighted networks: Generalizing degree and shortest paths. *Social Networks*, 32(3), 245–251. <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2010.03.006>
- Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos. (2020). *Impacto social del COVID-19 en Ecuador: desafíos y respuestas*.

- Page, L., & Brin, S. (1998). The anatomy of a large-scale hypertextual Web search engine. *Computer Networks*, 30(1–7), 107–117.
- Piedrahita, Y. (2020, December). Efectos de la pandemia del Covid-19 en la producción de camarón. *Aqua Cultura* 138.
- Prades Illanes, E., & Tello Casas, P. (2020). Heterogeneidad en el impacto económico del Covid-19 entre regiones y países del área del euro. *Artículos Analíticos. Boletín Económico*, 2.
- Decreto Ejecutivo N° 1017, (2020).
- Qureshi, A. I. (2016). Economic and Political Impact of Ebola Virus Disease. In A. I. Qureshi (Ed.), *Ebola Virus Disease* (pp. 177–191). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804230-4.00013-3>
- Ricciulli-Marin, D., Bonet-Moron, J. A., Perez-Valbuena, G. J., Haddad, E. A., Araujo-Junior, I. F., & Perobelli, F. S. (2020). Diferencias regionales en el impacto economico del aislamiento preventivo por el COVID-19: estudio de caso para Colombia. In *Documento de Trabajo sobre Economía Regional y Urbana; No. 290* (No. 220; Documentos de Trabajo Sobre Economía Regional y Urbana). Banco de la Republica de Colombia. <https://doi.org/https://doi.org/10.32468/dtseru.290>
- Schmitz, A., & Nguyen, L. (2022). Seafood supply and demand disruptions: The Covid-19 pandemic and shrimp. *Aquaculture Economics & Management*, 26(4), 359–383. <https://doi.org/10.1080/13657305.2022.2038719>
- Scott, J. (2017). *Social Network Analysis. A Handbook* (4th ed.). SAGE Publications Ltd.
- Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025, (2021). <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2021/09/Plan-de-Creación-de-Oportunidades-2021-2025-Aprobado.pdf>
- Secretaría Técnica de Planificación. (2021). *Evaluación socioeconómica PDNA Covid-19 Ecuador. Marzo – diciembre, 2020*.
- Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias. (2020). *Protocolo para la emisión y control de salvoconducto (MDG/GT2-COE-PS-002)*.
- Solís y Arias, J. V., García, H., Márquez, J. M., & Hernández, V. H. (2022). Impacto de la crisis de 2020 en la economía mexicana: un enfoque de insumo-producto con

- inoperabilidad. *Problemas Del Desarrollo*, 53(211), 55–78.
<https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2022.211.69832>
- Subgerencia de Programación y Regulación. (2020). *Reporte del sector petrolero, II Trimestre de 2020*.
https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/indice_reporte.html
- Subgerencia de Programación y Regulación. (2021). *Estadísticas macroeconómicas. Presentación coyuntural*.
<https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/SectorReal/Previsiones/IndCoyuntura/IndiceEMcoyuntural.html>
- Sucre, C. G., & Carvajal, P. (2020). *The Oil Market and the Pandemic: An Analysis of the Price Collapse, Effects and Responses in LAC*. <https://doi.org/10.18235/0002399>
- Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social Network Analysis. Methods And Applications*. Cambridge University Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1017/CBO9780511815478>
- White, E. R., Froehlich, H. E., Gephart, J. A., Cottrell, R. S., Branch, T. A., Agrawal Bejarano, R., & Baum, J. K. (2021). Early effects of COVID-19 on US fisheries and seafood consumption. *Fish and Fisheries*, 22(1), 232–239. <https://doi.org/10.1111/faf.12525>
- Wu, L. (2015). Centrality of the Supply Chain Network. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2651786>

