

Análisis Espacial de la Vulnerabilidad Social en Colombia 2018 y 2021

Lizeth Daniela Plata Arenas

Trabajo de Grado para Optar al Título de Magister en Economía y Desarrollo

Director

Josefa Ramoni Perazzi

Ph.D. en Economía

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ciencias Humanas

Escuela de Economía y Administración

Maestría en Economía y Desarrollo

Bucaramanga

2024

Tabla de Contenido

Introducción	11
1. Formulación del Problema de Investigación.....	13
2. Justificación	18
3. Objetivos	21
3.1. Objetivo General	21
3.2. Objetivos específicos	21
4. Marco de Referencia	22
4.1. Marco de antecedentes	22
4.2. Marco teórico	28
5. Metodología	36
5.1. Tipo y enfoque	36
5.2. Procedimiento y técnicas.....	37
5.3. Fuentes de información y tratamiento de datos.....	41
5.4. Hipótesis.....	46
6. Resultados	47
6.1. Variables que explican la trampa de la vulnerabilidad social	47
6.1.1 Vulnerabilidad de los bienes de consumo duraderos.....	50
6.1.2 Vulnerabilidad según condiciones educativas	50

6.1.3	Vulnerabilidad según factores sociales	51
6.1.4	Vulnerabilidad por desastres naturales	51
6.1.5	Vulnerabilidad por condiciones de vivienda.....	52
6.1.6	Vulnerabilidad por fuerza de trabajo	52
6.1.7	Vulnerabilidad por condiciones de salud.....	53
6.2.	Índices de vulnerabilidad social por región.....	53
6.2.1	Estandarización de datos	54
6.2.2	Correlación de las variables prueba KMO.....	55
6.2.3	Análisis factorial	58
6.2.4	Cálculo de factores y método de rotación Varimax con normalización Kaiser.....	58
6.2.5	Cargas factoriales.....	61
6.2.6	Proyección: Computar los “Factor Scores”	62
6.2.7	Normalización de lo Factor Scores	63
6.2.8	Cálculo de dimensiones: Dimensionamiento.....	64
6.2.9	Creación índice compuesto	66
6.2.10	Índice compuesto de vulnerabilidad por regiones 2018 vs 2021	67
6.3	Análisis Espacial de la Vulnerabilidad Social en Colombia por cada periodo de estudio.	
70		
6.3.1.	Patrones de correlación global	74
6.3.2.	Patrones de correlación local	81

CONCLUSIONES	84
Bibliografía	87
Anexos	95

Lista de Tablas

Tabla 1. Operacionalización de las variables de estudio	42
Tabla 2. Subvariables renombradas	45
Tabla 3. Elección de variables	48
Tabla 4. Prueba KMO 2018 y 2021	55
Tabla 5. Matriz de correlaciones.....	57
Tabla 6. Eigenvalue por factor.....	59
Tabla 7. Rotación de los factores y asignación de variables por factor	60
Tabla 8. Agrupación de variables por factor.....	61
Tabla 9. Factor Scores.....	63
Tabla 10. Dimensionamiento manual	64
Tabla 11. Dimensionamiento de datos.....	65
Tabla 12. Índice compuesto	66
Tabla 13. Índice compuesto de vulnerabilidad por regiones 2018 y 2021	68
Tabla 14. Niveles de vulnerabilidad	68
Tabla 15. Nivel de vulnerabilidad por regiones 2018 y 2021.....	69
Tabla 16. Normalización de subvariables.....	96

Lista de Figuras

Figura 1. Regla de interpretación del cuadrante I de Moran.....	40
Figura 2. Comparativo espacial índice vulnerabilidad por rangos 2018-2021	72
Figura 3. Comparativo espacial desviación estándar índice vulnerabilidad por rangos 2018-2021	73
Figura 4. Comparativo i de Morán 2018-2021	75
Figura 5. Comparativo i de Morán primer cuadrante 2018-2021	75
Figura 6. Comparativo i de Morán segundo cuadrante 2018-2021	78
Figura 7. Comparativo i de Morán tercer cuadrante 2018-2021.....	79
Figura 8. Comparativo i de Morán cuarto cuadrante 2018-2021.....	80
Figura 9. Análisis de Indicadores locales de asociación espacial LISA 2018-2021.....	82

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Proceso de normalización de datos	95
Anexo B. Do Files del procedimiento en Stata 2018.....	106
Anexo C. Do Files del procedimiento en Stata 2021.....	108

Resumen

Título: Análisis Espacial de la Vulnerabilidad Social en Colombia 2018 y 2021*

Autor: Lizeth Daniela Plata Arenas**

Palabras Clave: vulnerabilidad social, análisis espacial, análisis factorial.

La vulnerabilidad social es la propensión a ser afectado por una amenaza potencialmente destructiva. Esta problemática se puede agudizar según determinados patrones geográficos; por este motivo, se procede a realizar un análisis de la vulnerabilidad social en el territorio colombiano a través de la estimación de un Índice compuesto espacial que permite identificar los cambios en cada región del país para 2018 y 2021. Metodológicamente, como primera medida se seleccionaron las variables de estudio agrupadas en dimensiones principales tales como, Económica: Bienes de consumo duradero, Educativa: Condiciones educativas, Social: Factores sociales, Natural: Desastres naturales, Socioeconómica: Condiciones de la vivienda, Económica: Fuerza de trabajo y Salud: Condiciones de salud. Para transformar los datos se efectuó un proceso de estandarización de datos lo que significó escalarlos para que tuvieran una media de 0 y una desviación estándar de 1. En materia de resultados, se realizó una conceptualización de las variables de estudio que mejor explican la trampa de la vulnerabilidad social; posteriormente, se revisó la correlación entre las variables encontrando bajas correlaciones lo que puede generar resultados imprecisos, sin embargo, se decidió continuar con el ejercicio a manera de ejemplo. Posterior, se efectuó un análisis factorial que permitió calcular los índices compuestos por regiones y así poder realizar el análisis exploratorio de datos Espaciales (AEDE). Como conclusiones, se evidenció que los índices por regiones para 2021 fueron menores a los encontrados en 2018, lo que se podría explicar por las ventajas y medidas post pandemia donde esto se relaciona positivamente con el crecimiento económico del país en ese año 2021 que fue del 10,6% respecto al del 2018 que fue del 2,8%. Se encontraron mayores índices de vulnerabilidad en la periferia del país, especialmente en las zonas costeras.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ciencias Humanas. Escuela de Economía y Administración. Maestría en Economía y Desarrollo. Directora: Josefa Ramoni Perazzi. Ph.D. en Economía.

Abstract

Title: Spatial Analysis of the Social Vulnerability in Colombia 2018 and 2021*

Author: Lizeth Daniela Plata Arenas¹

Key Words: social vulnerability, spatial analysis, factor analysis.

Social vulnerability is the propensity to be affected by a potentially destructive threat. This problem can become more acute depending on certain geographical patterns; For this reason, an analysis of social vulnerability in the Colombian territory is carried out through the estimation of a spatial composite index that would allow identifying the changes in each region of the country for 2018 and 2021. Methodologically, as the first measure, the study variables grouped into main dimensions such as, Economic: Durable consumer goods, Educational: Educational conditions, Social: Social factors, Natural: Natural disasters, Socioeconomic: Housing conditions, Economic: Work force and Health: Living conditions health. To transform the data, a data standardization process was carried out, which meant scaling them so that they had a mean of 0 and a standard deviation of 1. In terms of results, a conceptualization of the study variables that best explained the cheating trap was carried out. social vulnerability; Subsequently, the correlation between the variables was reviewed, finding low correlations which can generate imprecise results; however, it was decided to continue with the exercise as an example. Subsequently, a factor analysis was carried out to allow the calculation of the indices composed of regions and thus be able to carry out the exploratory analysis of Spatial data (AEDE). As conclusions, it was evident that the indices by region for 2021 were lower than those found in 2018, which could be explained by the post-pandemic advantages and measures where this is positively related to the economic growth of the country in that year 2021, which was 10.6% compared to 2018, which was 2.8%. Higher vulnerability indices were found in the periphery of the country, especially in coastal areas.

* Degree Work

¹Faculty of Human Sciences. School of Economics and Administration. Master's Degree in Economics and Development. Director: Josefa Ramoni Perazzi. Ph.D. in Economics.

Introducción

Los análisis de vulnerabilidad social comprenden grandes fragilidades socioeconómicas; generalmente se encuentran ligados a problemáticas de tipo ambiental, principalmente aquellas relacionadas con desastres naturales. Si bien esta no es la única amenaza que enfrenta la población, estudios como los elaborados por Villegas, Ramos, González, González & Plaza (2017), Coca & Ricaurte (2019), y López (2019), evidencian una inclinación hacia dicha problemática y se apartan de aquellas otras realidades que afectan a la sociedad.

Según Yáñez, Muñoz & Dziekonski (2017) la vulnerabilidad social se define como la incapacidad de impedir que diversos acontecimientos afecten nocivamente la calidad de vida de la población, debido a la falta de insumos protectores de riesgo o a la ausencia de condiciones para valerse de las oportunidades al momento de presentarse una crisis. De esta forma, la vulnerabilidad se divide en cuatro dimensiones: en primer lugar se encuentra la dimensión ambiental, que incluye la calidad ambiental y el riesgo natural; seguidamente, la dimensión socioambiental, que hace referencia al acceso a servicios públicos y la conectividad (incluye accesibilidad al transporte, a servicios de salud, educación, telecomunicaciones, agua potable y electricidad) ; luego, la dimensión social, compuesta por las condiciones educacionales y la fuerza de trabajo; posteriormente, la dimensión socioeconómica, que incluye la infraestructura de la vivienda, el hacinamiento, los servicios de salud, la asociatividad entre la comunidad y los gobiernos locales; finalmente, se encuentra la dimensión económica constituida por la disponibilidad de recursos económicos que poseen las autoridades territoriales y la dimensión económico-ambiental que incluye las variables como: el valor promedio del terreno y la capacidad de uso de suelo.

A raíz de la interacción de todas las dimensiones anteriormente mencionadas, surge el

interés por diseñar un indicador que visibilice la vulnerabilidad social en Colombia, el cual comprenda los diferentes factores que afectan los hogares y les impide conseguir mejores condiciones de vida. El nivel de desagregación deseado en la presente investigación es municipal; sin embargo, la única encuesta de acceso abierto realizada a nivel de municipio es el Censo, disponible para los años 2005 y 2018. Esta base de datos no se consideró pertinente para cumplir los objetivos del estudio por dos motivos: el primero, que se busca analizar un fenómeno dinámico que se transforma en el tiempo y el espacio y el censo no dispone de variables comparables que permitan evidenciar los cambios en la vulnerabilidad social, ya que las encuestas son diferentes en cada año; en segundo lugar, la frecuencia de elaboración de la encuesta dificulta que en investigaciones posteriores se calcule el cambio en la vulnerabilidad de los hogares en años que presentan situaciones particulares, como ocurrió a partir del 2020 con la pandemia derivada de la enfermedad causada por el virus SARS-CoV-2/COVID-19. Por este motivo, el índice se construyó a partir de la Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV) elaborada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Es de resaltar que los datos de la ECV se encuentran por municipio; sin embargo, solo se puede acceder a ellos a través de Salas de Procesamiento de Datos del DANE, las cuales no se encuentran habilitadas en Bucaramanga; por lo tanto, el estudio se realizó a nivel regional teniendo en cuenta la distribución por departamentos que hace el DANE en nueve regiones, a saber, región 1 Caribe, 2 Oriental, 3 Central, 4 Pacífica(sin valle), 5 Bogotá, 6 Antioquia, 7 Valle del cauca, 8 San Andrés y 9 Orinoquía - Amazonía. Cabe mencionar que, el índice de Vulnerabilidad a diseñar se podría ejecutar con los datos a nivel municipal en caso de disponer de ellos, pues las variables a analizar son las mismas tanto en regiones como en municipios.

Con respecto al diseño del indicador, se propuso un Análisis Factorial, en vista de que es

la metodología más usada entre los antecedentes escogidos. Con este método se espera captar el estado de la vulnerabilidad en cada región para 2018 y 2021, tiempo que permitió analizar los cambios de la vulnerabilidad social, ante el impacto causado por la crisis sanitaria COVID-19. Además, se propuso un Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE) para determinar el grado de asociación entre variables y la existencia de estructuras comunes o heterogeneidad entre los datos de manera geográfica.

1. Formulación del Problema de Investigación

El desarrollo económico es un tema latente que centra el análisis en el estudio de estrategias que permiten a los países realizar una transición sostenible e incluyente. Un componente base para ello, es identificar los retos y las oportunidades de cada territorio, según su contexto económico, social, político y cultural, pues cada región presenta condiciones únicas que crean e incluso perpetúan situaciones precarias, impidiendo mejorar su bienestar. A raíz de esta problemática, diferentes organismos se han encargado de diseñar y promover políticas que favorecen la prosperidad e igualdad de oportunidades para todas las personas, en diferentes partes del mundo. Uno de estos, es la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE).

Esta organización identificó que los países de América Latina y el Caribe (ALC) se encuentran doblegados a “nuevas trampas del desarrollo” (OCDE, CAF, CEPAL & Unión Europea, 2019, p. 22), las cuales son dinámicas circulares que limitan la capacidad de los países para avanzar y conseguir mejores grados de desarrollo. De esta forma, la trampa institucional, de la productividad, la ambiental y de la vulnerabilidad social, han retrasado la reducción de la pobreza y la desigualdad. La OCDE (2019), habla de una nueva clase media vulnerable que

representa el 40% de la población en esta región. Dicha cifra resulta alarmante, dado que hace referencia a un grupo de individuos que se caracteriza por tener condiciones laborales precarias, generalmente pertenecientes al sector informal, que adicionalmente no disponen de suficiente protección social, reciben ingresos bajos y su economía es inestable.

Desde un enfoque más amplio, la vulnerabilidad social no solo es vista desde una perspectiva de ingresos; esta noción se encuentra relacionada a variados criterios que sitúan a los individuos en condiciones adversas. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2016) indica que se debe identificar aquellos grupos vulnerables, ya que esta problemática obedece a la existencia de acontecimientos desfavorables, a causa de incidentes como: la condición étnica, la edad o el género, los cuales son atributos comunes, que originan riesgos semejantes dadas las características de la población.

Cabe mencionar, que el término vulnerabilidad comenzó a ser usado desde el ámbito de los riesgos geográficos, con el fin de identificar medidas factibles para mitigar los impactos generados por los desastres naturales (Carrera, 2009). Sin embargo, se extendió la comprensión de este fenómeno, llevándose a un enfoque económico, que a su vez proporcionó una visión amplia al estudio de la pobreza y las condiciones de vida. Una de las precursoras de este enfoque es Moser (1996), quien propuso analizar una matriz de vulnerabilidad de activos para fortalecer la capacidad de respuesta de las personas en situación de pobreza e identificar los factores que influyen en su exposicional riesgo; su aporte involucra una dimensión social, que incluye diferentes variables relacionadas directamente con esta problemática, pero que no suelen ser analizadas. Dichas dimensiones son: el trabajo, el capital humano, la vivienda e infraestructura y el capital social.

En función de lo planteado, se han creado diversas metodologías para cuantificar la vulnerabilidad social y no existe un acuerdo sobre cuál es el método más acertado para realizar

dicha medición; pues como se ha mencionado, este fenómeno abarca un extenso campo de estudio y los indicadores calculados dependen de la disponibilidad de información en la población objeto de estudio y del enfoque abordado por el investigador. Es por este motivo, que no existe un indicador consensuado que permita comparar la vulnerabilidad entre países; no obstante, en cada territorio se han elaborado estudios que identifican patrones sobre cómo se reproduce la vulnerabilidad. Dichos estudios se han realizado por agregados nacionales que permiten el análisis conjunto de todo un país, como los elaborados por Higa (2013), Ávila (2019), Skoufias, Kawasoe, Strobl, & Acosta (2020) y también por municipios o unidades de medición reducidas, tales como: Lampis (2010), Rubina (2018) y Riera (2018). En general, se ha encontrado que los factores que cobran relevancia en términos de vulnerabilidad social son los bajos niveles educativos y la falta de acceso al sistema de salud, no obstante, estas problemáticas presentan cierta conexión con la ubicación geográfica de los hogares, bien sea causado por una relación directa con los desastres naturales, o por variables externas que propagan circunstancias precarias.

Se debe agregar que, pese a que no existe una medición exclusiva sobre la vulnerabilidad social, que permita realizar comparaciones entre países y a través del tiempo, la CEPAL diseñó una metodología para identificar la estructura social de ALC por medio de una estratificación del ingreso donde se clasificó la población en situación de pobreza extrema, pobreza, estratos medios y estratos altos para, a partir de ello, identificar las personas vulnerables a caer en situación de pobreza. El informe afirma que para el 2017 el 46,7 % de la población de ALC estaba contenida entre estratos bajos no pobres y estratos medio-bajos, los cuáles presentaron alto riesgo de caer en pobreza o de ser gravemente impactados ante episodios de desempleo, desastres naturales, enfermedades o accidentes. Además, identificó que el 52% de las personas mayores a 25 años, pertenecientes a estratos bajos no pobres y estratos medio-bajos, presentaron un nivel de educación

inferior a la secundaria completa, lo que agrava la situación, ya que se indica que el nivel mínimo de educación necesario para romper el ciclo intergeneracional de la pobreza y acceder a un trabajo decente, es completar la educación secundaria. De esta forma, en un escenario donde se pierda totalmente la fuente de ingreso laboral, solo el 14% de las personas conservarían la pertenencia a su estrato original. Al centrar la atención en el caso de Colombia, se encuentra que la población contenida entre las categorías de estratos vulnerables, para año 2017, suma una proporción total del 49,3 % cifra ubicada por encima del promedio de ALC. Esto quiere decir que cerca de la mitad de la población colombiana se encuentra próxima a retornar a la situación de pobreza de ingresos (CEPAL,2019).

En términos de pobreza y pobreza extrema en el 2002 la proporción de personas en dicha situación fue del 53,9 %, mientras que en el 2017 pasó a ser del 29,8 % (DANE, 2018). En este sentido, se han evidenciado avances, pero se necesita protección social para aquellas personas que logran superar los umbrales de pobreza, con el fin de no volver a esta situación, ante un impacto negativo en su economía.