7. ANEXOS

Anexo A. Efecto sectorial del COVID-19, revisión de la literatura

Autor	Herramienta	Sectores afectados
Albornoz Mendoza et al. (2022)	Análisis insumo-producto	<p>Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles (Negativo)</p> <p>Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas (Negativo)</p> <p>Servicios profesionales científicos y técnicos (Negativo)</p> <p>Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación (Negativo)</p> <p>Fabricación de prendas de vestir y cuero (Negativo)</p> <p>Fabricación de insumos, productos textiles y acabado de textiles excepto prendas de vestir (Negativo)</p> <p>Industria de la madera (Negativo)</p> <p>Fabricación de productos a base de minerales no metálicos (Negativo)</p> <p>Industria del papel y de la impresión (Negativo)</p> <p>Industrias metálicas básicas y Fabricación de productos metálicos (Negativo)</p> <p>Servicios educativos (Negativo)</p> <p>Servicios de salud y asistencia social (Negativo)</p> <p>Actividades legislativas (Negativo)</p>
Anufriev et al. (2021)	Modelo de equilibrio general	<p>Alojamiento y servicios de alimentación (Negativo)</p> <p>Artes (Negativo)</p> <p>Servicios de recreación (Negativo)</p> <p>Carne (Negativo)</p> <p>Fabricación de productos cárnicos (Negativo)</p> <p>Agricultura (Negativo)</p> <p>Minería (Negativo)</p> <p>Servicios Básicos (Negativo)</p> <p>Transporte (Negativo)</p>

		<p>Información, medios y telecomunicaciones (Neutral)</p> <p>Cuidados de salud y asistencia social (Neutral)</p> <p>Educación y capacitación (Neutral)</p> <p>Servicios profesionales, científicos y técnicos (Neutral)</p>
Baqae & Farhi (2022)	Modelo de equilibrio general	<p>Productos alimenticios y bebidas (Negativo)</p> <p>Servicios de alimentación y alojamiento (Negativo)</p> <p>Construcción (Negativo)</p> <p>Cinematografía (Negativo)</p> <p>Transporte (Negativo)</p> <p>Derivados de petróleo y carbón (Negativo)</p> <p>Extracción de petróleo crudo y gas natural (Negativo)</p> <p>Transporte aéreo (Negativo)</p> <p>Transporte acuático (Negativo)</p> <p>Transporte ferroviario (Negativo)</p> <p>Extracción de derivados de petróleo y carbón (Negativo)</p> <p>Extracción de petróleo y gas (Negativo)</p>
Barrot et al. (2020)	Análisis insumo-producto	<p>Artes y ocio (Negativo)</p> <p>Restaurantes de hoteles (Negativo)</p> <p>Minería (Negativo)</p> <p>Actividades técnicas (Negativo)</p> <p>Consultoría (Negativo)</p> <p>Servicios Básicos (Negativo)</p>
Bonet-Morón et al. (2020)	Análisis insumo-producto	<p>Servicios Inmobiliarios (Negativo)</p> <p>Servicios administrativos, profesionales y técnicos (Negativo)</p> <p>Construcción (Negativo)</p> <p>Comercio al por mayor y menor (Negativo)</p> <p>Servicios de alojamiento y alimentación (Negativo)</p>
Brinca et al. (2020)	Modelo SVAR	<p>Entretenimiento y alojamiento (Negativo)</p> <p>Información (Positivo)</p> <p>Servicios básicos (Positivo)</p> <p>Actividades financieras (Negativo)</p>