Cabe añadir que, la llegada del Coronavirus (SARS CoV2/COVID-19) en marzo de 2020 y las medidas de aislamiento preventivo obligatorio en Colombia, trajeron consigo efectos desfavorables en la economía de los hogares a causa del cierre en los sectores productivos. Para entonces, el DANE puso a disposición de la población un Geovisor que permitió identificar el nivel de vulnerabilidad de la población que por sus condiciones de salud y características demográficas podrían llegar a tener complicaciones de salud en caso de diagnosticarse infectado por COVID-19; sin embargo, este no se encuentra disponible a la fecha. Es de resaltar que no todos los cambios provocados por la pandemia fueron negativos, pues esto produjo un aceleramiento del uso de herramientas tecnológicas que favoreció el teletrabajo, la educación virtual y la creación

de nuevos negocios (Calderón, 2021). En vista de esta transformación económica y social, la problemática causada por el COVID-19 fue abordada en los resultados de la vulnerabilidad social del año 2020 y el análisis comparativo entre 2018 y 2021. Empero, no se incorporó como una variable directa en el desarrollo del índice de Vulnerabilidad Social para el año 2020, debido a que se trata de un hecho puntual que fue abordado como una amenaza que enfrentaron los hogares².

Otro rasgo a tener en cuenta en el análisis son los factores espaciales que ocasionan vulnerabilidad, puesto que, este fenómeno no depende exclusivamente de las condiciones socioeconómicas de los hogares; en este sentido, las características del espacio geográfico intervienen en la existencia de circunstancias que afectan a la población y la hace propensa a caer en situaciones de pobreza o permanecer en ella, ya sea por condiciones naturales del espacio físico o por los recursos y la infraestructura disponibles, pues estos son el soporte de acceso para servicios de salud, educación, cultura y deporte, así como fuente de consumo e ingresos (Ochoa-Ramírez & Guzmán- Ramírez, 2020).

En relación con la problemática expuesta, se hace necesario conocer el contexto de todos los escenarios que inciden en la calidad de vida en Colombia, desde una perspectiva multidimensional que permita identificar aquellas variables que pueden impactar y causar retroceso en los hogares, así como, fortalecer los avances obtenidos en materia de pobreza durante los últimos años. De esta manera, conocer la magnitud del riesgo y las amenazas que causan pérdida de bienestar en la sociedad colombiana, da lugar a la focalización de las dimensiones críticas sobre las cuáles se debe

2 En la ECV 2020 se realizaron preguntas relacionadas con la pandemia, tales como: Cuál es la principal razón para que no estudie ¿se retiró a raíz de la pandemia?, ¿Considera que la calidad de la educación mejoró después de las medidas tomadas?, ¿Durante los últimos 12 meses ha trabajado en modalidad de teletrabajo?, ¿Algún miembro del hogar recibió ayudas monetarias durante la pandemia? Esta información se tendrá en cuenta en el análisis de resultados.

concentrar el análisis para reducir la vulnerabilidad de los hogares.

Con esto es posible conseguir acelerar el proceso de reducción de pobreza y desigualdad, y así mismo, superar la trampa de la vulnerabilidad social. En vista del alcance que representa la vulnerabilidad social y el vacío de información existente, surge el interés por conocer la respuesta a la pregunta que se presenta a continuación: ¿Cómo ha sido la distribución espacial de la vulnerabilidad social en Colombia en los años 2018 y 2021?

2. Justificación

Esta investigación permite determinar cómo se expresa la vulnerabilidad social en Colombia, a partir de la identificación de aquellos factores que agudizan dicha problemática e impiden superar las trampas del desarrollo en la región; pues estas amenazas coaccionan el tejido social, a la vez que conllevan una propagación y persistencia de la pobreza. La relevancia social del presente estudio radica en la comprensión de un fenómeno que se manifiesta como la exposición al riesgo en que se encuentran los hogares, los cuales carecen de oportunidades para poder superar o incluso evadir situaciones de crisis. El entendimiento coyuntural de las circunstancias que desencadenan condiciones de pobreza, facilita a las partes interesadas el diseño de políticas, planes y proyectos, que favorezcan a las personas en situación de vulnerabilidad social, de manera tal que se consoliden estrategias para mitigar el impacto del choque recibido y se permita conseguir mayor calidad de vida para toda la sociedad.

El reconocimiento de las múltiples expresiones de la vulnerabilidad social, permite a los hacedores de políticas públicas clarificar los escenarios para hacer intervenciones colectivas con base en la distinción de las variables que agudizan dicha problemática, según los patrones

espaciales que se identifiquen. Asimismo, es de gran importancia el análisis espaciotemporal, dado que, expone el comportamiento del fenómeno a través del tiempo; de esta forma, se evidencia si las condiciones que exacerban la vulnerabilidad en cada territorio son semejantes y no se han podido mitigar a través del tiempo; o si, por el contrario, en la actualidad cambiaron las amenazas y la problemática está relacionada con factores distintos.

El aporte teórico de la presente investigación, busca apoyar los planteamientos de Sen (1981) quien advierte que la vulnerabilidad social obedece a amenazas de diversa procedencia, las cuáles se manifiestan en la incapacidad del individuo para evitar un choque o poder superarlo. De esta manera, el autor afirma que los individuos disponen de provisiones de seguridad social, pero estas deben ser potenciadas para proteger la población y garantizarle una vida digna. Adicionalmente, se apoya la teoría de Moser (1998) para quien la vulnerabilidad se traduce en sensibilidad del bienestar ante situaciones de cambio; para la autora, estos riesgos que afectan a la sociedad pueden ser económicos, políticos, sociales y ecológicos. Con base en estos planteamientos, se espera poner en manifiesto que en Colombia la problemática de la vulnerabilidad social se encuentra expresada multidimensionalmente, pero a ello se suma que cada dimensión se expresa de forma independiente en cada territorio.

Esta investigación implementa el Análisis Estadístico Multivariante para determinar la relación entre las variables y cuantificar el fenómeno de la vulnerabilidad social en Colombia. Inicialmente se aplica un Análisis factorial, en busca de reducir la dimensionalidad de los datos y poder obtener un indicador para cada región. Una vez elaborado el índice de Vulnerabilidad Social, se realiza un Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE), técnica que permite identificar la presencia o ausencia de variaciones espaciales. Para de esta manera, confirmar con rigor estadístico que la presente herramienta es pertinente para el análisis de la vulnerabilidad social y la

focalización de factores determinantes que agudizan la problemática según la ubicación geográfica de cada observación, pues esta permite un análisis adecuado para resumir las principales características de los datos y comprobar una hipótesis.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Determinar los patrones espaciales de la vulnerabilidad social en el territorio colombiano a través de un Índice de Vulnerabilidad Social correspondiente a los años 2018 y 2021.

3.2. Objetivos específicos

- Definir las variables de estudio que mejor explican la trampa de la vulnerabilidad social.
- Elaborar los índices de vulnerabilidad social para cada región, según la dimensión demográfica, económica, educativa y de salud.
- Analizar el comportamiento espacial de la vulnerabilidad social en Colombia por cada periodo de estudio.

4. Marco de Referencia

4.1. Marco de antecedentes

En términos de vulnerabilidad social se encuentran investigaciones principalmente relacionadas con desastres naturales; no obstante, este no es el único riesgo al que está expuesta la población. Por este motivo, se han realizado numerosos estudios que permiten cuantificar este fenómeno, para identificar los problemas que se desarrollan en cada territorio. A continuación, se exponen estudios elaborados tanto a nivel internacional como nacional, cuyas metodologías y resultados evidencian situaciones comunes en cada país, pero al mismo tiempo, demuestran que la vulnerabilidad social se expresa de forma singular en cada territorio.

Con respecto a investigaciones a nivel internacional, Frigerio, Carnelli, Cabinio & Amicis (2018) elaboraron un estudio para examinar el patrón espaciotemporal de la vulnerabilidad social en Italia. Para ello tomaron datos del Censo Decenal de Italia de los años 1991, 2001 y 2011, para posteriormente realizar la respectiva normalización de los indicadores, tomando variables como: la estructura familiar, la educación, la tasa de dependencia, el crecimiento de la población, las condiciones de vivienda y el empleo. Tras la aplicación del Análisis de Componentes Principales y el análisis del Indicador Local de Autocorrelación Espacial (LISA por sus siglas en inglés), encontraron que entre los años 1991 y 2001 existía una relación homogénea entre las zonas norte y sur del país, debido a que hacia el norte la vulnerabilidad social fue considerablemente más baja que en el sur; no obstante, para 2011 la relación empezó a ser más heterogénea y se encontraron más municipios vulnerables en el norte del país.

Por otro lado, un estudio elaborado por Fang, Wang & Fang (2016) propone un sistema de evaluación de vulnerabilidad urbana espacial, donde identificaron el estado de esta problemática

en China y a la vez determinaron patrones de distribución espacial, que permitieron identificar las características de la vulnerabilidad en cada una de las 288 ciudades analizadas para el año 2011. En el análisis, implementaron el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP por sus siglas en inglés) y evaluaron variables de tipo ambientales, económicas, sociales y de recursos urbanos. De allí, encontraron que existía mayor vulnerabilidad en el Este de China que en el Oeste; además, las ciudades más grandes presentaron indicadores de vulnerabilidad más bajos.

En África, Apotsos (2019) elaboró un análisis sobre la distribución espacial de la vulnerabilidad social relativa e identificó el nivel de sensibilidad de los resultados, según variaciones en la agregación de los datos. Este estudio se hizo para seis ciudades de Sudáfrica en los años 2001 y 2011 con base en datos del Censo Sudafricano, por medio de la aplicación de la metodología ACP; algunas de las variables analizadas fueron: nivel de ingresos, tenencia de activos (como celular, computador, internet, entre otros), nivel educativo y empleo del jefe de hogar, acceso a servicios básicos, densidad de los hogares, edad y raza. Con respecto a las variaciones espaciales, se identificó que la alta vulnerabilidad se debe principalmente a la falta de ingresos, riqueza, educación, activos y empleo; aspectos como la falta de servicios, problemas de salud y características demográficas del hogar, quedan en un segundo plano, pero no dejan de estar relacionados.

Otro de los estudios realizados para caracterizar los factores predominantes de la vulnerabilidad social, fue el elaborado por Nasution, Kurniawan, Siagian & Fudholi (2020), quienes calcularon la vulnerabilidad social de Indonesia a nivel de distrito con el método Fuzzy Geographically Weighted Clustering. Para ello, utilizaron la Encuesta Socioeconómica Nacional 2017 y relacionaron variables como: estrato socioeconómico, edad, estructura familiar, género, educación, crecimiento poblacional, calidad de vivienda y arrendamiento. Las observaciones

mostraron que la vulnerabilidad se concentra en la parte occidental de la Isla de Sumatra y en el este de Indonesia. Los problemas que más incidieron en dichos resultados fueron las condiciones socioeconómicas, el acceso a electricidad y el tamaño de la familia.

A nivel de América Latina, se encuentra un estudio elaborado por Vergara (2011), quien determinó la relación existente entre desarrollo económico y vulnerabilidad social; esta última, entendida como un proceso de exclusión que repercute en el rezago y bienestar social de la población. La autora identificó los factores que sitúan a las entidades federativas de México en esta condición. Para ello aplicó el método de ACP, el cual le permitió conocer la distribución espacial de la vulnerabilidad, vista desde la demografía, la educación, la salud y los ingresos de la población; basado en datos obtenidos por el Consejo Nacional de Población, el Sistema Nacional de Seguridad, la Secretaría de Salud, entre otros. El estudio se hizo para las 32 entidades federativas del país por medio del cálculo de un Índice de Vulnerabilidad Social para los años 1990, 1995, 2000, 2005 y 2010. Se concluye que la vulnerabilidad aumentó un 35% en los 20 años analizados, los factores que más incidieron en dicho incremento fueron la salud y la dinámica demográfica.

También en los países de América Latina, se encontró un índice de vulnerabilidad social a escala local en la República Argentina, elaborado por Represa, Sánchez, & Porta, (2018). Para la estimación del índice se tomó la información del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas del año 2010 y se establecieron 52.406 radios censales, como unidad mínima de análisis espacial. En cuanto al análisis, aplicaron el método de ACP para calcular el índice y posteriormente graficarlo con el Sistema de Información Geográfica (SIG). Algunas de las variables empleadas fueron: personas por hogar, dependencia de jóvenes, proporción de mujeres, inmigrantes, carencias de activos, provisión de agua potable y tipo de desagüe. Tras la aplicación del análisis se encontró una distribución desigual de la vulnerabilidad social con alta curtosis; destacó que solo 12 radios

censales obtuvieron un índice de vulnerabilidad muy bajo, mientras que 307 radios censales obtuvieron índice de vulnerabilidad muy alto. Se observó que la mayor vulnerabilidad se concentra en las zonas oeste y norte del territorio argentino, no obstante, hay algunas excepciones.

En el caso de Brasil, existe un índice de Vulnerabilidad Social elaborado a nivel municipal por la Fundación Instituto de Encuesta Económica Aplicada (IPEA por sus siglas en portugués), esta entidad define la vulnerabilidad social como nociones políticas que introducen nuevos recursos interpretativos sobre el desarrollo social, más allá de la dimensión monetaria. Por lo tanto, el índice diseñado se focaliza en identificar el acceso o la usencia de algunos bienes en los hogares del país, a través de tres subíndices: infraestructura urbana, capital humano, renta y trabajo; su respectiva posesión o privación, es condicionante del bienestar de la población. El indicador final es el resultado de la media aritmética de cada uno de los subíndices, los cuales tienen la misma ponderación para el cálculo final; no obstante, las variables individuales no tienen el mismo peso en el cálculo del subíndice. Los datos utilizados fueron los censos demográficos elaborados por el Instituto Brasileiro de Geografía e Estadística (IBGE) en los años 2000 y 2010. Con respecto a los subíndices, se utilizaron dieciséis indicadores utilizando parámetros de máximos y mínimos con valores que van desde 0,000 a 1.000. Cada indicador tenía su valor normalizado donde 0 corresponde a la situación deseable y 1 a la peor situación. Los resultados identifican que se presentó una disminución de la vulnerabilidad social; así, en el año 2000 el 62 % de los municipios se encontraba en condiciones críticas de vulnerabilidad y esta proporción al 23 % en el año 2010 (IPEA, 2018).

En el caso particular de Colombia, Durán (2012) ha sido pionero en el análisis de la vulnerabilidad social en el país, referido a este como el grado de eficacia de la población para adaptarse al cambio provocado por un daño. En la investigación en mención desarrolló un modelo

espacial de vulnerabilidad socioambiental donde identificó los patrones que se relacionan entre municipios. Para ello, aplicó técnicas de modelamiento cartográfico, a variables como: crecimiento intercensal, analfabetismo, Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), Pobreza Multidimensional, vacunación, violencia intrafamiliar, amenaza sísmica, erosión, precipitaciones, entre otras; las cuales fueron tomadas de diversas fuentes y en años diferentes, dado que la disponibilidad de datos es muy limitada. En cuanto a vulnerabilidad social se encontró que los municipios: La Montañita (Caquetá); San Andrés de Sotavento (Córdoba); Piamonte y Timbiquí (Cauca); presentan índices más altos. No obstante, los municipios: Andes (Antioquia); Marquetalia, Pensilvania y Samaná (Caldas); fueron los más vulnerables en la dimensión ambiental. De esta forma, zonas que fueron consideradas débiles socialmente, se nivelan al presentar menos riesgos de vulnerabilidad en términos ambientales.

Posteriormente, Durán (2017) determinó el estado de vulnerabilidad de Colombia por medio de datos actualizados y un cambio en la metodología aplicada. Para el estudio se evaluaron 1.122 municipios de Colombia y se analizaron variables como la participación electoral, las NBI, el ingreso tributario per cápita, la densidad de drenajes, la temperatura media anual, entre otras; que permitieron consolidar las dimensiones social, económica, física y ambiental. Nuevamente, la información fue tomada de diversas bases de datos, de las cuales destacan el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y el Departamento Nacional de Planeación (DNP). Al igual que trabajo anteriormente mencionado, las variables escogidas correspondieron a diferentes años según la disponibilidad de datos, lo que les permitió ampliar las observaciones por cada dimensión. Tras la aplicación del Análisis Exploratorio Espacial, los resultados permitieron concluir que las zonas más afectadas por la vulnerabilidad social y física están en las periferias del país, además las dimensiones económica y ambiental, afectan con mayor proporción a la región

Caribe; no obstante, el Chocó prevalece en todas las dimensiones como una de las regiones más vulnerables.

Una de las concepciones más adoptadas en el marco de la vulnerabilidad social es The Hazards-of-Place Model of Vulnerability, más conocida como SoVI, el cual es un modelo utilizado principalmente para medir la vulnerabilidad en el ámbito de los desastres naturales (Cutter, Boruff & Shirley, 2003). Su importancia se debe a que permite involucrar fenómenos culturales, sociales económicos y políticos. Roncancio, Cutter, & Nardocci (2020) aplicaron el SoVI para comprender la vulnerabilidad social en todo el territorio colombiano con el fin de mejorar la planificación nacional de la reducción al riesgo de desastres en 1118 municipios colombianos. En su investigación involucraron variables como: estatus socioeconómico, género, etnia, empleo, zona, estructura familiar, educación, calidad del entorno y migración; provenientes del Censo General de Población 2005 elaborado por el DANE y del Sistema de Selección de Beneficiarios para Programas Sociales (SISBEN). Tras la aplicación del ACP, se encontró que los departamentos del centro de la Región Andina obtuvieron índices de vulnerabilidad más bajos, mientras que los del norte de la Región Caribe, así como los del oeste del Pacífico y el sur de la Orinoquía, presentan una mayor vulnerabilidad social.

Otro de los índices elaborados para Colombia a nivel nacional fue propuesto por González (2014), para identificar si las condiciones socioeconómicas de los hogares, y especialmente de las mujeres, inciden en el mejoramiento de la situación económica de las familias colombianas. Para ello aplicó la metodología Análisis de Componentes Principales Categórico a las observaciones obtenidas de la Encuesta Nacional de Demografía y Salud, elaborada por Profamilia y se tomó como foco de análisis los años 2005 y 2010; las variables estudiadas fueron vivienda, propiedad de bienes de consumo duradero, salud, planificación familiar, educación, violencia intrafamiliar y

situación socioeconómica. En los resultados concluyó que las subregiones con mayor grado de vulnerabilidad durante los dos años estudiados fueron el Litoral Pacífico, la Costa Atlántica, el Cauca, el Nariño y el Valle.

Como se evidencia anteriormente, en el análisis de la vulnerabilidad social se han incluido dimensiones como la salud, la educación, la economía, el ambiente, la demografía e incluso la migración. En general, la cantidad de dimensiones en cada análisis varía, desde aquellos estudios que no hacen ninguna clasificación, hasta investigaciones que asocian las variables en doce dimensiones; además, estudios como el elaborado por Fang, Wang, & Fang (2016) dan un peso a cada categoría. Cabe mencionar, que las variables que se han empleado se encuentran limitadas por la disponibilidad de los datos y por este motivo los estudios, en algunos casos, no pueden ser lo suficientemente extensos para abarcar hasta la división administrativa más pequeña del país objeto de estudio; de esta forma, cada investigación se ha ajustado de acuerdo con los datos disponibles y el tiempo en el cual hayan sido elaboradas las encuestas o censos. Se observa que la metodología más utilizada en el cálculo del índice es el ACP y se emplean diferentes técnicas en el análisis de conglomerados geográficamente, destaca el Análisis Exploratorio Espacial por su rigurosidad estadística. En términos de resultados, se identificó que los lugares donde se presentan niveles de vulnerabilidad superiores son las zonas costeras, en el caso de Colombia corresponde a la Región Caribe y Chocó.

4.2. Marco teórico

Las problemáticas sociales han sido un tema de gran interés en la investigación científica, la trascendencia del análisis radica en el entendimiento de los factores que causan rupturas en el tejido social. Una de estas preocupaciones es el riesgo en el que se encuentran inmersos los individuos ante un impacto que pueda causar pobreza o su persistencia a través del tiempo; es así,

que este fenómeno se da a conocer como vulnerabilidad social y su análisis toma relevancia con los planteamientos teóricos de Sen (1981) quien profundiza en las capacidades que tienen los individuos para evitar un impacto o poder superar el choque que sufre. Seguidamente, Chambers (1995) trascendió en el estudio de la vulnerabilidad social, tras considerar que está determinada por una dimensión interna y otra externa. Posteriormente, Moser (1998), precisa que la vulnerabilidad es percibida como la inseguridad y sensibilidad del bienestar en situaciones de cambio. Como estos académicos, hay quienes han aportado desde distintas perspectivas al conocimiento sobre la vulnerabilidad social, no obstante, se ahonda en los ya citados, puesto que cobraron relevancia, al ser los autores más citados en la revisión de literatura realizada.

Como se acaba de mencionar, Sen (1981) guía su investigación por su conocido enfoque de las capacidades, centra el análisis en las oportunidades que tienen los individuos para superar una crisis o en lo posible, no tener que sufrir dicho impacto. En el estudio citado, el autor examina el caso de la gran hambruna de Bengala en 1943, Etiopía en 1973 y de Bangladesh en 1974, para evidenciar y explicar las condiciones que afectan a los grupos sociales, destacando los aspectos relacionados con el derecho y la susceptibilidad a determinadas amenazas. Vale la pena mencionar que Sen no se refiere a una situación de vulnerabilidad explícitamente, pero hace alusión a esta situación con el término disposiciones de seguridad social. A través de esto, explica que cada persona puede simplemente obtener un paquete de productos que se le asigna y se incorpora en la producción, de esta manera, su bienestar depende de las oportunidades comerciales que pueda disfrutar con sus recursos y productos limitados. Es así como, si el individuo no consigue encontrar un trabajo, o no recibe el derecho a un ingreso complementario, sus ingresos caerán por debajo de cierto nivel específico. Por este motivo, el problema real es que no existan garantías de derechos tales que impidan caer en situación de hambruna, como las citadas en el estudio, pues la ausencia

de dichas garantías puede causar este tipo de problemáticas absurdas en donde un territorio que se destaca por su agricultura se ve obligado a vivir una situación dramática de hambre por no tener una seguridad social lo suficientemente fuerte para proteger a su población y garantizarle una vida digna.

El concepto de vulnerabilidad social encuentra sus raíces en las teorías del desarrollo humano, particularmente en los trabajos de destacados autores como Amartya Sen y Martha Nussbaum. Estos académicos han brindado información valiosa para comprender y abordar la vulnerabilidad social al enfatizar la naturaleza multidimensional del bienestar humano y la importancia de expandir las capacidades de las personas para vivir una vida plena. Sen (1981 y Nussbaum (1996) contribuyen a la visión de la vulnerabilidad social y brindan una comprensión holística de los factores que influyen en la vulnerabilidad de los individuos dentro de una sociedad.

Sen (1981), ha dado forma significativa al discurso sobre la vulnerabilidad social a través de su enfoque de capacidades. Sen argumenta que el bienestar de las personas debe evaluarse no solo por su acceso a los recursos materiales, sino también por las oportunidades y libertades que tienen para llevar la vida que valoran. Según Sen, la vulnerabilidad social surge cuando los individuos carecen de las capacidades esenciales necesarias para funcionar y participar plenamente en la sociedad. Estas capacidades abarcan una amplia gama de dimensiones, que incluyen educación, salud, apoyo social, participación política y oportunidades económicas. Al examinar los factores que impiden que las personas alcancen estas capacidades, el enfoque de capacidades de Sen proporciona un marco integral para comprender y abordar la vulnerabilidad social.

Nussbaum (1996) ha hecho contribuciones significativas a la comprensión de la vulnerabilidad social a través de su enfoque de capacidades. Nussbaum amplía el marco de Sen al abogar por una lista de capacidades humanas centrales que son esenciales para una vida digna y

próspera. Estas capacidades abarcan tanto el funcionamiento básico como el de orden superior, como la capacidad de llevar una vida saludable, acceder a la educación, participar en procesos políticos, tener conexiones sociales y realizar actividades significativas. El enfoque de capacidades de Nussbaum destaca la importancia de abordar las desigualdades estructurales y las barreras sociales que limitan las oportunidades de los individuos para desarrollar y ejercer estas capacidades, contribuyendo así a su vulnerabilidad.

Tanto Sen como Nussbaum enfatizan el papel de las instituciones sociales, económicas y políticas en la configuración de la vulnerabilidad de los individuos. Argumentan que las estructuras y políticas sociales juegan un papel crucial en habilitar o restringir las capacidades de los individuos y, en consecuencia, sus niveles de vulnerabilidad. Factores como la desigualdad de ingresos, la falta de protección social, la discriminación, los sistemas de salud inadecuados y el acceso limitado a la educación pueden contribuir a una mayor vulnerabilidad social. Al incorporar estos conocimientos en la visión de la vulnerabilidad social, los investigadores pueden identificar los factores sistémicos que perpetúan la vulnerabilidad e informar las recomendaciones de políticas para fomentar una sociedad más inclusiva y equitativa.

Las teorías de Sen y Nussbaum brindan una sólida base teórica para comprender la vulnerabilidad social al ampliar el enfoque más allá de los indicadores puramente económicos y resaltar la naturaleza multidimensional del bienestar humano. Al examinar las capacidades que las personas necesitan para llevar vidas significativas e identificar las barreras que dificultan su logro, los investigadores pueden obtener una comprensión más profunda de la vulnerabilidad social y proponer intervenciones para abordar sus causas fundamentales. A través de su perspectiva holística, Sen y Nussbaum nos invitan a considerar la interconexión de las dimensiones económicas, sociales, de salud y educativas en la configuración de la vulnerabilidad de los

individuos dentro de una sociedad.

En general, las teorías de Amartya Sen y Martha Nussbaum ofrecen valiosas reflexiones sobre la visión de la vulnerabilidad social. Al enfatizar la naturaleza multidimensional del bienestar humano y la importancia de expandir las capacidades de los individuos, estas teorías brindan un marco integral para comprender y abordar la vulnerabilidad social. La incorporación de sus perspectivas al estudio de la vulnerabilidad social permite a los investigadores identificar los factores que perpetúan la vulnerabilidad y abogar por políticas e intervenciones que promuevan una sociedad más inclusiva y equitativa.

Para Chambers (1995), los individuos están en una situación de indefensión, muy similar a la visión de Sen (1981); sin embargo, hace hincapié en que la vulnerabilidad está determinada por una dimensión externa que se refiere a las amenazas o peligros que afectan el individuo, y aparte, existe una dimensión interna, la cual corresponde a las carencias que se presentan al momento de afrontar una pérdida. De esta manera, la vulnerabilidad comprende la exposición ante el riesgo y la capacidad de respuesta para enfrentarlo. Cuando Chambers hace referencia a la pérdida no se refiere únicamente a la falta de ingresos, también incluye el debilitamiento físico, la dependencia social, el daño psicológico y el empobrecimiento económico. Es por ello que la solución a la vulnerabilidad no debe depender únicamente la entrega de subvenciones para aumentar los ingresos, debido a que esta aparente solución puede llevar a las personas a experimentar situaciones donde la pérdida de un activo conduzca al endeudamiento y con ello se hagan más vulnerables, posicionándolas en un rango menor del que estaban anteriormente. Además, existen otros factores que provocan privaciones, como la estacionalidad tropical que puede causar escasez de alimentos, endeudamiento o enfermedad. Estas amenazas se agudizan porque las personas son impotentes, dado que carecen de influencia, encontrándose sujetas al poder de los

demás y resultan fáciles de ignorar o explotar; esto empeora sus condiciones desfavorables y disminuye su bienestar.

Por este amplio panorama, Chambers (1985) enfatiza en el estudio de la dimensión interna como estrategia para garantizar una vida sostenible, dando herramientas al individuo para asumir la pérdida. En el ámbito de los recursos naturales, indica que se debe asegurar la gestión sostenible de estos, especialmente para lograr el acceso equitativo a las personas que se encuentran en situación de pobreza; en el ámbito de la salud, indica que se debe ofrecer acceso a servicios de salud para prevenir enfermedades o recibir un tratamiento eficaz en caso de enfermedad y, desde un punto de vista más general, indica que se debe permitir a las personas conservar sus medios de vida minimizando los peligros a los que están expuestos y afectan su calidad de vida. Finalmente, para este autor, el desarrollo se alcanza con un buen cambio social y significa mucho más que crecimiento económico e ingresos.

Moser (1998), por su parte, plantea que la vulnerabilidad es percibida como inseguridad y sensibilidad del bienestar en situaciones de cambio y, al igual que Sen (1981), profundiza en la capacidad que tienen los individuos para responder determinadas situaciones; sin embargo, difiere de Chambers (1995), al plantear que los individuos participan con rol activo cuando se enfrentan a la pérdida y no se encuentran en una situación total de indefensión. Conviene destacar que, para la autora, la vulnerabilidad es un concepto dinámico que captura los procesos de cambio cuando una persona entra y sale de la pobreza; de aquí la autora resalta que la población pobre generalmente es la más vulnerable, pero es necesario tener presente que no todas las personas vulnerables son pobres. Por su parte, Moser indica que la vulnerabilidad se encuentra compuesta por dos dimensiones: por una parte, la sensibilidad, la cual identifica la magnitud de la respuesta de un sistema a un evento externo; por otro lado, aparece la resiliencia como la facilidad y rapidez

de recuperación del sistema. En este sentido, la vulnerabilidad comprende la capacidad para enfrentar los riesgos y la inhabilidad para adaptarse a sus consecuencias. Estos riesgos pueden ser ecológicos, económicos, sociales o políticos, y ocasionan choques repentinos con impactos de largoplazo o ciclos estacionales.

En un estudio previo, Moser (1996) había planteado que la capacidad de hacer frente a las dificultades económicas está estrechamente relacionada con los bienes materiales, pero el capital social ofrecido por sistemas de ayuda y las redes sociales que vinculan la comunidad, pueden favorecer a los hogares en el mejoramiento de su habilidad para superar un choque. De esta forma, el capital social disminuye la vulnerabilidad y aumenta las oportunidades, por lo que surge la necesidad de conocer el entorno de los individuos para identificar los activos que disponen y focalizar los aspectos que se deben potenciar, con el fin de reducir su vulnerabilidad.

Llegado a este punto, se identifica la vulnerabilidad social como una problemática del desarrollo humano, con la necesidad de ser cuantificada a través de indicadores que permitan orientar las políticas públicas enfocadas en la reducción de pobreza. Al respecto Piketty (2003) economista, especialista en desigualdad económica, identificó la necesidad de realizar estimaciones más acertadas sobre la distribución del ingreso. Su análisis va más allá de las encuestas de hogares, al complementar dicha información con datos de las cuentas nacionales y registros de impuestos; de esta forma, estudia la distribución de los ingresos a la vez que profundiza en el análisis de largo plazo de la desigualdad. Así, para el autor, las tres principales fuentes de información para la estimación de la desigualdad de ingresos, son: las encuestas de hogares, los registros administrativos y las cuentas nacionales. Estas pueden ser exploradas de manera conjunta para superar las dificultades procedimentales del análisis.

En consecuencia, con el análisis del patrimonio y la distribución de ingreso de los hogares en

Colombia, Garay y Espitia (2021) ha adelantado una investigación exhaustiva sobre el estudio de la pobreza, en la cual sostienen que Colombia es uno de los países con mayor concentración del ingreso; así, los ingresos provenientes del capital superan en gran proporción a los ingresos del trabajo. Además, el tratamiento tributario efectivo dado a los ingresos del trabajo resulta desfavorable, según el Estatuto Tributario Nacional. Esta problemática afecta a los ciudadanos en general, pero existen ciertas características propias del individuo que se convierten en limitantes para su progreso, el cual se impacta en mayor grado cuando se enfrenta a amenazas que interfieren su calidad de vida, como en el caso particular de las mujeres, especialmente aquellas jefas de hogar, quienes sufren una discriminación marcada al no recibir remuneración alguna sobre las labores del hogar, cuya dedicación implica gran parte del tiempo. De esta forma, un hogar donde una mujer sea cabeza de hogar presentará vulnerabilidad ante impactos en su bienestar.

De manera puntual, la vulnerabilidad social es la propensión de un individuo o comunidad a ser afectado por una amenaza que experimenta en condiciones adversas, donde la presencia de un atributo específico confiere un riesgo común de quebrantar su bienestar. Del mismo modo, profundiza en la capacidad de respuesta del individuo cuando sufre o puede soportar un episodio que impacte su bienestar. Dicha respuesta, está ligada a las oportunidades que tiene la población para poder superar la crisis, es así como surge la necesidad de conocer el contexto de la población afectada para diseñar e implementar medidas que favorezcan a la sociedad, con una distribución de ingresos favorable, que evite desembocar en una situación paupérrima que perpetúe la pobreza y la desigualdad, expresada en endeudamiento o pérdida de activos, circunstancias que son cambiantes en el tiempo y el espacio. En breve, considerar los diferentes contextos que podrían ser causantes de vulnerabilidad, permite conocer las debilidades que se deben potenciar para crear capacidades con oportunidades justas para todos los individuos.

5. Metodología

En vista del planteamiento del problema y los objetivos de la investigación, se identifica que el enfoque a desarrollar es de tipo cuantitativo; esto implica una medición de cantidades que se pueden usar como características del fenómeno a estudiar (Jain, 2019). En el presente estudio se analizó el fenómeno de la vulnerabilidad social, a partir de los elementos que lo componen. La problemática refleja la necesidad de calcular una medida sobre la magnitud del fenómeno y determinar las variables que agudizan las amenazas de los hogares en Colombia; sean estas, consecuencias de factores relacionados con la fuerza de trabajo, la salud, la educación, la estructura de las viviendas o incluso, factores ambientales que se convierten en amenazas para toda la población, según su ubicación geográfica.

5.1. Tipo y enfoque

En el presente estudio, se establecieron relaciones entre los diferentes factores que influyen en el fenómeno descrito, desde una perspectiva espacial, con la cual se identificaron las causas de la vulnerabilidad a eventos ambientales o sociales desfavorables, en los que se encuentran inmersos los hogares colombianos. Así, se elaboró un análisis exploratorio de la vulnerabilidad social en Colombia, del cual se logró describir la relación existente entre las variables y posteriormente, determinar patrones en el comportamiento de estas, entre los años 2018 y 2021. De este modo el estudio planteado comprende todos los alcances investigativos, pero se caracteriza principalmente por ser explicativo; ya que este alcance “está dirigido a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Se enfoca en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables” (Hernández, Fernández & Baptista, 2014, p. 98).

5.2. Procedimiento y técnicas

El desarrollo de la presente investigación constó de dos partes para la elaboración del indicador de vulnerabilidad social y la posterior identificación de patrones espaciales. Luego de establecer las dimensiones de las variables, se efectuó el proceso de organizar los datos de la Encuesta de Calidad de Vida del DANE asegurándose de que fueran coherentes, actualizados y cubrieran el ámbito geográfico y temporal deseado. Para realizar el proceso de unificación de las variables de estudio se utilizó el Software estadístico Stata mediante el comando *merge* 1:1 de las variables de identificación y las de estudio.

Una vez consolidadas las variables, se procedió con la normalización de estas a una escala común para garantizar la comparabilidad. Este paso fue crucial ya que las variables pueden tener diferentes unidades, rangos o distribuciones. Los métodos de normalización usados incluyeron puntajes z, escalado mínimo-máximo y estandarización. Posteriormente, se efectuó la asignación de pesos a cada variable en función de su importancia relativa o contribución a la Vulnerabilidad Social. Los pesos reflejan el juicio del investigador, sin embargo, se tuvo en cuenta la técnica de Análisis Factorial.

Seguido, se efectuó la agregación de la información, donde se combinaron las variables individuales en un solo índice compuesto. Posteriormente, se realizó el análisis de sensibilidad para evaluar la solidez del índice frente a diferentes esquemas de ponderación o variaciones en los datos. Esto ayudó a evaluar la estabilidad y confiabilidad del índice y permitió realizar comparaciones entre diferentes escenarios de ponderación (Busso, 2002).

Se implementó la técnica de análisis estadístico multivariante Análisis factorial como método para reducir la dimensionalidad del conjunto de datos conservando la información más

importante. El propósito del Análisis Factorial fue resumir el conjunto de datos de las variables originales en un nuevo conjunto de variables reducidas, llamados factores principales; estas representan una combinación lineal de las primeras y se destacan los componentes que mantienen la mayor variabilidad del grupo original de variables (Díaz, 2007). Este paso, permitió crear nuevas variables que conservan la información contenida en los datos, de manera que se reduce la dimensión de estos y se eliminaron variables con un mínimo aporte al estudio del problema. Las nuevas variables encontradas mantienen características estadísticas originales, tales como la independencia y la no correlación; la interpretación de cada componente depende de la carga de cada variable en el mismo.