		Comercio (Positivo)
del Rio-Chanona et al. (2020)	Modelo de equilibrio general	Transporte (Negativo) Manufactura (Negativo) Minería (Negativo) Servicios (Negativo) Entretenimiento (Negativo) Restaurantes (Negativo) Hoteles (Negativo) Salud (Positivo)
Ferreira dos Santos et al. (2020)	Análisis insumo-producto	Servicios (Negativo) Otro equipo de transporte (Negativo) Maquinaria y equipo (Negativo) Servicios prestados a los hogares (Negativo)
Giammetti et al. (2020)	Análisis insumo-producto	Manufactura (Negativo) Construcción (Negativo) Servicios de alojamiento y alimentación (Negativo) Deportes y recreación (Negativo) Servicios financieros (Negativo) Servicios profesionales (Negativo) Transporte (Negativo) Información (Negativo) Servicios Básicos (Negativo) Agricultura (Negativo)
Haddad et al. (2021)	Análisis insumo-producto	Otros servicios (Negativo) Comercio (Negativo) Actividades de arrendamiento (Negativo) Otras actividades administrativas y servicios de apoyo (Negativo) Actividades editoriales (Negativo) Actividades artísticas, de entretenimiento y recreación (Negativo) Alojamiento (Negativo)
Hernández & Quintero (2021)	Análisis insumo-producto	Agroindustria (Positivo) Industria (Negativo) Construcción (Negativo) Comercio (Negativo)

McCann & Myers (2020)	Análisis insumo-producto	<p>Construcción (Negativo)</p> <p>Almacenamiento (Negativo)</p> <p>Actividades Inmobiliarias (Negativo)</p> <p>Servicios Administrativos y de Apoyo (Negativo)</p> <p>Actividades legales y contables (Negativo)</p> <p>Servicios financieros (Negativo)</p> <p>Servicios de información e informática (Negativo)</p>
Prades Illanes & Tello Casas (2020)	Análisis insumo-producto	<p>Turismo (Negativo)</p> <p>Fabricación de vehículos (Negativo)</p> <p>Transporte (Negativo)</p>
Ricciulli-Marin et al. (2020)	Análisis insumo-producto	<p>Actividades de servicios administrativos, profesionales y técnicas (Negativo)</p> <p>Construcción (Negativo)</p> <p>Actividades inmobiliarias (Negativo)</p> <p>Comercio (Negativo)</p> <p>Alojamiento y servicios de comida (Negativo)</p> <p>Minería (Negativo)</p> <p>Agricultura (Negativo)</p> <p>Actividades de alojamiento y servicios de comida (Negativo)</p> <p>Actividades de hogares en calidad de empleadores (Negativo)</p> <p>Actividades artísticas, de entretenimiento y recreación (Negativo)</p> <p>Fabricación de otros productos minerales no metálicos (Negativo)</p> <p>Extracción de otras minas y canteras (Negativo)</p>
Solís y Arias et al. (2022)	Análisis insumo-producto	<p>Manufactura (Positivo)</p> <p>Servicios de salud (Positivo)</p> <p>Comercio al por mayor y al por menor (Positivo)</p> <p>Servicios de apoyo a los negocios (Negativo)</p> <p>Alojamiento temporal (Negativo)</p> <p>Preparación de alimentos y bebidas (Negativo)</p> <p>Transporte (Negativo)</p> <p>Medios masivos de comunicación (Negativo)</p> <p>Servicios inmobiliarios (Negativo)</p>

		Servicios profesionales (Negativo) Servicios corporativos (Negativo) Servicios de esparcimiento, culturales y deportivos (Negativo) Hoteles y restaurantes (Negativo) Minería (Positivo) Energía eléctrica (Positivo) Construcción (Positivo) Servicios educativos (Positivo) Agricultura (Negativo) Servicios financieros y de seguros (Negativo) Actividades gubernamentales (Negativo)
--	--	---

Elaborado por: Autora

Nota: Esta tabla enumera los diferentes estudios tomados en consideración en este trabajo, la metodología empleada y los principales resultados a nivel sectorial. Entre paréntesis se especifica la naturaleza del impacto. “Negativo” implica que el sector en cuestión habría experimentado un efecto perjudicial de algún tipo (dependiendo del estudio, podría ser en términos de valor agregado, horas trabajadas, resiliencia, vulnerabilidad, etc.). Mientras que “Positivo” tendría la interpretación opuesta, “Neutral” indicaría la existencia de un impacto despreciable, ya sea positivo o negativo.

Anexo B. Sectores productivos del Ecuador

ID	Clasificación Industrial de las Cuentas Nacionales	Nombre corto
1	Cultivo de banano, café y cacao	Cultivo de banano, café y cacao
2	Cultivo de cereales	Cultivo de cereales
3	Cultivo de flores	Cultivo de flores
4	Cultivo de tubérculos, vegetales, melones y frutas	Cultivo de tubérculos, vegetales y frutas
5	Cultivo oleaginosas e industriales	Cultivo oleaginosas
6	Actividades de apoyo a los cultivos	Apoyo a los cultivos
7	Cría de ganado, otros animales; productos animales; y actividades de apoyo	Cría de ganado
8	Silvicultura, extracción de madera y actividades relacionadas	Silvicultura
9	Acuicultura y pesca de camarón	Acuicultura y pesca de camarón
10	Pesca (excepto camarón)	Pesca
11	Acuicultura (excepto camarón)	Acuicultura
12	Extracción de petróleo crudo y gas natural	Extracción de petróleo y gas
13	Actividades de apoyo a la extracción de petróleo y gas natural	Apoyo a la extracción de petróleo y gas
14	Explotación de minerales metálicos	Explotación de minerales metálicos
15	Explotación de minerales no metálicos y actividades de apoyo a las minas y canteras	Explotación de minerales no metálicos
16	Procesamiento y conservación de carne	Procesamiento y conservación de carne
17	Procesamiento y conservación de camarón	Procesamiento y conservación de camarón
18	Procesamiento de pescado y otros productos acuáticos elaborados	Procesamiento de pescado
19	Conservación de especies acuáticas	Conservación de especies acuáticas
20	Elaboración de aceites y grasas origen vegetal y animal	Elaboración de aceites y grasas
21	Elaboración de productos lácteos	Elaboración de lácteos

22	Elaboración de productos de molinería	Elaboración de productos de molinería
23	Elaboración de productos de la panadería	Elaboración de productos de panadería
24	Elaboración de fideos y de otros productos farináceos	Elaboración de productos farináceos
25	Elaboración y refinación de azúcar	Elaboración y refinación de azúcar
26	Elaboración de cacao, chocolate y productos de confitería	Elaboración de cacao y productos de confitería
27	Elaboración de alimentos preparados para animales	Elaboración de alimentos para animales
28	Elaboración de café	Elaboración de café
29	Elaboración de otros productos alimenticios diversos	Elaboración de otros productos alimenticios
30	Elaboración bebidas alcohólicas	Elaboración bebidas alcohólicas
31	Elaboración bebidas no alcohólicas	Elaboración bebidas no alcohólicas
32	Elaboración de productos de tabaco	Elaboración de tabaco
33	Fabricación de hilos, hilados; tejidos y confecciones	Fabricación de hilos, tejidos y confecciones
34	Fabricación de prendas de vestir	Fabricación de prendas de vestir
35	Fabricación de cuero, productos de cuero y calzado	Fabricación de cuero
36	Producción de madera y de productos de madera	Producción de madera
37	Fabricación de papel y productos de papel	Fabricación de papel
38	Fabricación de productos refinados de petróleo y de otros	Fabricación de productos refinados de petróleo
39	Fabricación de sustancias químicas básicas, abonos y plásticos primarios	Fabricación de sustancias químicas
40	Fabricación de otros productos químicos	Fabricación de otros productos químicos
41	Fabricación de productos de caucho	Fabricación de productos de caucho
42	Fabricación de productos de plástico	Fabricación de productos de plástico
43	Fabricación de vidrio, productos refractarios y de cerámica	Fabricación de vidrio y cerámica