De acuerdo con Peña (2002), el problema a resolver es identificar un espacio de dimensión reducida, que represente apropiadamente los datos. Desde un enfoque descriptivo se encuentra que, si se considera un punto x_i , y una dirección $\beta_1 = (\text{desde } \beta_{11}, \dots, \beta_{1p})'$ dada por β_1 , la proyección del punto x es:

$$z_i = \beta_{11}x_{i1} + \dots + \beta_{1p}x_{ip} = \beta_1' x_i \quad (1)$$

Esta proyección es representada por $z_i\beta_1$. Donde c_i corresponde a la distancia entre el punto x_i y su proyección sobre la dirección β_1 , por lo tanto, este criterio requiere que:

$$\min_i \sum c^2 = \sum_{i=1} |x_i - z_i\beta_1|^2, \quad (2)$$

donde $|u|$ el módulo del vector u .

Cuando se proyecta cada uno de los puntos sobre la recta que minimiza las distancias ortogonales de las observaciones, se forma un triángulo rectángulo, en donde la hipotenusa es la distancia desde el punto x_i al origen y está expresado por $\sqrt{x_i'x_i}$, el cateto adyacente es la distancia identificada con z_i y, el cateto opuesto es la distancia c_i . volviendo al Teorema de Pitágoras se

obtiene que:

$$x x_i = z^2 + c^2 \quad (3)$$

Por lo tanto, para obtener la expresión sumatoria de todos los puntos es necesario que:

$$\sum_{i=1}^n x' x_i = \sum_{i=1}^n z^2 + \sum_{i=1}^n c^2 \quad (4)$$

Hay que tener en cuenta que cuando el primer miembro es constante y se desea min. $\sum_{i=1}^n c_i^2$ la suma de las distancias desde x_i hasta la recta β_1 es equivalente a máx. $\sum_{i=1}^n z_i^2$. Lo que quiere decir que, maximizar la suma de los cuadrados equivale a maximizar su varianza, entonces, se consigue el criterio de encontrar la dirección de proyección que maximiza la varianza de la información que ha sido proyectada sobre la recta β_1 . En el caso de buscar una dirección en donde los puntos proyectados conserven lo mayor posible sus distancias relativas, se llegaría al mismo criterio. Por consiguiente, si se llama $d_{ij}^2 = x x_j$ a los cuadrados de las distancias originales entre los puntos, y $d_{ij}^2 = (z_i - z_j)$ a las distancias entre los puntos proyectados en la recta, se desea que:

$$D = \sum \sum (d_{ij}^2 - d_{ij}^2)$$

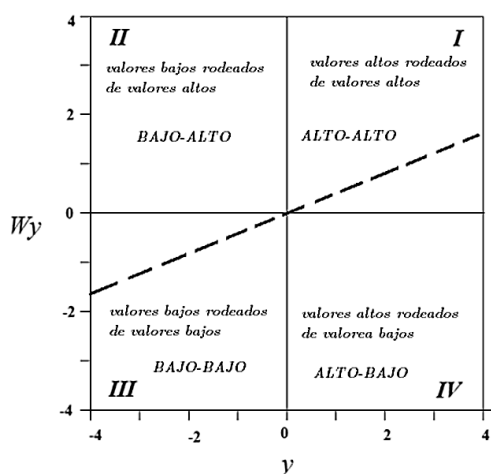
La técnica de Análisis Factorial además facilita la interpretación de conjuntos de datos complejos al identificar los principales factores que impulsan la variación en los datos. Cada factor representa un patrón o tema diferente dentro de los datos, y los investigadores pueden analizar e interpretar estos componentes para obtener información sobre los factores económicos subyacentes. La creación del índice de vulnerabilidad para 2018 y 2021 se efectuó bajo la técnica construcción de índices o desarrollo de indicadores compuestos que comprende las etapas de: selección de variables, recopilación de datos, transformación de datos, asignación de pesos, agregación, análisis de sensibilidad y la validación e interpretación.

El siguiente método estadístico que se implementó corresponde a la técnica AEDE, con la cual, se identificaron los patrones geográficos que se desarrollan a partir de las similitudes entre las variables analizadas; de esta forma, se examinó la existencia de autocorrelación espacial para observar una variación sistemática de los factores a través de un mapa, este permitió visualizar patrones de comportamiento desde la ubicación geográfica de cada dato.

Para verificar dicha correlación se implementó el Índice Moran Global, el cual permitió identificar la correlación global mediante la regla de interpretación por cuadrantes(ver figura 1); este indicador es un coeficiente de correlación de Pearson con una matriz de pesos que toma valores entre -1 y 1. Valores cercanos a 0 implican que no se puede rechazar la hipótesis nula dado que no resulta estadísticamente significativo, valores cercanos a 1 presentan significancia positiva y valores cercanos a -1 significancia negativa. La segunda técnica correspondió al Indicador Local de Autocorrelación Espacial (LISA, en inglés), lo cual permitió reconocer que cada ubicación presenta un grado individual de correlación y revela de manera heterogénea, la presencia de patrones de asociación espacial para cada unidad estudiada (Celemín, 2009).

Figura 1

Regla de interpretación del cuadrante I de Moran



Nota. Tomado de Celemín (2009).

Los datos para realizar el AEDE pueden ser de tres tipos: puntos, líneas o polígonos. El primero se encuentra determinado por coordenadas de latitud y longitud que permiten identificar individuos, empresas, entre otros. El segundo, corresponde a objetos abiertos que cubren una determinada distancia y se comunican entre sí, como es el caso de calles, líneas de transmisión telefónica, etc. El tercero, hace referencia a figuras planas delimitadas por líneas que cubren un área determinada, lo que comprende estados, áreas censales o regiones (Chasco & Fernández, 2008). Este último fue el tipo de dato espacial que se analizó en el presente estudio, pues la información se organizó por nueve regiones según el DANE, a saber, región Caribe, Oriental, Central, Pacífica (sin valle), Bogotá, Antioquia, Valle del cauca, San Andrés y Orinoquía - Amazonía; esto corresponde a la agrupación por regiones del primer nivel de división político-administrativa en Colombia.

Por último, se reconoce la validación e interpretación del índice comparándolo con las medidas existentes de calidad de vida o realizando pruebas empíricas para garantizar su confiabilidad y validez. Además, se interpretaron los resultados del índice, comprendiendo sus limitaciones, lo que se traduce en mencionar los hallazgos de manera efectiva a las partes interesadas. Es importante tener en cuenta que el proceso de creación de un índice es subjetivo hasta cierto punto, ya que involucra decisiones relacionadas con la selección, ponderación y agregación de variables. La transparencia en la metodología, las fuentes de datos y los supuestos es crucial para garantizar la credibilidad y la utilidad del índice.

5.3. Fuentes de información y tratamiento de datos

Las variables relacionadas con los factores mencionados anteriormente se encuentran en revisión; sin embargo, en la Tabla 1 se presenta la primera elección de variables, escogidas a partir de un contraste entre las variables analizadas en los antecedentes citados y la disponibilidad de

datos encontrados en la Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV) del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Esta encuesta caracteriza las condiciones de vida de los hogares colombianos e incluye variables que recopilan dimensiones del bienestar social. La ECV data desde 1997, sin embargo, no se realizaba anualmente en aquel entonces; es a partir del año 2010 cuando se le empieza a dar continuidad.

Cabe mencionar que la ECV se encuentra en constante cambio, pues desde el DANE se busca captar toda la información posible acerca de la dinámica socioeconómica de los hogares, a la vez que se facilita el proceso de recolección de datos a los encuestadores; por lo tanto, hay variables disponibles en determinado año y en otro no. A continuación, se describen las variables seleccionadas que cuentan con datos en 2018 y 2021.

Tabla 1

Operacionalización de las variables de estudio

Dimensión	Variable	Definición operacional
Económica	Bienes de consumo duradero	Los bienes de consumo duraderos se refieren a productos tangibles que están diseñados para durar un período prolongado, generalmente más de tres años. Incluyen elementos como electrodomésticos, productos electrónicos, muebles y vehículos. Para medir los bienes de consumo duraderos, los investigadores pueden utilizar encuestas o datos de gastos de los consumidores para evaluar la propiedad o el acceso a estos bienes dentro de una población u hogar determinado. Esto se puede hacer registrando la presencia o ausencia de bienes duraderos específicos en los hogares o calculando el número promedio de bienes duraderos que se poseen per cápita.
Educativa	Condiciones educativas	Las condiciones educativas engloban diversos aspectos relacionados con la calidad y accesibilidad de la educación. Para medir las

Dimensión	Variable	Definición operacional
		condiciones educativas, los investigadores pueden considerar indicadores como las tasas de matriculación escolar, las tasas de alfabetización, la proporción de estudiantes por maestro, la infraestructura educativa (ej., disponibilidad de aulas, bibliotecas, laboratorios), la disponibilidad de materiales educativos y las calificaciones y capacitación de los maestros. Estos indicadores se pueden recopilar a través de encuestas, registros escolares, informes oficiales o evaluaciones educativas realizadas a nivel regional o nacional.
Social	Factores sociales	Los factores sociales se refieren a elementos que influyen en la dinámica social, las interacciones y el bienestar dentro de una sociedad. Para medir los factores sociales, los investigadores pueden considerar indicadores como la desigualdad de ingresos (ej., el coeficiente de Gini), el capital social (ej., los niveles de confianza, las redes sociales), los índices de inclusión social (ej., las medidas de marginación o exclusión) y el acceso a los servicios sociales. (ej., atención médica, programas de asistencia social). Los datos para estos indicadores se pueden recopilar a través de encuestas, censos, registros administrativos o bases de datos existentes.
Natural	Desastres naturales	Los desastres naturales se refieren a eventos ambientales repentinos y extremos, que incluyen inundaciones, terremotos, huracanes, sequías e incendios forestales, entre otros. Para medir la vulnerabilidad debida a los desastres naturales, los investigadores pueden considerar indicadores como la frecuencia, la gravedad y el impacto de desastres pasados en un área determinada, la cantidad de personas u hogares afectados, las pérdidas económicas y la disponibilidad y eficacia de las medidas de preparación para desastres. Los datos para estos indicadores se pueden recopilar de bases de datos de desastres, registros gubernamentales o informes de agencias relevantes.

Dimensión	Variable	Definición operacional
Socio-económica	Condiciones de la vivienda	Las condiciones de vivienda abarcan el estado y las características de las viviendas residenciales. Para medir las condiciones de vivienda, los investigadores pueden considerar indicadores como la calidad de la vivienda (ej., presencia de servicios básicos, integridad estructural), la asequibilidad de la vivienda (ej., la proporción de los ingresos gastados en gastos de vivienda), el hacinamiento (ej., número de personas por habitación) tasas de personas sin hogar y acceso a agua potable e instalaciones de saneamiento. Los datos para estos indicadores se pueden recopilar a través de encuestas, evaluaciones de vivienda o registros oficiales de las autoridades de vivienda o agencias relevantes.
Económica	Fuerza de trabajo	La fuerza de trabajo se refiere a la población ocupada o individuos que participan activamente en actividades productivas dentro de una economía. Para medir la vulnerabilidad de la fuerza laboral, los investigadores pueden considerar indicadores como las tasas de desempleo (ej., el porcentaje de la fuerza laboral sin empleo), las tasas de subempleo (ej., las personas que trabajan a tiempo parcial de forma involuntaria o en trabajos que no coinciden con sus calificaciones), el empleo informal (ej., la proporción de trabajadores en el sector informal), la desigualdad de ingresos dentro de la fuerza laboral y las medidas de estabilidad laboral (ej., tasas de rotación, tipos de contratos). Los datos para estos indicadores se pueden recopilar a través de encuestas de población activa, registros de empleo o informes oficiales.
Salud	Condiciones de salud	Las condiciones de salud se refieren al bienestar físico, mental y general de las personas o poblaciones. Para medir las condiciones de salud, los investigadores pueden considerar indicadores tales como tasas de prevalencia de enfermedades (ej., incidencia o prevalencia de enfermedades o condiciones de salud específicas), acceso a

Dimensión	Variable	Definición operacional
		instalaciones de atención médica (ej., número de proveedores de atención médica o instalaciones per cápita), tasas de cobertura de seguro médico, niveles de alfabetización en salud (ej., conocimiento y comprensión de la información relacionada con la salud) e infraestructura sanitaria (ej., disponibilidad de hospitales, clínicas, equipos médicos). Los datos para estos indicadores se pueden recopilar a través de encuestas de salud, registros médicos, registros de establecimientos de salud o bases de datos de salud existentes.

Nota. La tabla muestra las dimensiones que se tienen en cuenta para la creación del IVS y su definición operacional.

Con referencia al procesamiento de datos, tanto para la aplicación del Análisis Factorial como para el AEDE, se empleó el software estadístico Stata donde se renombraron las subvariables para efectos de contar con nombres cortos así:

Tabla 2

Subvariables renombradas

Nombre original	Renombre
Sexo	Var1
Nivel educativo madre	Var2
Nivel educativo padre	Var3
Nevera o refrigerador	Var4
Tv LCD, plasma o led	Var5
Carro particular	Var6
Moto o motoneta	Var7
Computador de escritorio	Var8
Tipo de vivienda	Var9
Material paredes exteriores	Var10
Material pisos	Var11
Energía eléctrica	Var12
Estrato para tarifa	Var13
Acueducto	Var14

Alcantarillado	Var15
Recolección de basuras	Var16
Inundaciones, desbordamiento, crecientes	Var17
Avalanchas, derrumbes, deslizamientos	Var18
Hundimiento de terreno	Var19
Ventarrones, tormentas, vendavales	Var20
Ocupación	Var21
Actividad paga por una hora o más	Var22
Horas de trabajo semanales	Var23
Cotizando actualmente a un fondo de pensiones	Var24
Régimen de seguridad	Var25
Estado de salud	Var26
Habla o conversa	Var27
¿Mover el cuerpo, caminar o subir y bajar escaleras?	Var28
Entender, aprender, recordar o tomar decisiones	Var29
Enfermedad accidente o problema de salud reciente sin hospitalización	Var30
Hospitalización en el último año	Var31
Gas natural	Var32
La vivienda ocupada es:	Var33
Internet	Var34
Tipo de servicio sanitario del hogar	Var35
Cantidad personas por hogar	Var36

Nota. La tabla muestra el nombre que tomaron las variables para facilitar el desarrollo del IVS.

5.4. Hipótesis

La vulnerabilidad social se concentra en mayor grado en las zonas costeras del país, principalmente en las regiones Pacífica y Caribe. Del mismo modo, los altos índices de vulnerabilidad están ubicados hacia la periferia del país mientras que el centro presenta indicadores inferiores.

Se postula que el Índice de Vulnerabilidad Social en Colombia experimentará una disminución significativa en el periodo comprendido entre 2018 y 2021. Esta reducción se atribuye a la implementación y aumento de programas sociales durante la crisis sanitaria desencadenada por el COVID-19, así como a la apertura económica que ha caracterizado el periodo postpandemia.

Se espera que estas medidas hayan contribuido a fortalecer la resiliencia de los sectores más vulnerables de la población, mejorando sus condiciones socioeconómicas y reduciendo, en consecuencia, su vulnerabilidad social.

6. Resultados

6.1. Variables que explican la trampa de la vulnerabilidad social

Comprender la vulnerabilidad social en un país requiere un examen exhaustivo de varias dimensiones, incluidos los factores económicos, sociales, de salud y educativos. La selección de variables apropiadas para estudiar y definir estas dimensiones es de suma importancia para garantizar resultados de investigación precisos y significativos. Al elegir las variables correctas, la investigación puede capturar de manera efectiva la intrincada dinámica que contribuye a la vulnerabilidad social, arrojando luz sobre las causas subyacentes y brindando información valiosa para los encargados de formular políticas y las partes interesadas. Por ello, se requiere resaltar la importancia de identificar y seleccionar correctamente las variables, enfatizando su papel para revelar la compleja interacción entre los aspectos económicos, sociales, de salud y educativos que dan forma a la vulnerabilidad social en un país.

En este sentido y teniendo en cuenta la información disponible en la Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ECV) del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), las variables deben estar en función de explicar la vulnerabilidad social desde las diferentes dimensiones o aspectos de la calidad de vida a saber: vulnerabilidad por bienes de consumo duradero, vulnerabilidad según condiciones educativas, vulnerabilidad según factores sociales, vulnerabilidad por desastres naturales, vulnerabilidad por condiciones de la vivienda,

vulnerabilidad por fuerza de trabajo y vulnerabilidad por condiciones de salud, según se muestra en la tabla 3.

Tabla 3

Elección de variables

Dimensión	Variable	Subvariable de la ECV que componen la variable
Económica	Vulnerabilidad por bienes de consumo duradero	Computador
		Carro
		TV LCD, Plasma o Led
		Nevera o refrigerador
		Moto o motoneta
Educativa	Vulnerabilidad según condiciones educativas	Nivel educativo más alto del padre
		Nivel educativo más alto de la madre
Social	Vulnerabilidad según factores sociales	Sexo del jefe de hogar
		Limitación para hablar
		Limitación para entender o aprender
		Limitación para moverse o caminar
Natural	Vulnerabilidad por desastres naturales	En los últimos 12 meses la vivienda fue afectada por inundaciones, desbordamiento, crecientes, arroyos.
		En los últimos 12 meses la vivienda fue afectada por avalanchas, derrumbes, deslizamientos.
		En los últimos 12 meses la vivienda fue afectada por hundimiento de terreno.
		En los últimos 12 meses la vivienda fue

Dimensión	Variable	Subvariable de la ECV que componen la variable
		afectada por vendavales
Socioeconómica	Vulnerabilidad por condiciones de la vivienda	Conexión a internet
		Servicio sanitario
		Acueducto
		Alcantarillado
		Gas natural conectado a red pública
		Recolección de basuras
		Energía eléctrica
		Tipo de vivienda
		Estrato
		Cantidad de personas en el hogar
		Material predominante de los pisos
		Material predominante de las paredes exteriores
		La vivienda ocupada por este hogar es (propia, arriendo, etc.)
Económica	Vulnerabilidad por fuerza de trabajo	Realizó la semana pasada alguna actividad paga
		En qué actividad ocupó la mayor parte del tiempo la semana pasada
		Está cotizando actualmente a un fondo de pensiones
		Cuántas horas a la semana trabaja normalmente
Salud	Vulnerabilidad por	A cuál de los siguientes regímenes de

Dimensión	Variable	Subvariable de la ECV que componen la variable
	condiciones de salud	seguridadesocial en salud está afiliado
		En los últimos 30 días tuvo una enfermedad
		El estado de salud en general es
		Durante los últimos 12 meses tuvo que ser hospitalizado

Nota. La tabla muestra a cuál dimensión de vulnerabilidad social corresponde cada una de las subvariables elegidas a partir de la ECV.

6.1.1 Vulnerabilidad de los bienes de consumo duraderos

La vulnerabilidad de los bienes de consumo duraderos se refiere a la susceptibilidad de las personas o las comunidades a las consecuencias económicas adversas derivadas de su acceso limitado o la asequibilidad de los bienes esenciales y duraderos. Esta variable es crucial para comprender la vulnerabilidad social, ya que refleja las disparidades en el acceso a los recursos necesarios para un nivel de vida digno. Generar esta variable implica examinar factores como los niveles de ingresos, el acceso al crédito, la disponibilidad de opciones de financiación asequibles y la asequibilidad de los bienes duraderos en relación con los ingresos de la persona o del hogar. Al analizar la vulnerabilidad de los bienes de consumo duraderos, se evidencia hasta qué punto las restricciones económicas afectan la capacidad de las personas para satisfacer sus necesidades básicas.

6.1.2 Vulnerabilidad según condiciones educativas

La vulnerabilidad según las condiciones educativas captura los riesgos y desventajas que enfrentan los individuos debido al acceso inadecuado a una educación de calidad o la ausencia de

oportunidades educativas. Esta variable juega un papel fundamental en la comprensión de la vulnerabilidad social, ya que la educación es un motor fundamental de la movilidad socioeconómica y el bienestar. La definición operativa de esta variable implica considerar indicadores como las tasas de alfabetización, las tasas de matriculación y finalización escolar, la disponibilidad de infraestructura educativa, el acceso a la formación profesional y la calidad de la educación impartida. Al examinar la relación entre las condiciones educativas y la vulnerabilidad social, los investigadores pueden identificar brechas en los sistemas educativos, evaluar el impacto de las políticas educativas y proponer intervenciones para mejorar las oportunidades educativas y reducir la vulnerabilidad.

6.1.3 Vulnerabilidad según factores sociales

La vulnerabilidad de acuerdo con los factores sociales se refiere a la susceptibilidad de los individuos o las comunidades a resultados adversos derivados de las desventajas sociales, la exclusión o la discriminación. Esta variable reconoce que las dinámicas sociales, como la desigualdad de ingresos, el capital social, la cohesión social y el acceso a los servicios sociales, influyen significativamente en los niveles de vulnerabilidad. Definir operativamente esta variable implica considerar indicadores como la distribución del ingreso, las redes de apoyo social, los índices de inclusión social y el acceso a los programas de salud y asistencia social. Al estudiar la vulnerabilidad según los factores sociales, se visibilizan los determinantes sociales subyacentes de la vulnerabilidad, lo cual permite identificar grupos marginados y abogar por políticas que promuevan la igualdad y la inclusión social.

6.1.4 Vulnerabilidad por desastres naturales

La vulnerabilidad debida a los desastres naturales abarca la exposición de las personas o las comunidades a los riesgos que plantean los peligros naturales y su capacidad para resistir y

recuperarse de tales eventos. Esta variable destaca los impactos diferenciales de los desastres naturales en diferentes poblaciones. Estimar esta variable implica evaluar factores como la ubicación geográfica, la susceptibilidad a peligros específicos, la resiliencia de la infraestructura, los sistemas de alerta temprana y las medidas de preparación para desastres. A partir de ello, los investigadores pueden informar las estrategias de reducción del riesgo de desastres, mejorar los mecanismos de respuesta a emergencias y fortalecer la resiliencia de la comunidad para minimizar los efectos adversos de los peligros naturales.

6.1.5 *Vulnerabilidad por condiciones de vivienda*

La vulnerabilidad debida a las condiciones de vivienda examina la susceptibilidad de las personas o comunidades a los riesgos asociados con una vivienda inadecuada o insegura. Esta variable reconoce que la vivienda precaria puede contribuir a una variedad de desafíos sociales, de salud y económicos. La definición operativa de esta variable implica considerar indicadores como la asequibilidad de la vivienda, el acceso a los servicios básicos, la calidad de la vivienda, el hacinamiento y la tasa de personas sin hogar. Al estudiar la vulnerabilidad debido a las condiciones de vivienda, los hacedores de políticas públicas pueden identificar poblaciones vulnerables, abogar por mejores políticas de vivienda y proponer intervenciones para garantizar el acceso a viviendas seguras y asequibles para todos.

6.1.6 *Vulnerabilidad por fuerza de trabajo*

La vulnerabilidad por fuerza de trabajo captura los riesgos y desventajas que enfrentan las personas en el mercado laboral, incluido el desempleo, el subempleo, los salarios bajos y las condiciones laborales precarias. Esta variable es crucial para comprender la vulnerabilidad social, ya que refleja las inseguridades económicas y los desafíos que enfrentan las personas para lograr la estabilidad económica. Operativizar esta variable implica considerar indicadores como las tasas

de desempleo, las tasas de empleo informal, la desigualdad de ingresos dentro de la fuerza laboral y las medidas de estabilidad laboral. Al estudiar la vulnerabilidad de la fuerza laboral, los investigadores pueden identificar barreras estructurales, evaluar el impacto de las políticas del mercado laboral y recomendar estrategias para promover oportunidades de trabajo decente, que conlleven a una reducción la vulnerabilidad.

6.1.7 Vulnerabilidad por condiciones de salud

La vulnerabilidad debido a las condiciones de salud se refiere a la susceptibilidad de las personas o comunidades a resultados de salud adversos, acceso limitado a los servicios de atención médica y recursos de atención médica inadecuados. Esta variable reconoce que las disparidades en salud y la atención médica inadecuada contribuyen significativamente a la vulnerabilidad social. En la operacionalización de esta variable implica considerar indicadores como la prevalencia de la enfermedad, el acceso a los establecimientos de salud, la cobertura del seguro de salud, los niveles de alfabetización en salud y la infraestructura de atención de la salud. Al estudiar la vulnerabilidad debido a las condiciones de salud, los investigadores pueden identificar poblaciones en mayor riesgo, abogar por políticas de atención médica equitativas y proponer intervenciones para mejorar los resultados de salud y reducir la vulnerabilidad.

6.2. Índices de vulnerabilidad social por región

Una vez recolectada la información a partir de la ECV en 2018 y 2021, se efectuó el proceso del Análisis Factorial buscando la reducción de dimensionalidad; ya que, se contó con 35 variables iniciales, tal como se indicó en el primer apartado de resultados. Esta técnica es comúnmente utilizada en análisis de datos para simplificar conjuntos de datos complejos, transformándolos en una representación de dimensiones inferiores preservando al mismo tiempo la información más importante. El Análisis Factorial logra esto identificando los factores principales de los datos, que

son nuevos ejes que capturan la variación máxima en el conjunto de datos original, para lograrlo se ejecutó el debido proceso de transformación de datos.

6.2.1 Estandarización de datos

Antes de aplicar el Análisis Factorial, es conveniente estandarizar los datos, lo que significa escalarlos para que tengan una media de 0 y una desviación estándar de 1. Esto garantiza que las variables sean comparables y se independicen de las unidades de medida. Para ello se realizó un proceso de normalización explicado en el anexo A.

Este proceso de normalización o estandarización de datos, también conocido como escalado de datos o escalado de características, es un paso de preprocesamiento necesario para evitar el sesgo de magnitud de las variables, pues en muchos conjuntos de datos, diferentes características o variables pueden tener escalas significativamente diferentes. Al estandarizar, se garantiza que todas tengan el mismo peso, independientemente de sus escalas. También permite la mejora de la convergencia, conduciendo a una convergencia más rápida y estable porque reducen las "colinas" y los "valles" en el panorama de optimización, lo que permite que el Análisis Factorial alcance la solución óptima de manera más eficiente.

Por otro lado, se hace necesario efectuar este proceso ya que mejora de la interpretabilidad, pues los datos estandarizados facilitan la interpretación de los coeficientes del modelo o la importancia de las características. Cuando todas las características tienen la misma escala, resulta sencillo comparar su importancia relativa en el modelo. El Análisis Factorial, se basa en las distancias entre puntos de datos, esto garantiza que los algoritmos factoriales funcionen correctamente porque son sensibles a la escala de las características. También permite prevenir inestabilidades numéricas, especialmente cuando se trata de operaciones matemáticas como la división. Los valores grandes pueden provocar problemas de desbordamiento o

subdesbordamiento en los cálculos, lo que se puede mitigar escalando los datos. Entonces, es un paso de preprocesamiento fundamental en el proceso de preparación de datos.

6.2.2 *Correlación de las variables prueba KMO*

Como primera medida, se busca evaluar la idoneidad de los datos para realizar un análisis factorial. Esta prueba mide la adecuación de los datos para el análisis factorial. Proporciona un valor que varía de 0 a 1, donde valores más cercanos a 1 indican que los datos son más adecuados para el análisis factorial. Un valor KMO superior a 0.6 generalmente se considera aceptable, mientras que valores superiores a 0.8 se consideran muy buenos (Pizarro & Martínez, 2020).

Tabla 4

Prueba KMO 2018 y 2021

Prueba de KMO y Bartlett		2018	2021
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		0,883	0,884
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	22494,4	336861,7
	gl	561	561
	Sig.	0	0

Nota. La tabla muestra los valores de KMO para los años 2018 y 2021, lo cual permite concluir que las variables son adecuadas para proceder con el Análisis Factorial.

En la Tabla 4 se presentan los valores correspondientes de la prueba KMO aplicada a las variables del 2018 y 2021. Se espera, según la literatura que este valor sea cercano a 1; por lo tanto, este valor indica que los datos para las variables tanto de 2018 como de 2021 son adecuados para realizar análisis factorial. La adecuación aceptable indica que las variables que se consideraron para el análisis factorial están interrelacionadas lo suficiente como para justificar el uso de este método. Esto permite tener confianza en la estructura de correlación de los datos y en los resultados

del análisis factorial. Sin embargo, la matriz de correlaciones (ver tabla 5) entre las variables evidencia bajas correlaciones entre las variables. Este resultado advierte posibles limitaciones para la creación del indicador; no obstante, se decide continuar con la elaboración del índice a manera de ejemplo para la construcción de futuros indicadores.

Tabla 5

Matriz de correlaciones

Matriz de correlaciones																																			
	Var2	Var3	Var4	Var5	Var6	Var7	Var8	Var9	Var10	Var11	Var12	Var14	Var15	Var16	Var17	Var18	Var19	Var20	Var21	Var22	Var23	Var24	Var25	Var26	Var27	Var28	Var29	Var30	Var31	Var32	Var33	Var34	Var35		
Correlación	Var2	1,000	,621	,077	,195	,185	,036	,135	,208	,022	,081	,184	,184	,086	,164	,176	,020	,006	,005	,030	,157	-,065	,058	,162	,001	,099	-,021	,031	,011	-,021	-,031	,115	,098	,038	
	Var3	,621	1,000	,072	,159	,168	,032	,133	,184	-,021	,087	,180	,156	,074	,129	,157	,037	,035	,033	,050	,164	-,049	,049	,156	,008	,135	-,003	,054	,040	-,006	-,038	,100	,099	,038	
	Var4	,077	,072	1,000	,284	,139	,139	,142	,235	,177	,205	,332	,084	,172	,223	,260	,037	,018	,029	,071	,055	-,060	,035	,155	-,021	,071	,033	,013	,046	,003	-,006	,278	,237	-,009	
	Var5	,195	,159	,284	1,000	,284	,147	,266	,383	,086	,178	,345	,224	,161	,245	,254	,085	,056	,039	,087	,129	-,095	,080	,251	,003	,128	,000	,051	,026	,006	-,008	,257	,145	-,018	
	Var6	,185	,168	,139	,284	1,000	,035	,250	,291	,034	,115	,241	,304	,097	,126	,134	,071	,013	,035	,029	,189	-,112	,039	,274	-,013	,082	,012	,035	,032	-,010	,004	,125	,094	,050	
	Var7	,036	,032	,139	,147	,035	1,000	,091	,151	,044	,076	,079	-,054	,005	-,002	,024	,006	,019	,004	,001	,087	-,080	,126	,078	-,005	,052	,029	,023	,023	-,004	-,025	,015	,071	-,096	
	Var8	,135	,133	,142	,266	,250	,091	1,000	,369	,038	,143	,245	,167	,128	,205	,200	,053	,017	,047	,057	,123	-,059	,050	,195	-,029	,079	-,012	,013	,046	,030	-,015	,202	,094	-,002	
	Var9	,208	,184	,235	,383	,291	,151	,369	1,000	,057	,219	,367	,227	,197	,321	,309	,057	,048	,045	,093	,179	-,073	,050	,246	-,027	,121	,017	,042	,054	-,025	-,029	,307	,174	,001	
	Var10	,022	-,021	,177	,086	,034	,044	,038	,057	1,000	,081	,081	,027	,032	,016	,022	,012	-,012	-,024	,009	-,022	-,030	-,016	,016	-,006	-,002	,014	-,019	-,007	-,019	,033	,094	,062	-,041	
	Var11	,081	,087	,205	,178	,115	,076	,143	,219	,081	1,000	,534	,066	,340	,328	,302	,112	,030	,115	,108	,044	-,019	-,003	,121	,005	,031	,007	-,006	,006	-,007	-,044	,356	,295	,048	
	Var12	,184	,180	,332	,345	,241	,079	,245	,367	,081	,534	1,000	,213	,303	,446	,421	,145	,062	,105	,159	,121	-,060	,032	,255	,005	,067	,005	-,013	,034	,018	-,026	,414	,339	,085	
	Var14	,184	,156	,084	,224	,304	-,054	,167	,227	,027	,066	,213	1,000	,075	,177	,125	,051	-,003	,003	,041	,126	-,045	,036	,220	-,015	,056	-,001	,005	,014	,005	-,030	,159	,112	,053	
	Var15	,086	,074	,172	,161	,097	,005	,128	,197	,032	,340	,303	,075	1,000	,481	,468	,042	,049	,052	,066	,031	,013	-,043	,119	,027	,046	-,027	-,021	-,019	-,038	-,033	,384	,312	-,001	
	Var16	,164	,129	,223	,245	,126	-,002	,205	,321	,016	,328	,446	,177	,481	1,000	,675	,115	,064	,090	,151	,087	,007	-,005	,175	,003	,099	-,020	,029	,013	-,014	-,029	,559	,401	,004	
	Var17	,176	,157	,260	,254	,134	,024	,200	,309	,022	,302	,421	,125	,468	,675	1,000	,066	,065	,080	,158	,070	-,002	-,001	,169	,015	,119	-,005	,044	,011	-,024	-,053	,501	,330	,004	
	Var18	,020	,037	,037	,085	,071	,006	,053	,057	,012	,112	,145	,051	,042	,115	,066	1,000	,193	,247	,159	,019	,009	,013	,051	,007	,074	,002	,009	,018	,074	,039	,070	,053	,030	
	Var19	,006	,035	,018	,056	,013	,019	,017	,048	-,012	,030	,062	-,003	,049	,064	,065	,193	1,000	,249	,175	-,002	,002	-,004	-,002	,041	,052	,017	,047	,024	,032	,006	,073	,024	-,029	
	Var20	,005	,033	,029	,039	,035	,004	,047	,045	-,024	,115	,105	,003	,052	,090	,080	,247	,249	1,000	,205	,025	-,005	,013	,029	,025	,077	,012	,050	,020	,032	-,009	,080	,102	,029	
	Var21	,030	,050	,071	,087	,029	,001	,057	,093	,009	,108	,159	,041	,066	,151	,158	,159	,175	,205	1,000	,029	-,015	,028	,048	-,014	,088	-,005	,101	,060	,066	,035	,116	,097	,023	
	Var22	,157	,164	,055	,129	,189	,087	,123	,179	-,022	,044	,121	,126	,031	,087	,070	,019	-,002	,025	,029	1,000	-,236	,224	,324	-,003	,036	-,035	-,025	-,007	-,082	-,106	,030	,079	,040	
	Var23	-,065	-,049	-,060	-,095	-,112	-,080	-,059	-,073	-,030	-,019	-,060	-,045	,013	,007	-,002	,009	,002	-,005	-,015	-,236	1,000	-,163	-,186	,003	-,012	,009	,041	,016	,024	,056	,001	-,046	-,023	
	Var24	,058	,049	,035	,080	,039	,126	,050	,050	-,016	-,003	,032	,036	-,043	-,005	-,001	,013	-,004	,013	,028	,224	-,163	1,000	,171	-,021	,073	,011	,026	,034	,000	-,061	-,031	,024	,007	
	Var25	,162	,156	,155	,251	,274	,078	,195	,246	,016	,121	,255	,220	,119	,175	,169	,051	-,002	,029	,048	,324	-,186	,171	1,000	,014	,079	,005	-,026	,023	-,018	-,102	,152	,118	,027	
	Var26	,001	,008	-,021	,003	-,013	-,005	-,029	-,027	-,006	,005	,005	-,015	,027	,003	,015	,007	,041	,025	-,014	-,003	,003	-,021	,014	1,000	-,029	-,004	,000	-,008	,002	-,014	,008	-,015	-,003	
	Var27	,099	,135	,071	,128	,082	,052	,079	,121	-,002	,031	,067	,056	,046	,099	,119	,074	,052	,077	,088	,036	-,012	,073	,079	-,029	1,000	,050	,352	,177	,215	,142	,078	,044	,000	
	Var28	-,021	-,003	,033	,000	,012	,029	-,012	,017	,014	,007	,005	-,001	-,027	-,020	-,005	,002	,017	,012	-,005	-,035	,009	,011	,005	-,004	,050	1,000	,087	,201	-,012	,008	-,001	-,003	-,023	
	Var29	,031	,054	,013	,051	,035	,023	,013	,042	-,019	-,006	-,013	,005	-,021	,029	,044	,009	,047	,050	,101	-,025	,041	,026	-,026	,000	,352	,087	1,000	,211	,112	,064	,018	-,016	-,032	
	Var30	,011	,040	,046	,026	,032	,023	,046	,054	-,007	,006	,034	,014	-,019	,013	,011	,018	,024	,020	,060	-,007	,016	,034	,023	-,008	,177	,201	,211	1,000	,069	,020	,035	-,008	,002	
	Var31	-,021	-,006	,003	,006	-,010	-,004	,030	-,025	-,019	-,007	,018	,005	-,038	-,014	-,024	,074	,032	,032	,066	-,082	,024	,000	-,018	,002	,215	-,012	,112	,069	1,000	,111	-,012	-,023	,001	
	Var32	-,031	-,038	-,006	-,008	,004	-,025	-,015	-,029	,033	-,044	-,026	-,030	-,033	-,029	-,053	,039	,006	-,009	,035	-,106	,056	-,061	-,102	-,014	,142	,008	,064	,020	,111	1,000	-,041	-,019	-,033	
	Var33	,115	,100	,278	,257	,125	,015	,202	,307	,094	,356	,414	,159	,384	,559	,501	,070	,073	,080	,116	,030	,001	-,031	,152	,008	,078	-,001	,018	,035	-,012	-,041	1,000	,261	,000	,000
	Var34	,098	,099	,237	,145	,094	,071	,094	,174	,062	,295	,339	,112	,312	,401	,330	,053	,024	,102	,097	,079	-,046	,024	,118	-,015	,044	-,003	-,016	-,008	-,023	-,019	,261	1,000	,014	,000
	Var35	,038	,038	-,009	-,018	,050	-,096	-,002	,001	-,041	,048	,085	,053	-,001	,004	,004	,030	-,029	,029	,023	,040	-,023	,007	,027	-,003	,000	-,023	-,032	,002	,001	-,033	,000	,014	1,000	,000

Nota. La tabla muestra la correlación entre las 35 variables seleccionadas para la elaboración del IVS.