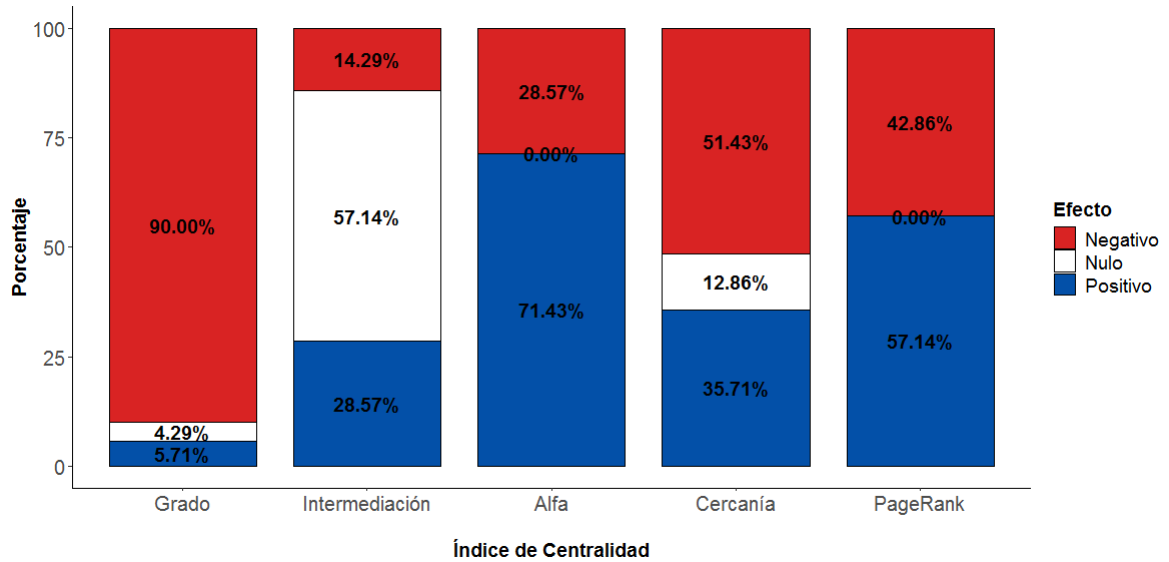
44	Fabricación de cemento, artículos de hormigón y piedra	Fabricación de cemento
45	Fabricación de metales comunes	Fabricación de metales
46	Fabricación de productos derivados del metal, excepto maquinaria y equipo	Fabricación de derivados del metal
47	Fabricación de maquinaria y equipo	Fabricación de maquinaria y equipo
48	Fabricación de equipo de transporte	Fabricación de equipo de transporte
49	Fabricación de muebles	Fabricación de muebles
50	Industrias manufactureras	Industrias manufactureras
51	Generación, captación y distribución de energía eléctrica	Energía eléctrica
52	Captación, depuración y distribución de agua; y saneamiento	Agua y saneamiento
53	Construcción	Construcción
54	Comercio al por mayor y al por menor; incluido comercio de vehículos automotores y motocicletas	Comercio
55	Servicios de reparación y mantenimiento de vehículos de motor y motocicletas	Reparación y mantenimiento de vehículos y motocicletas
56	Alojamiento	Alojamiento
57	Servicio de alimento y bebida	Servicio de alimento y bebida
58	Transporte y almacenamiento	Transporte
59	Actividades postales y de correo	Correo
60	Comunicaciones e información	Comunicaciones e información
61	Actividades de servicios financieros	Servicios financieros
62	Financiación de planes de seguro, excepto seguridad social	Planes de seguro
63	Actividades inmobiliarias	Actividades inmobiliarias
64	Actividades profesionales, técnicas y administrativas	Actividades profesionales
65	Administración pública, defensa; planes de seguridad social obligatoria	Administración pública y defensa
66	Servicios de enseñanza privado	Enseñanza privada
67	Servicios de enseñanza público (no de mercado)	Enseñanza pública
68	Servicios sociales y de salud privado	Servicios sociales y de salud privado

69	Servicios sociales y de salud no de mercado	Servicios sociales y de salud no de mercado
70	Servicios de asociaciones; esparcimiento; culturales y deportivos	Asociaciones, artes y esparcimiento

Elaborado por: Autora

Nota: Esta lista enumera los sectores productivos analizados en el presente trabajo: los números de identificación y denominaciones completas establecidos de acuerdo a la Clasificación Industrial de las Cuentas Nacionales, así como los nombres abreviados asignados por la autora.

Anexo C. Proporción de sectores afectados por el COVID-19, período 2020-2019.



Elaborado por: Autora

Nota: Esta figura recopila la proporción de sectores que experimentaron un efecto positivo, negativo o nulo en sus respectivos Indicadores de Centralidad Ponderada. Este impacto se cuantificó en base a la diferencia calculada para cada Indicador durante el período 2020-2019.

Anexo D. Sectores productivos Jerarquizados de acuerdo a su índice de centralidad, período 2020-2019

12	53	64	53	67
64	63	12	58	57
54	38	54	63	53
44	12	38	38	69
36	57	14	12	58
38	64	8	57	38
8	40	40	54	56
15	61	1	65	70
56	31	20	64	44
40	34	22	70	31
70	39	45	61	35
43	69	70	44	65
58	41	36	13	64
63	33	56	56	12
14	42	6	36	40
51	43	62	31	25
57	44	16	34	33
55	1	65	15	43
53	46	57	62	15
46	49	4	40	8
60	32	15	43	34
45	56	47	46	55
65	59	60	49	32
16	62	11	8	13
19	65	34	3	45
33	66	29	25	5
42	67	21	55	59
52	68	19	33	41
61	45	46	45	42
37	52	28	5	3
30	35	52	37	6
21	29	49	42	49
4	8	68	59	52
47	14	25	52	11
20	15	43	48	21
31	30	32	35	61
48	6	67	32	63
62	16	69	60	24
18	5	66	6	39
13	4	31	69	27
49	18	3	67	46
39	9	24	47	48
23	19	23	41	62
17	3	41	39	2
59	24	42	30	10
34	25	48	11	4
41	26	30	2	37
24	28	59	24	14
26	20	18	4	50
7	11	33	14	28
25	21	35	28	30
9	22	44	51	29
3	48	17	50	36
1	37	26	20	68
66	36	27	29	54
6	2	55	27	47
50	55	51	68	20
68	51	63	1	19
10	27	10	22	22
35	13	39	66	66
11	47	53	26	18
29	70	7	21	1
28	23	9	18	7
69	54	50	10	23
32	50	2	19	16
67	7	13	23	60
5	17	5	16	26
27	10	61	7	51
22	58	58	9	9
2	60	37	17	17

Grado Intermediación Alfa Cercanía PageRank
Índice de Centralidad Ponderada

Elaborado por: Autora

Nota: Este mapa de calor ordena de forma ascendente los 70 sectores productivos en conformidad con el impacto de la crisis sanitaria sobre los diferentes Índices de Centralidad. Este impacto se cuantificó mediante la diferencia calculada para cada Indicador durante el período 2020-2019. Los sectores que sufrieron el mayor impacto negativo se ubican en la parte superior y se caracterizan por su color rojo oscuro. En contraste, los sectores que recibieron el mayor impacto positivo están representados mediante un color azul intenso.

Anexo E. Estadística descriptiva del Índice de Centralidad Ponderada de Grado

Resumen estadístico para el año 2019

<i>Sectores de mayor centralidad</i>	64	Actividades profesionales
	54	Comercio
	58	Transporte
	61	Servicios financieros
	38	Fabricación de productos refinados de petróleo
<i>Promedio total red productiva</i>	5662.09	
<i>Desviación estándar red productiva</i>	4670.94	

Elaborado por: Autora

Nota: Esta tabla detalla los sectores con el Indicador de Centralidad de Grado más alto, así como el promedio y desviación estándar de los 70 sectores que componen la red productiva.