6.2.3 *Análisis factorial*

Una vez ejecutada la normalización de los datos y efectuada la revisión de la correlación de las variables. Se ejecutó Análisis Factorial para identificar los factores subyacentes que explican la variabilidad social observada en el conjunto de variables definidas, con el fin de, conocer los autovalores iniciales que ayudan a determinar los factores que agrupen mayor cantidad de variables, según criterios estadísticos. Es importante aclarar que las variables fueron renombradas a Var1, Var2, Var3... Var36, cambios que se presentaron previamente en la Tabla 2.

6.2.4 *Cálculo de factores y método de rotación Varimax con normalización Kaiser*

Se procedió a definir los factores que agrupan las variables, con el cual se revisaron los resultados del Análisis Factorial (*eigenvalue*) y los vectores propios de la matriz de covarianza. Cada vector propio corresponde a un componente principal y cada *eigenvalue* representa la proporción de la varianza total en los datos explicados por ese factor. Los vectores propios son ortogonales (no correlacionados) entre sí. Para ello se utilizó el método de selección o determinación del número de factores bajo el criterio Kaiser, el cual permitió identificar un total de 12 factores que agrupan las variables con *eigenvalue* mayor o igual a 0.9 (ver Tabla 6). Dichos factores, explican la varianza de los datos en un 58,8%. Cabe resaltar que, estos resultados son cuestionables en vista de la baja correlación presentada en la Matriz de Correlación de las variables.

Tabla 6*Eigenvalue por factor*

Factor	Eigenvalue	Difference	Proportion	Cumulative
Factor1	5.04726	2.62562	0.1484	0.1484
Factor2	2.42164	0.63874	0.0712	0.2197
Factor3	1.78290	0.08090	0.0524	0.2721
Factor4	1.70200	0.23650	0.0501	0.3222
Factor5	1.46550	0.20605	0.0431	0.3653
Factor6	1.25946	0.03714	0.0370	0.4023
Factor7	1.22232	0.12471	0.0360	0.4383
Factor8	1.09761	0.03091	0.0323	0.4705
Factor9	1.06670	0.05425	0.0314	0.5019
Factor10	1.01245	0.02373	0.0298	0.5317
Factor11	0.98872	0.05226	0.0291	0.5608
Factor12	0.93647	0.04178	0.0275	0.5883
Factor13	0.89468	0.03573	0.0263	0.6146
Factor14	0.85895	0.02395	0.0253	0.6399
Factor15	0.83500	0.00756	0.0246	0.6645
Factor16	0.82744	0.00973	0.0243	0.6888
Factor17	0.81771	0.04232	0.0241	0.7128
Factor18	0.77539	0.01361	0.0228	0.7357
Factor19	0.76178	0.00954	0.0224	0.7581
Factor20	0.75224	0.00697	0.0221	0.7802
Factor21	0.74527	0.00933	0.0219	0.8021
Factor22	0.73594	0.05957	0.0216	0.8237
Factor23	0.67637	0.00782	0.0199	0.8436
Factor24	0.66855	0.01526	0.0197	0.8633
Factor25	0.65329	0.02421	0.0192	0.8825
Factor26	0.62908	0.03458	0.0185	0.9010
Factor27	0.59450	0.01274	0.0175	0.9185
Factor28	0.58175	0.03041	0.0171	0.9356
Factor29	0.55134	0.06054	0.0162	0.9518
Factor30	0.49080	0.02561	0.0144	0.9663
Factor31	0.46519	0.08399	0.0137	0.9800
Factor32	0.38120	0.08070	0.0112	0.9912
Factor33	0.30050	0.30050	0.0088	1.0000
Factor34	-0.00000	.	-0.0000	1.0000

Nota. La tabla muestra la varianza explicada por cada factor, se identifica un total de 12 factores que contienen un 58,8 % de la varianza explicada.

Posteriormente, se efectuó la rotación de los factores por medio del método rotación Varimax. La rotación Varimax es una técnica comúnmente utilizada para simplificar e interpretar los factores resultantes. Este procedimiento es útil dado que mejora la interpretabilidad de la estructura factorial extraída de los datos. Estos factores latentes (tabla 7) están representados por cargas factoriales, que indican la fuerza y dirección de la relación entre las variables y los factores, sin rotación, estas cargas factoriales pueden distribuirse entre factores de maneras complejas, lo que dificulta la interpretación de la estructura subyacente. En la Tabla 7 se presenta la rotación Varimax donde simplifican las cargas factoriales maximizando la varianza de las cargas dentro de cada factor y minimizando la varianza entre factores.

Tabla 7

Rotación de los factores y asignación de variables por factor

Var	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
Var2	0,0988	0,1565	0,067	0,8712	-0,0129	0,0132	-0,0269	0,0286	-0,0106	0,0153	-0,0024	-0,0002
Var3	0,0849	0,1217	0,0662	0,8798	0,0373	0,0403	0,023	-0,0247	0,014	0,0341	0,0035	0,0076
Var4	0,3077	0,2184	0,0638	-0,0056	-0,008	0,0318	0,0689	0,516	0,2219	0,0744	-0,0201	-0,0245
Var5	0,2006	0,5827	0,0949	0,0878	0,0563	0,0779	-0,0057	0,2007	0,1413	-0,0597	0,0263	0,0441
Var6	0,0079	0,6388	0,1422	0,0952	0,0235	0,0137	0,0454	0,0434	-0,1783	0,0951	0,1317	0,0289
Var7	-0,0175	0,1355	0,1474	0,0338	-0,0064	0,015	0,038	0,0527	0,7728	-0,1205	0,0143	-0,0019
Var8	0,1336	0,6424	-0,0145	0,008	0,0197	0,0328	-0,0324	-0,0869	0,1578	-0,0198	-0,0672	-0,071
Var9	0,2891	0,6354	0,0526	0,0982	0,031	0,0074	0,0449	0,0346	0,1558	-0,0518	-0,0658	-0,0557
Var10	0,0002	0,0088	-0,0152	0,0029	-0,0117	-0,0252	-0,0169	0,8489	-0,0573	-0,0561	0,0367	0,0118
Var11	0,5227	0,1044	-0,0355	0,0168	0,1071	-0,0475	0,0352	0,1236	0,2649	0,4053	0,0558	0,0278
Var12	0,5404	0,3529	0,0422	0,0891	0,1294	-0,0055	0,0208	0,1743	0,1599	0,3646	0,0216	0,0208
Var14	0,0677	0,5207	0,0915	0,1144	-0,0062	-0,0087	0,0208	0,0392	-0,4235	0,0675	0,1043	-0,0096
Var15	0,7054	0,0358	-0,0201	0,0058	-0,0101	-0,0292	-0,0456	-0,047	-0,0277	-0,0302	0,0787	0,0596
Var16	0,8182	0,1606	0,0195	0,0531	0,0704	0,0366	-0,0225	-0,0467	-0,0944	-0,0555	0,0112	-0,0214
Var17	0,7889	0,1484	0,024	0,0876	0,0467	0,0411	-0,0008	-0,0211	-0,0555	-0,0943	-0,0376	-0,0001
Var18	0,0059	0,1095	-0,0371	0,0026	0,6143	0,0631	-0,027	-0,0339	0,0414	0,1738	0,219	0,0037
Var19	0,0267	0,024	-0,0324	0,0273	0,6661	-0,0318	0,0276	-0,0069	-0,0004	-0,2198	-0,0186	0,0994
Var20	0,0694	-0,0112	0,0305	0,0022	0,6974	-0,0017	0,0341	-0,0488	0,0337	0,0754	-0,0177	0,0126
Var21	0,1688	-0,0039	0,0862	-0,0076	0,5256	0,1528	-0,0069	0,1312	-0,1079	-0,0003	-0,2055	-0,1476
Var22	0,0388	0,1827	0,6666	0,1292	0,0183	-0,0921	-0,037	-0,0766	-0,0331	0,0022	-0,0341	-0,0014
Var23	0,035	-0,0194	-0,6267	0,01	0,0007	0,0186	0,0551	-0,1524	-0,0005	-0,0274	-0,101	-0,0308
Var24	-0,0247	-0,0325	0,6239	0,0029	0,0106	0,0908	0,0382	-0,0567	0,1913	-0,0052	-0,0265	-0,0825
Var25	0,1402	0,4023	0,5104	0,0461	0,0008	-0,0363	0,0236	0,0001	-0,0684	0,0626	0,0145	0,0953
Var26	0,0215	-0,0378	0,0025	0,007	0,0247	0,0076	-0,004	0,0015	-0,002	-0,0119	-0,0265	0,966
Var27	0,0989	0,0753	0,1161	0,1163	0,0531	0,7102	0,172	-0,0031	-0,0088	-0,0676	-0,0986	-0,0361
Var28	-0,0421	0,0035	-0,0588	-0,009	0,0161	-0,1126	0,765	0,0371	0,0475	0,0174	0,115	0,0087
Var29	0,0478	-0,0143	0,0323	0,0466	0,0441	0,5534	0,3527	0,0063	-0,0774	-0,1846	-0,2454	-0,0045
Var30	0,0033	0,0426	0,0101	-0,0009	0,0127	0,2089	0,6985	-0,0191	-0,0039	0,0255	-0,0424	-0,0119
Var31	-0,0619	0,0298	-0,0752	-0,0727	0,0466	0,6298	-0,1146	-0,0882	0,1048	0,2017	0,1224	0,0811
Var32	-0,1019	0,0018	-0,2203	-0,0233	0,0106	0,469	-0,1379	0,1477	-0,0378	-0,029	0,3057	-0,061
Var33	0,69	0,2216	-0,058	-0,0051	0,0525	0	0,026	0,1184	-0,0436	-0,0231	-0,0445	0,021
Var34	0,5556	-0,0393	0,1292	0,0758	0,0541	-0,0119	-0,0003	0,1269	0,0845	0,1296	0,2068	-0,0796
Var35	-0,0163	-0,0177	0,0632	0,0375	-0,0058	0,005	0,0227	-0,0555	-0,1981	0,7574	-0,1044	-0,0177
Var36	0,2094	0,0547	0,0883	0,0033	0,0093	0,0028	0,0813	0,0134	-0,0216	-0,1012	0,7914	-0,0184

Nota. La tabla muestra la rotación Varimax de los factores y la asignación de las variables por factor.

6.2.5 Cargas factoriales

En este paso, se identificaron las cargas factoriales las cuales indican la relación entre cada variable y cada factor. Para ello, se tuvieron en cuenta los valores propios de la matriz de la tabla 7. Los valores propios fueron ordenados de manera descendente; de esta forma, el primer componente principal (Factor1) capturó la mayor varianza en los datos, el segundo componente principal (Factor2) capturó la segunda mayor variación, y así sucesivamente. Por su parte, los vectores propios también se ordenaron en consecuencia. En la misma tabla 7 se observa la fuerza y dirección de cada variable con su respectivo componente asociado, se resalta en color gris las cargas más altas, las cuales permitieron la agrupación de variables..

Se procedió a elaborar la Tabla 8, en la cual se presenta la agrupación final de las variables con el objetivo de facilitar el entendimiento de la información y visibilizar la estructura conceptual representada por cada componente en el conjunto de datos.

Tabla 8

Agrupación de variables por factor

Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6
Var11	Var5	Var22	Var2	Var18	Var27
Var12	Var6	Var24	Var3	Var19	Var29
Var15	Var8	Var25		Var20	Var31
Var16	Var9			Var21	Var32
Var17	Var14				
Var33					
Var34					
Factor 7	Factor 8	Factor 9	Factor 10	Factor 11	Factor 12
Var23	Var4	Var7	Var35	Var36	Var26
Var28	Var10				
Var30					

Nota. Esta tabla presenta con claridad la agrupación de cada variable según el factor al cual corresponde.

Esto permite, además de una reducción de dimensionalidad, lo que significa que se trabaja con un número menor de variables que retienen la mayor parte de la información relevante, una interpretación simplificada, pues los factores representan patrones subyacentes en los datos. Cada factor puede considerarse como una "nueva variable" que encapsula la información compartida por el grupo de variables originales. En este sentido, los factores pueden ayudar a identificar patrones significativos en los datos, lo que facilita el análisis, ya que trabajar con un conjunto reducido de factores simplifica análisis adicionales y mejora la interpretación. La agrupación de variables en factores a menudo conduce a una interpretación más clara y más fácilmente comprensible de la estructura de los datos.

6.2.6 *Proyección: Computar los “Factor Scores”*

Finalmente, el Análisis Factorial proyecta los datos originales en factores principales seleccionados para obtener la representación de dimensiones inferiores. Esta nueva representación suele tener menos dimensiones que el conjunto de datos original. Para ello se computaron los Factor Scores a través del método de regresión basado en los factores rotados por Varimax, obteniendo los resultados de la Tabla 9.

Tabla 9

Factor Scores

Scoring coefficients (method = regression; based on varimax rotated factors)

Variable	Factor1	Factor2	Factor3	Factor4	Factor5	Factor6	Factor7	Factor8	Factor9	Factor10	Factor11	Factor12
Var2	-0.02577	-0.04883	-0.04308	0.56607	-0.01674	-0.01581	-0.03218	0.02799	0.01155	-0.00889	0.00906	-0.00514
Var3	-0.02749	-0.06792	-0.04143	0.57567	0.01284	-0.00540	0.00574	-0.01840	0.03881	0.01240	0.02308	0.00205
Var4	0.03236	0.02065	0.00582	-0.03246	-0.03564	0.01067	0.03264	0.39780	0.13546	0.05448	-0.07174	-0.01388
Var5	-0.04288	0.26648	-0.03110	-0.02271	0.00569	0.03013	-0.03766	0.10505	0.08800	-0.08142	-0.01037	0.05210
Var6	-0.11199	0.33152	-0.00070	-0.03258	-0.00076	-0.01084	0.02737	-0.00471	-0.16872	0.04997	0.10889	0.03529
Var7	-0.05015	0.04671	0.03010	0.02475	-0.01312	-0.00168	0.00399	-0.03262	0.66433	-0.07198	0.01526	0.00584
Var8	-0.05070	0.36732	-0.11587	-0.08067	-0.01288	-0.00236	-0.05194	-0.15073	0.13719	-0.03683	-0.08789	-0.06349
Var9	-0.00287	0.30579	-0.07348	-0.02625	-0.01405	-0.02927	0.00908	-0.05112	0.11464	-0.07767	-0.09563	-0.04911
Var10	-0.06072	-0.06082	0.00289	0.02265	0.00662	-0.01766	-0.02280	0.75847	-0.13059	-0.06256	-0.02282	0.01917
Var11	0.12491	-0.04861	-0.05971	-0.01078	0.01447	-0.03270	0.03344	0.03208	0.23058	0.35032	0.02043	0.02914
Var12	0.09174	0.07201	-0.04144	-0.00440	0.02305	-0.01367	0.00817	0.07052	0.12465	0.29480	-0.02388	0.02442
Var14	-0.05899	0.26320	-0.00131	-0.01099	-0.01476	-0.02002	0.01718	0.02123	-0.38391	0.01162	0.08117	-0.00676
Var15	0.25922	-0.05533	0.00457	-0.02810	-0.05683	-0.00715	-0.03155	-0.09864	-0.04210	-0.07060	0.04874	0.05415
Var16	0.28096	-0.04356	0.00754	-0.02491	-0.01791	0.02138	-0.02863	-0.10506	-0.11137	-0.10987	-0.02387	-0.02541
Var17	0.27329	-0.05074	0.00804	0.00178	-0.03079	0.02105	-0.01507	-0.07850	-0.07973	-0.13973	-0.07007	-0.00382
Var18	-0.07917	0.04493	-0.04866	-0.00496	0.38337	0.00354	-0.02882	-0.05310	0.04465	0.13671	0.21620	-0.00388
Var19	-0.03280	0.00835	-0.02574	0.02108	0.43597	-0.08379	0.00985	0.00131	-0.01945	-0.22672	-0.01512	0.08246
Var20	-0.02503	-0.03524	0.01467	-0.00142	0.44105	-0.05445	0.01798	-0.04236	0.02478	0.04344	-0.01406	-0.00097
Var21	0.03059	-0.06193	0.07256	-0.02650	0.32019	0.06214	-0.04191	0.13356	-0.12895	-0.03236	-0.21670	-0.15163
Var22	-0.00233	-0.00558	0.40490	0.01098	0.00968	-0.04407	-0.03012	-0.06893	-0.06168	-0.03083	-0.03388	-0.00316
Var23	0.02133	0.09253	-0.41647	0.04933	-0.00134	-0.02149	0.04635	-0.13798	0.04876	-0.00616	-0.09018	-0.03357
Var24	0.00703	-0.11270	0.41066	-0.03828	-0.00277	0.07836	0.00931	-0.05580	0.13446	-0.00405	-0.01368	-0.07658
Var25	-0.00825	0.13100	0.27893	-0.06835	-0.02081	-0.01691	0.01189	-0.03115	-0.09544	0.01843	-0.00267	0.09763
Var26	0.00954	-0.01629	0.01052	-0.00004	-0.00363	0.03090	0.00193	0.01561	0.00361	-0.00452	-0.02364	0.95006
Var27	0.03221	-0.02948	0.08669	0.03159	-0.02911	0.45442	0.04218	-0.00835	-0.02733	-0.04902	-0.07968	-0.01684
Var28	-0.03132	-0.00410	-0.05460	0.00480	0.00984	-0.17035	0.63141	0.01079	0.02929	0.03642	0.13963	0.01187
Var29	0.04196	-0.04199	0.04804	0.00305	-0.01566	0.32235	0.20296	0.02367	-0.09424	-0.15038	-0.21873	0.00951
Var30	-0.00446	0.00036	0.00070	-0.01912	-0.02073	0.05605	0.53354	-0.02931	-0.01774	0.04556	-0.01214	-0.00081
Var31	-0.03725	0.02444	-0.03674	-0.06227	-0.02333	0.44908	-0.15879	-0.09686	0.11681	0.21240	0.13410	0.09800
Var32	-0.05811	0.01867	-0.12152	0.00236	-0.01344	0.33061	-0.15616	0.11918	-0.03078	-0.01030	0.30020	-0.04661
Var33	0.21168	0.02034	-0.05546	-0.05687	-0.01982	-0.01223	0.01024	0.04255	-0.07380	-0.06919	-0.08794	0.01967
Var34	0.18046	-0.16720	0.08919	0.03480	-0.00748	0.00214	0.00484	0.05515	0.04735	0.08455	0.17647	-0.07956
Var35	-0.02985	-0.03818	0.03303	0.00377	-0.02808	0.02580	0.03741	-0.02628	-0.12928	0.68524	-0.10435	-0.01396
Var36	0.04199	-0.04281	0.06048	0.00132	-0.00617	0.00662	0.08937	-0.05971	-0.03680	-0.11539	0.77874	-0.01685

Nota. La tabla presenta los factores computados.