Resumen estadístico para el período 2020-2019

Número de sectores que experimentaron un impacto **positivo**: **4 (5.71%)**
Número de sectores que experimentaron un impacto **negativo**: **63 (90%)**
Número de sectores que no experimentaron **ningún** un impacto: **3 (4.29%)**

<i>Sectores de mayor impacto positivo:</i>	<i>Sectores de mayor impacto negativo:</i>
2 Cultivo de cereales	12 Extracción de petróleo y gas
22 Elaboración de productos de molinería	64 Actividades profesionales
27 Elaboración de alimentos para animales	54 Comercio
5 Cultivo oleaginosas	44 Fabricación de cemento
	36 Producción de madera

Elaborado por: Autora

Nota: Esta tabla agrupa los sectores productivos de acuerdo al impacto positivo, negativo o nulo que han experimentado en base a la diferencia de los Indicadores de Centralidad de Grado para el período 2020-2019.

Anexo F. Estadística descriptiva del Índice de Centralidad Ponderada de Intermediación

Resumen estadístico para el año 2019

<i>Sectores de mayor centralidad</i>	58	Transporte
	54	Comercio
	57	Servicio de alimento y bebida
	64	Actividades profesionales
	53	Construcción
<i>Promedio red productiva</i>	142.83	
<i>Desviación estándar red productiva</i>	380.82	

Elaborado por: Autora

Nota: Esta tabla detalla los sectores con el Indicador de Centralidad de Intermediación más alto, así como el promedio y desviación estándar de los 70 sectores que componen la red productiva

Resumen estadístico para el período 2020-2019

Número de sectores que experimentaron un impacto **positivo: 20 (28.57%)**

Número de sectores que experimentaron un impacto **negativo: 10 (14.29%)**

Número de sectores que no experimentaron **ningún** impacto: **40 (57.14%)**

Sectores de mayor impacto positivo:

60 Comunicaciones e información

58 Transporte

10 Pesca

7 Cría de ganado

17 Procesamiento y conservación de camarón

Sectores de mayor impacto negativo:

53 Construcción

63 Actividades inmobiliarias

38 Fabricación de productos refinados de petróleo

12 Extracción de petróleo y gas

57 Servicio de alimento y bebida

Elaborado por: Autora

Nota: Esta tabla agrupa los sectores productivos de acuerdo al impacto positivo, negativo o nulo que han experimentado en base a la diferencia de los Indicadores de Centralidad de Intermediación para el período 2020-2019.

Anexo G. Estadística descriptiva para el Índice de Centralidad Alfa Ponderada

Resumen estadístico para el año 2019

<i>Sectores de mayor centralidad</i>	64	Actividades profesionales
	54	Comercio
	58	Transporte
	5	Cultivo oleaginosas
	61	Servicios financieros
<i>Promedio red productiva</i>	1	
<i>Desviación estándar red productiva</i>	0.67	

Elaborado por: Autora

Nota: Esta tabla detalla los sectores con el Indicador de Centralidad Alfa más alto, así como el promedio y desviación estándar de los 70 sectores que componen la red productiva

Resumen estadístico para el período 2020-2019

Número de sectores que experimentaron un impacto **positivo: 50 (71.43%)**

Número de sectores que experimentaron un impacto **negativo: 20 (28.57%)**

Sectores de mayor impacto positivo:

37 Fabricación de papel

58 Transporte

61 Servicios financieros

5 Cultivo oleaginosas

13 Apoyo a la extracción de petróleo y gas

Sectores de mayor impacto negativo:

64 Actividades profesionales

12 Extracción de petróleo y gas

54 Comercio

38 Fabricación de productos refinados de petróleo

14 Explotación de minerales metálicos

Elaborado por: Autora

Nota: Esta tabla agrupa los sectores productivos de acuerdo al impacto positivo, negativo o nulo que han experimentado en base a la diferencia de los Indicadores de Centralidad Alfa para el período 2020-2019.

Anexo H. Estadística descriptiva del Índice de Centralidad de Cercanía de Caminata Aleatoria

Resumen estadístico para el año 2019

<i>Sectores de mayor centralidad</i>	57	Servicio de alimento y bebida
	58	Transporte
	54	Comercio
	53	Construcción
	63	Actividades inmobiliarias
<i>Promedio red productiva</i>	0.01	
<i>Desviación estándar red productiva</i>	0.02	

Elaborado por: Autora

Nota: Esta tabla detalla los sectores con el Indicador de Centralidad de Cercanía de Caminata Aleatoria más alto, así como el promedio y desviación estándar de los 70 sectores que componen la red productiva.

Resumen estadístico para el período 2020-2019

Número de sectores que experimentaron un impacto **positivo**: **25 (35.71%)**

Número de sectores que experimentaron un impacto **negativo**: **36 (51.43%)**

Número de sectores que no experimentaron **ningún** un impacto: **9 (12.88%)**

Sectores de mayor impacto positivo:

17 Procesamiento y conservación de camarón

9 Acuicultura y pesca de camarón

7 Cría de ganado

16 Procesamiento y conservación de carne

23 Elaboración de productos de la panadería

Sectores de mayor impacto negativo:

53 Construcción

58 Transporte

63 Actividades inmobiliarias

38 Fabricación de productos refinados de petróleo

12 Extracción de petróleo y gas

Elaborado por: Autora

Nota: Esta tabla agrupa los sectores productivos de acuerdo al impacto positivo, negativo o nulo que han experimentado en base a la diferencia de los Indicadores de Centralidad de Cercanía de Caminata Aleatoria para el período 2020-2019.

Anexo I. Estadística descriptiva del Índice PageRank

Resumen estadístico para el año 2019

<i>Sectores de mayor centralidad</i>	53	Construcción
	57	Servicio de alimento y bebida
	17	Procesamiento y conservación de camarón
	12	Extracción de petróleo y gas
	58	Transporte
<i>Promedio red productiva</i>	0.01	
<i>Desviación estándar red productiva</i>	0.01	

Elaborado por: Autora

Nota: Esta tabla detalla los sectores con el Indicador de Centralidad PageRank más alto, así como el promedio y desviación estándar de los 70 sectores que componen la red productiva.

Resumen estadístico para el período 2020-2019

Número de sectores que experimentaron un impacto **positivo: 40 (57.14%)**

Número de sectores que experimentaron un impacto **negativo: 30 (42.86%)**

<i>Sectores de mayor impacto positivo:</i>	<i>Sectores de mayor impacto negativo:</i>
17 Procesamiento y conservación de camarón	67 Enseñanza pública
9 Acuicultura y pesca de camarón	57 Servicio de alimento y bebida
51 Energía eléctrica	53 Construcción
26 Elaboración de cacao y productos de confitería	69 Servicios sociales y de salud no de mercado
60 Comunicaciones e información	58 Transporte

Elaborado por: Autora

Nota: Esta tabla agrupa los sectores productivos de acuerdo al impacto positivo, negativo o nulo que han experimentado en base a la diferencia de los Indicadores de Centralidad PageRank para el período 2020-2019.

Anexo J. Sectores de mayor impacto, de acuerdo a los cinco indicadores de centralidad

Sectores de mayor impacto positivo		De acuerdo a los Indicadores
9	Acuicultura y pesca de camarón	Cercanía de Caminata Aleatoria PageRank
17	Procesamiento y conservación de camarón	Cercanía de Caminata Aleatoria PageRank

Sectores de mayor impacto negativo		De acuerdo al Indicador
53	Construcción	Intermediación Ponderado Cercanía de Caminata Aleatoria PageRank
12	Extracción de petróleo y gas	Grado Ponderado Alfa Ponderado
54	Comercio	Grado Ponderado Alfa Ponderado
63	Actividades inmobiliarias	Intermediación Ponderado Cercanía de Caminata Aleatoria
64	Actividades profesionales	Grado Ponderado Alfa Ponderado

Elaborado por: Autora

Nota: Esta tabla detalla a los sectores que han sido identificados como aquellos de mayor impacto positivo o negativo por más de un indicador de centralidad