Esta transformación da como resultado un nuevo conjunto de datos donde cada observación está representada por sus valores a lo largo de los factores principales retenidos. A continuación, se realiza la normalización de los Factor Scores.

6.2.7 Normalización de lo Factor Scores

Este paso se hace necesario para devolver los “*factor scores*” a una escala como con la cual se inició el proceso. Para ello, se efectuó una normalización de datos a partir de la fórmula de re-escalamiento:

$$Re - escalamiento = \frac{(X_i^t - X_{min}^{base})}{(X_{max}^{base} - X_{min}^{base})}$$

Para efectuar este procedimiento de reescalamiento de los scores de los factores, se ejecutó el procedimiento enlistado en el “DO FILE” del anexo B y C. Este procedimiento permitió volver

a contar con valores entre 0 y 1 como se requiere para lograr el índice compuesto.

6.2.8 Cálculo de dimensiones: Dimensionamiento

Este paso se realiza para contar con un menor número de variables, puesto que se cuenta con 12 variables luego del procedimiento del análisis factorial. Para ello se realizó la definición de dimensiones que agruparan los factores antes calculados. Teniendo en cuenta que el análisis factorial permitió agrupar las variables en 12 factores principales, para el procedimiento de generar el índice compuesto de vulnerabilidad se requiere compilar aún más los datos. El procedimiento de dimensionamiento consiste en agrupar los factores según los criterios teóricos de la siguiente manera:

Tabla 10

Dimensionamiento manual

D1 Vivienda	D2 Bienes y trabajo	D3 Riesgos y salud	D4 Educación
Factor1+7+10	Factor2+6+9+11+12	Factor3+8	Factor5
Nevera o refrigerador	Carro particular	Inundaciones, desbordamiento, crecientes	Nivel educativo padre
Tv LCD, plasma o led	Estrato para tarifa	Avalanchas, derrumbes, deslizamientos	Nivel educativo madre
Computador de escritorio	Cotizando pensiones	Ventarrones, tormentas, vendavales	
Material pisos	Moto	Hundimiento de terreno	
Acueducto	Ocupación	Estado de salud	
Alcantarillado	Horas de trabajo semanales	Mover el cuerpo, caminar	
Recolección de basuras	Actividad paga por una hora o más	Enfermedad accidente	
Gas natural	Actividad paga por una hora o más	Hospitalización	
La vivienda ocupada es:		Habla o conversa	
Internet		Entender, aprender	
Tipo sanitario del hogar			
Material paredes			
Tipo de vivienda			

Cantidad personas

Nota. Esta tabla presenta el redimensionamiento de las variables y aclara cómo se corresponden las variables con respecto las nuevas dimensiones.

La tabla 10 permite visualizar la creación de cuatro dimensiones a saber, D1 Vivienda, D2 Bienes, D3 Trabajo/salud y D4 Riesgo ambiental. Cada una de las dimensiones agrupó las variables de acuerdo con la distribución inicial de la técnica de análisis factorial y los criterios teóricos descritos en el apartado de fuentes de información y tratamiento de datos con la operacionalización de las variables. Este procedimiento se efectuó tanto manualmente como en el Software Stata para lograr las dimensiones que forman el índice compuesto de vulnerabilidad social.

Luego se realizó la creación de dimensiones que agrupa a los factores de acuerdo con su relación. Para ello se ejecutó el comando de creación (ver anexo B y C).

Tabla 11

Dimensionamiento de datos

D1	D2	D3	D4
0,496	0,51	0,343	0,06
0,337	0,376	0,385	0,08
0,551	0,541	0,419	0,09
0,328	0,421	0,361	0,09
0,334	0,304	0,346	0,09
0,232	0,546	0,317	0,22
0,35	0,361	0,421	0,18
0,393	0,375	0,392	0,07
0,512	0,302	0,473	0,03
0,612	0,4	0,421	0,31
0,494	0,261	0,411	0,05
0,198	0,427	0,391	0,08
0,359	0,33	0,476	0,08
0,257	0,448	0,306	0,07
0,285	0,349	0,414	0,08

0,271	0,34	0,366	0,09
0,275	0,299	0,38	0,21
0,272	0,332	0,37	0,08
0,283	0,365	0,355	0,2
0,315	0,211	0,472	0,08
0,35	0,371	0,346	0,08
0,227	0,413	0,437	0,08
0,259	0,459	0,362	0,08

Nota. Esta tabla muestra la agrupación selectiva de los factores determinados por el Análisis Factorial.

La tabla 11 permite visualizar la creación de las cuatro dimensiones que agrupan selectivamente los factores determinados por la técnica de análisis factorial. El siguiente paso consiste en calcular el índice a través del cálculo de la media aritmética como procedimiento aceptado tanto en la literatura como en las entidades de análisis de datos estadísticos estatales.

6.2.9 Creación índice compuesto

El procedimiento consistió en promediar los valores de las dimensiones para lograr una sola variable para el conjunto de datos. Para lograrlo, se ejecutó el procedimiento enlistado en los anexos B y D para el redimensionamiento y nombramiento de la variable “Índice Compuesto”. Los resultados se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12

Índice compuesto

Región	D1	D2	D3	D4	Índice
Orinoquía	0,496	0,51	0,343	0,06	0,353
Oriental	0,337	0,376	0,385	0,08	0,294
Central	0,551	0,541	0,419	0,09	0,401
Caribe	0,328	0,421	0,361	0,09	0,3
Central	0,334	0,304	0,346	0,09	0,268
Central	0,232	0,546	0,317	0,22	0,329
Central	0,35	0,361	0,421	0,18	0,327

Pacífica	0,393	0,375	0,392	0,07	0,308
Orinoquía	0,512	0,302	0,473	0,03	0,329
Orinoquía	0,612	0,4	0,421	0,31	0,436
Orinoquía	0,494	0,261	0,411	0,05	0,305
Caribe	0,198	0,427	0,391	0,08	0,274
Caribe	0,359	0,33	0,476	0,08	0,31
Caribe	0,257	0,448	0,306	0,07	0,271
Oriental	0,285	0,349	0,414	0,08	0,282
Oriental	0,271	0,34	0,366	0,09	0,267
Oriental	0,275	0,299	0,38	0,21	0,29
Oriental	0,272	0,332	0,37	0,08	0,264
Oriental	0,283	0,365	0,355	0,2	0,301
Oriental	0,315	0,211	0,472	0,08	0,27
Oriental	0,35	0,371	0,346	0,08	0,287
Pacífica	0,227	0,413	0,437	0,08	0,288

Nota. La tabla muestra resultados del IVS compuesto según dimensiones.

6.2.10 Índice compuesto de vulnerabilidad por regiones 2018 vs 2021

De acuerdo con los pasos anteriormente mencionados sobre procedimiento de aplicación de la técnica de análisis factorial y la creación del índice, se hace necesario mencionar que la agrupación del índice se efectuó por regiones y no por departamentos, teniendo en cuenta que el DANE, a través de la información levantada en la ECV, a partir de 2017 utilizó las regiones como indicador de espacialidad de la población civil no institucional residente en todo el territorio nacional. Sin embargo, a partir de 2020, el DANE modificó el indicador de espacialidad geográfica de los encuestados al criterio por departamentos. Por tanto, los resultados del IVS de 2018 se presentan por regiones y los correspondientes al IVS 2021 se aglomeraron en el mismo nivel geográfico para con linealidad y compatibilidad en los resultados. Ante esto, se presentan los resultados del cálculo por regiones para el año 2018 y 2021, así.

Tabla 13*Índice compuesto de vulnerabilidad por regiones 2018 y 2021*

Región	Índice de Vulnerabilidad Social	
	2018	2021
Antioquia	0.312903226	0.276792857
Bogotá	0.276789474	0.269692982
Caribe	0.331966499	0.293768825
Central	0.312030872	0.276553948
Oriental	0.315763852	0.286756321
Orinoquía	0.324460922	0.286999552
Pacífico	0.337639706	0.293901088
San Andrés	0.294526316	0.272826087
Valle del cauca	0.307255102	0.271924812

Nota. La tabla muestra el IVS por regiones correspondiente a los años 2018 y 2021.

Para interpretar el índice se requirió la categorización de vulnerabilidad teniendo en cuenta el proceso de estandarización de datos que contó con el mismo criterio para llevar a niveles la vulnerabilidad social.

Tabla 14*Niveles de vulnerabilidad*

Categoría	Puntaje
Vulnerabilidad alta	0.84 a 1
Vulnerabilidad media alta	0.63 a 0.83
Vulnerabilidad media	0.42 a 0.62
Vulnerabilidad media baja	0.21 a 0.41
Vulnerabilidad baja	0 a 0.20

Nota. La tabla muestra el puntaje correspondiente a cada categoría de Vulnerabilidad Social.

Tabla 15*Nivel de vulnerabilidad por regiones 2018 y 2021*

Región	Nivel de vulnerabilidad	
	2018	2021
Antioquia	Vulnerabilidad media baja	Vulnerabilidad media baja
Bogotá	Vulnerabilidad media baja	Vulnerabilidad media baja
Caribe	Vulnerabilidad media baja	Vulnerabilidad media baja
Central	Vulnerabilidad media baja	Vulnerabilidad media baja
Oriental	Vulnerabilidad media baja	Vulnerabilidad media baja
Orinoquía	Vulnerabilidad media baja	Vulnerabilidad media baja
Pacífico	Vulnerabilidad media baja	Vulnerabilidad media baja
San Andrés	Vulnerabilidad media baja	Vulnerabilidad media baja
Valle del cauca	Vulnerabilidad media baja	Vulnerabilidad media baja

Nota. La tabla muestra la vulnerabilidad social según la clasificación por niveles.

En general, parece que la mayoría de las regiones han experimentado una disminución en sus índices de vulnerabilidad de 2018 a 2021. Esto sugiere una mejora en la situación socioeconómica de esas regiones durante ese período. Las mayores reducciones en los índices de vulnerabilidad parecen haber ocurrido en Bogotá, Antioquia y San Andrés. Estos resultados pueden indicar un aumento del acceso a bienes duraderos en la población, lo que podría estar relacionado con el nivel de desarrollo económico de Colombia, donde se presentó en 2018 un crecimiento económico del 2,6% mientras que en 2021 el crecimiento fue del 10,6%. Una disminución en la vulnerabilidad económica podría sugerir mejoras en el acceso a estos bienes o, por ejemplo, mejora en las condiciones educativas lo que podría tener un impacto positivo en la capacidad de la población para enfrentar desafíos socioeconómicos. Esto incluiría factores como la accesibilidad a la educación y la calidad de esta. En la dimensión social se podría abordar la

cohesión social, la participación cívica y otros factores relacionados con la interacción social luego de la apertura económica pos-Covid-19. Estas mejoras en esta área podrían indicar un fortalecimiento de los lazos comunitarios derivados de la dinámica de la pandemia.

Si bien la vulnerabilidad a desastres naturales puede variar según la ubicación geográfica, la capacidad de una región para prepararse y responder a tales eventos podría influir en su vulnerabilidad general. Mientras que las condiciones de vivienda son fundamentales para el bienestar general de la población, quizá se han presentado mejoras en esta área durante el lapso de tiempo de análisis, lo que podría reflejar un aumento en la calidad de vida y en la capacidad de la población para resistir crisis. En términos de fuerza de trabajo saludable y capacitada la cual es esencial para el desarrollo económico sostenible, es posible que la dinámica de la pandemia haya determinado mejoras en este aspecto a pesar de perderse miles de empleos durante la cuarentena y miles de empresas quebradas. La disminución en el índice podría indicar un aumento o impulso en las oportunidades de empleo y en la estabilidad laboral post pandemia.

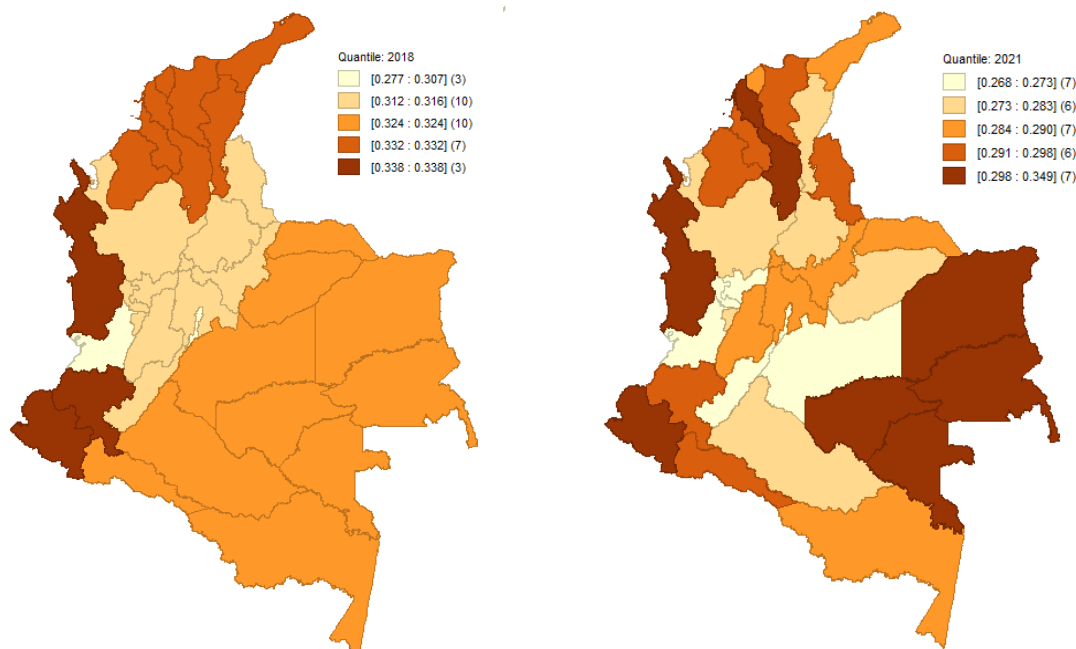
6.3 Análisis Espacial de la Vulnerabilidad Social en Colombia por cada periodo de estudio.

En el contexto de la investigación socioeconómica, el análisis espacial emerge como una herramienta esencial para comprender la distribución geográfica de la vulnerabilidad social. La comprensión de los patrones espaciales y las dinámicas regionales proporciona valiosa información sobre los factores que contribuyen a la vulnerabilidad, permitiendo la identificación de áreas específicas que requieren intervenciones y políticas dirigidas.

El presente capítulo se centra en el "Análisis Espacial de la Vulnerabilidad Social en Colombia" durante dos periodos de estudio clave: 2018 y 2021. La elección de este enfoque temporal permite no solo examinar la situación actual, sino también analizar las tendencias a lo

largo del tiempo, capturando posibles cambios y evoluciones en la vulnerabilidad social a nivel regional. El análisis de dos periodos distintos ofrece la oportunidad de no solo evaluar el estado actual de la vulnerabilidad, sino también de explorar las posibles influencias de eventos y cambios estructurales, como el crecimiento económico, crisis sanitarias, y otras dinámicas socioeconómicas.

El enfoque espacial añade una dimensión crucial a la comprensión de la vulnerabilidad social, el cual, tuvo como elección los departamentos y regiones para los años de estudio, por la forma en que el DANE agrupó la información en estos años en particular. Entonces, el Análisis Exploratorio de Datos Espaciales, permite identificar patrones geográficos, evaluar la autocorrelación espacial y revelar áreas de concentración o dispersión de la vulnerabilidad. Esto, a su vez, facilita la toma de decisiones informada y la asignación efectiva de recursos para abordar las necesidades específicas de cada región. A continuación, se presentan y discuten los resultados obtenidos espacialmente y en los periodos de estudio. Finalmente, se extraen conclusiones clave y se sugieren posibles implicaciones para la formulación de políticas.

Figura 2*Comparativo espacial IVS por rangos 2018-2021*

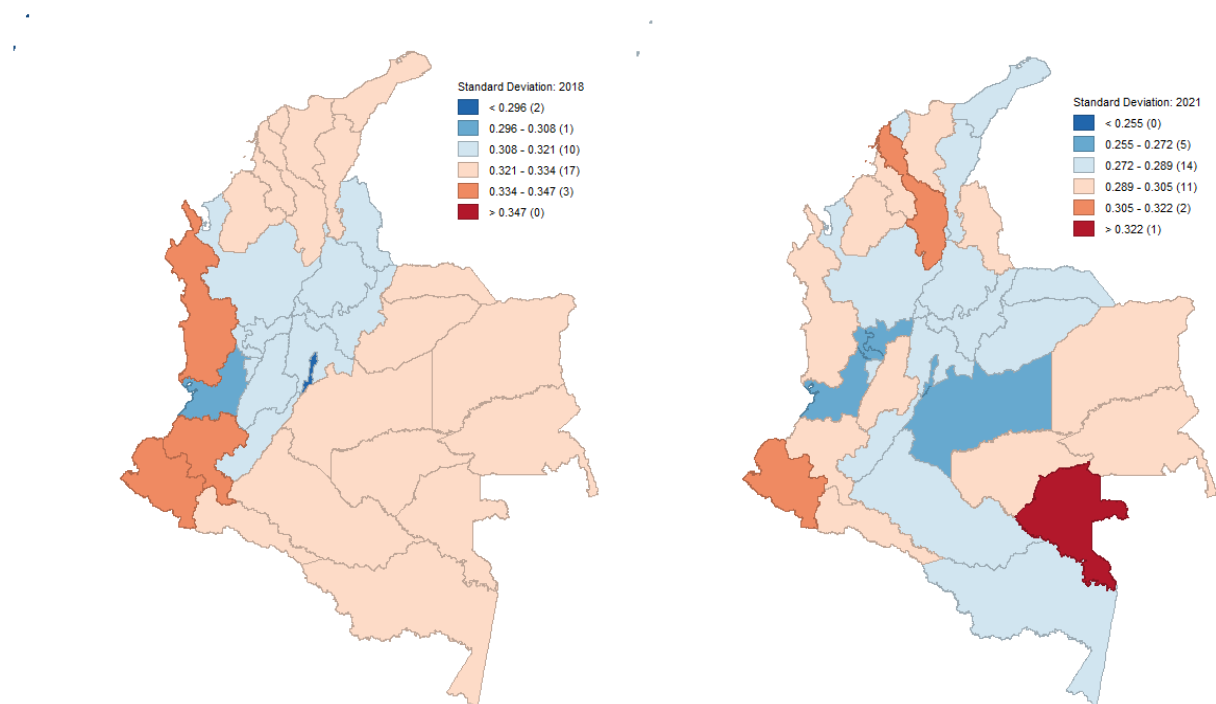
Nota. Los mapas muestran la distribución del IVS en Colombia, a la izquierda se presentan los datos regionales correspondientes al 2018 y a la derecha los datos departamentales del IVS 2021.

La figura 2 muestra el comparativo espacial del índice para los años 2018 (izquierda) y 2021 (derecha) a través de un mapa cuantil donde se ordenan de menor a mayor los datos contando con el mismo número de frecuencias. En este caso, se dividió en cinco cuantiles para tener más rangos de análisis espacial. Se evidencia que los límites de los rangos para cada año difieren, por tanto, podría interpretarse erróneamente la figura 1. En este sentido, se reconoce que para el 2018 el límite inferior es de 0,27 y el superior es de 0.33 donde las zonas más oscuras para este año del índice de vulnerabilidad más alto son la región Pacífico, en especial, el Chocó, Cauca y Nariño. Mientras que para el 2021 el límite inferior fue de 0,26 y el superior 0,29 donde las zonas oscuras fueron más gráficamente en comparación al 2018. Esto se debe al límite del índice, indicando que estas zonas más oscuras son las que tienen un índice alto en comparación al resto de datos del

2021. Sin embargo, se puede confirmar que existe una continuidad en los departamentos del Chocó y Nariño que son los que más tienen índice de vulnerabilidad para ambos periodos analizados. A continuación, se expone el comparativo espacial de la desviación estándar del índice para los años de estudio.

Figura 3

Comparativo espacial desviación estándar IVS por rangos 2018-2021



Nota. Los mapas muestran el comparativo de la desviación estándar de los datos correspondientes al IVS de 2018 y 2021.

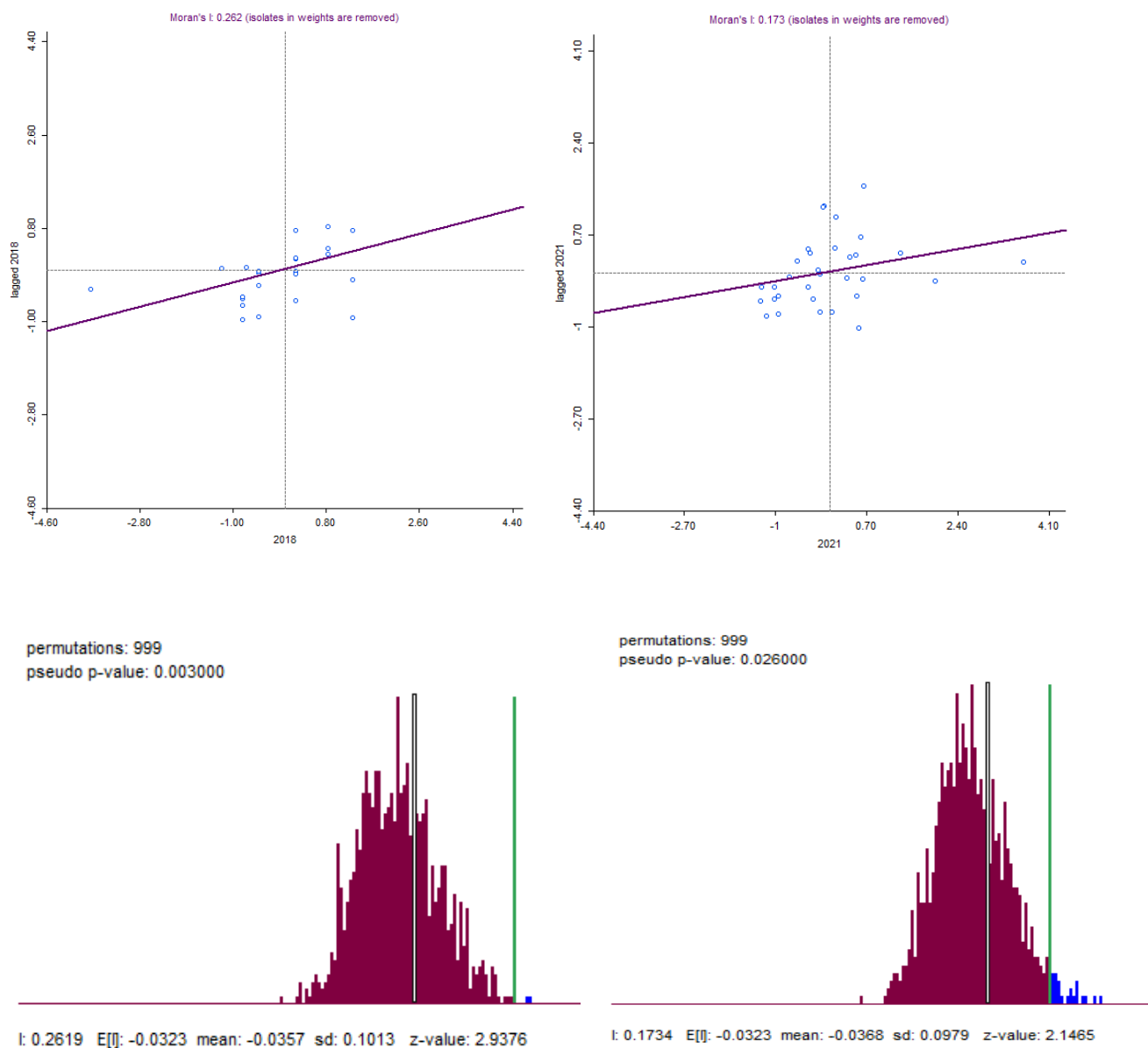
Buscando reconocer qué tan dispersos se encuentran los datos respecto de la media, se logró visualizar los departamentos que están por encima de la media permitiendo identificar sesgos. De acuerdo con la Figura 3, se reconoce que para 2018 los datos de color naranja se encuentran entre una y dos veces alejados de la media, a saber, Chocó, Nariño y Cauca mientras que para el 2021, el departamento Nariño permanece entre la zona más alejada de la media y a este se suman los departamentos de Bolívar y Vaupés.

6.3.1. Patrones de correlación global

A continuación, se analiza Índice de Moran Global el cual evalúa la autocorrelación espacial en el conjunto de datos. Este índice mide la similitud espacial entre las observaciones y busca patrones de agrupación o dispersión en una distribución geográfica.

Teniendo en cuenta los pasos para evaluar la prueba Moran, y partiendo de que se trata de una prueba de hipótesis, con un nivel de significancia del 95%, fue posible evidenciar que los patrones de asociación espacial del índice de Vulnerabilidad para los años de estudio son estadísticamente significativos, es decir, existe autocorrelación espacial p-valor (0,003) y (0,026) para 2018 y 2021 respectivamente. Los resultados significativos ($p\text{-valor} < 0,05$) indican que la vulnerabilidad social no se distribuye de manera aleatoria en el espacio. Esto respalda la presencia de patrones geoespaciales significativos que deben considerarse en las estrategias de intervención.

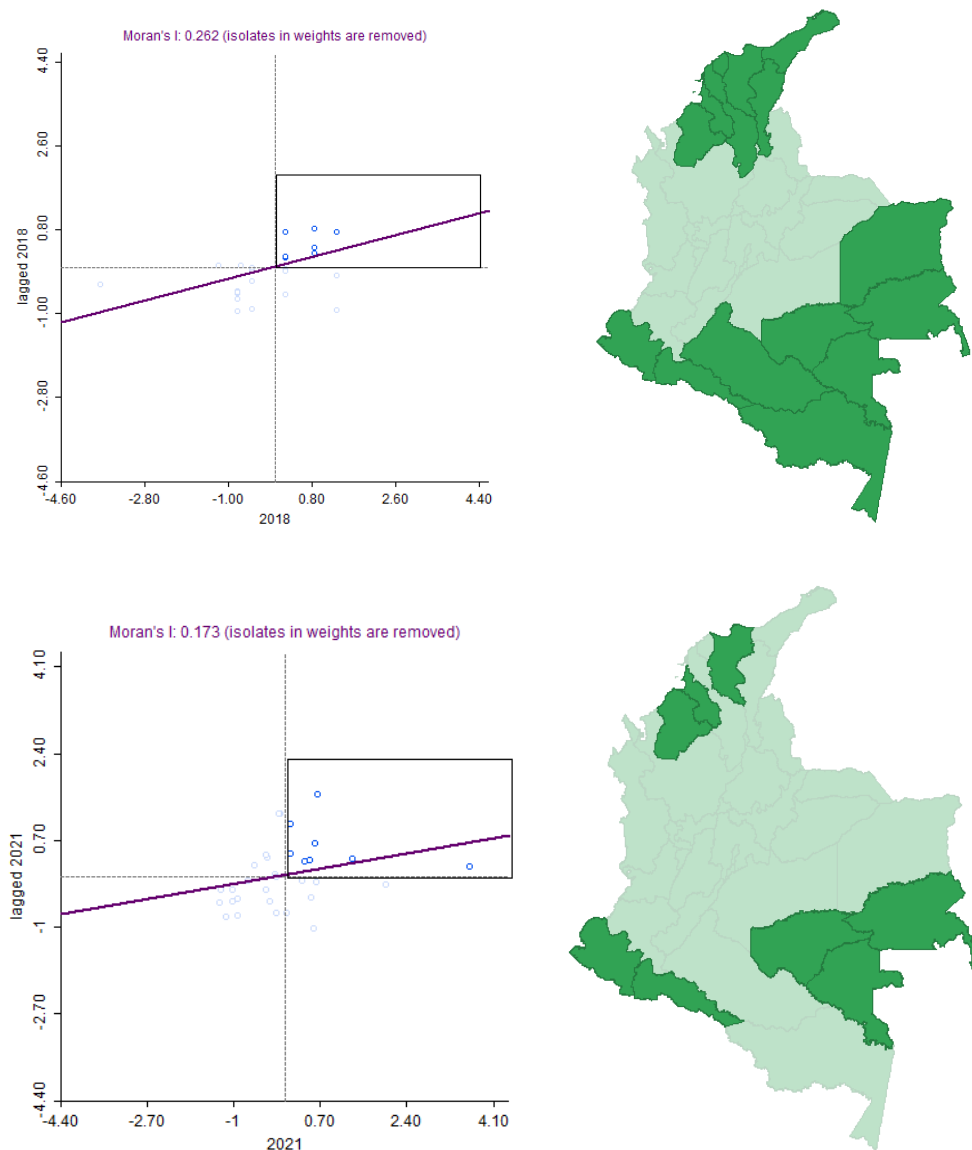
En la Figura 4, el Índice de Moran Global revela una clara correlación espacial en los datos evaluados. La tendencia en el diagrama de dispersión es positiva, indicando la presencia de agrupamientos similares en las observaciones geográficas. Este patrón positivo sugiere que las áreas con valores altos o bajos de la variable en estudio tienden a estar cercanas entre sí. Además, la cola del histograma muestra una distribución con una altura considerable, señalando la presencia de áreas geográficas con valores extremos que contribuyen a la autocorrelación positiva identificada. Este conjunto de resultados sugiere una fuerte estructura espacial en los datos, proporcionando información valiosa sobre la distribución geográfica de la variable analizada.

Figura 4*Comparativo i de Morán 2018-2021*

Nota. La figura muestra los diagramas de dispersión y los histogramas correspondientes a los 2018 y 2021, en donde se resalta la existencia de correlación espacial.

Para identificar los patrones de asociación espacial del Índice compuesto de Vulnerabilidad Social calculado a partir de las variables socioeconómicas relacionadas en el apartado de la metodología, se requiere un entendimiento de la regla de interpretación del cuadrante I de Moran (ver figura 1) donde se establece un análisis por cuadrantes.

La interpretación de los cuadrantes en el Índice de Moran se realiza en función de la combinación de dos componentes: la autocorrelación espacial y los valores observados. El cuadrante superior derecho indica una autocorrelación espacial positiva, lo que significa que las áreas con valores altos tienden a rodearse de áreas con valores altos, y viceversa para los valores bajos. Este cuadrante sugiere la presencia de clusters o agrupamientos espaciales. El cuadrante inferior izquierdo, por otro lado, indica autocorrelación espacial negativa, lo que implica que las áreas con valores altos están rodeadas por áreas con valores bajos, y viceversa. Esto podría indicar una distribución dispersa o dispersión espacial. Los cuadrantes superior izquierdo e inferior derecho no están asociados con autocorrelación espacial y se refieren a la dispersión aleatoria de los valores.

Figura 5*Comparativo i de Morán primer cuadrante 2018-2021*

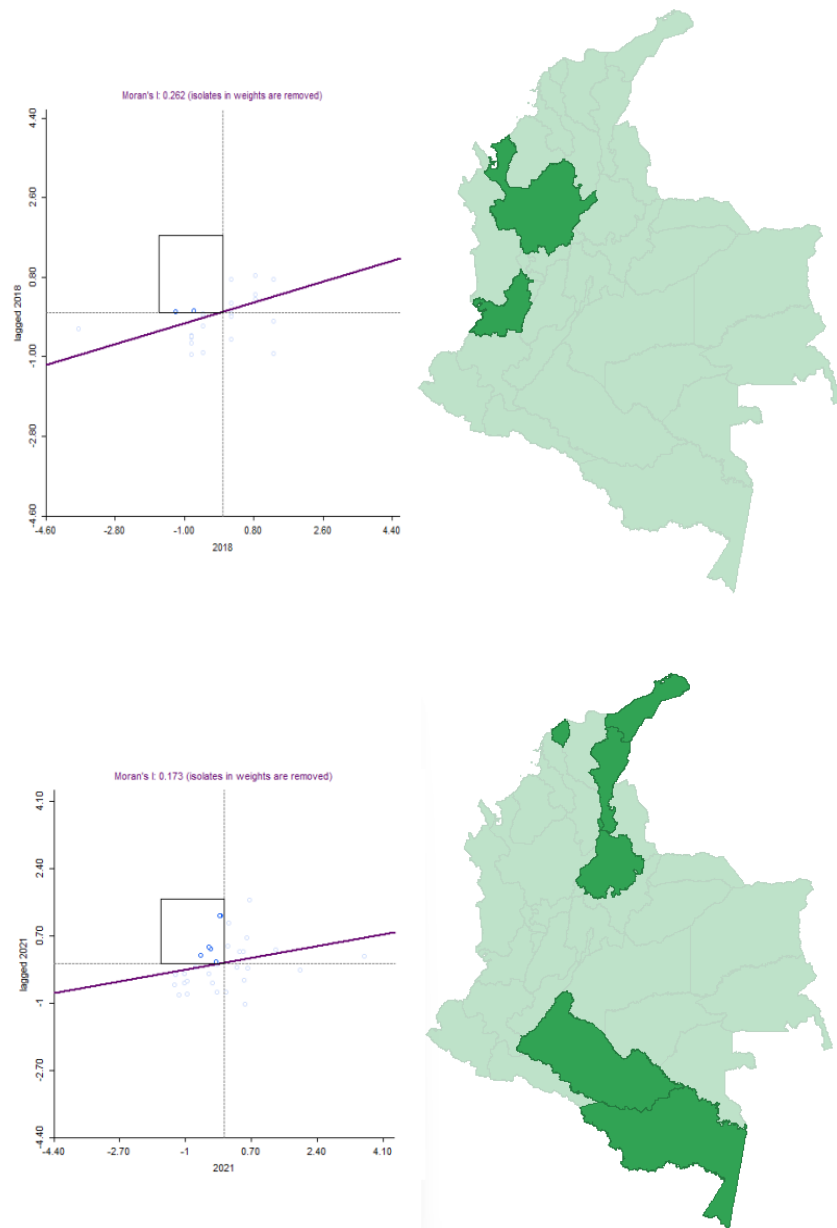
Nota. La figura muestra los departamentos con una autocorrelación espacial alta, según el primer cuadrante.

En el caso de la figura 5, se reconoce que existe una tendencia en tanto los valores altos del índice se encuentra rodeados de valores altos para los años estudiados, evidenciado que las zonas son similares, a saber, la región norte y sur, excluyendo la amazonia y el Caquetá del

comparativo que para 2021 para la región sur y la Guajira, el Cesar y Bolívar para la región norte.

Figura 6

Comparativo i de Morán segundo cuadrante 2018-2021



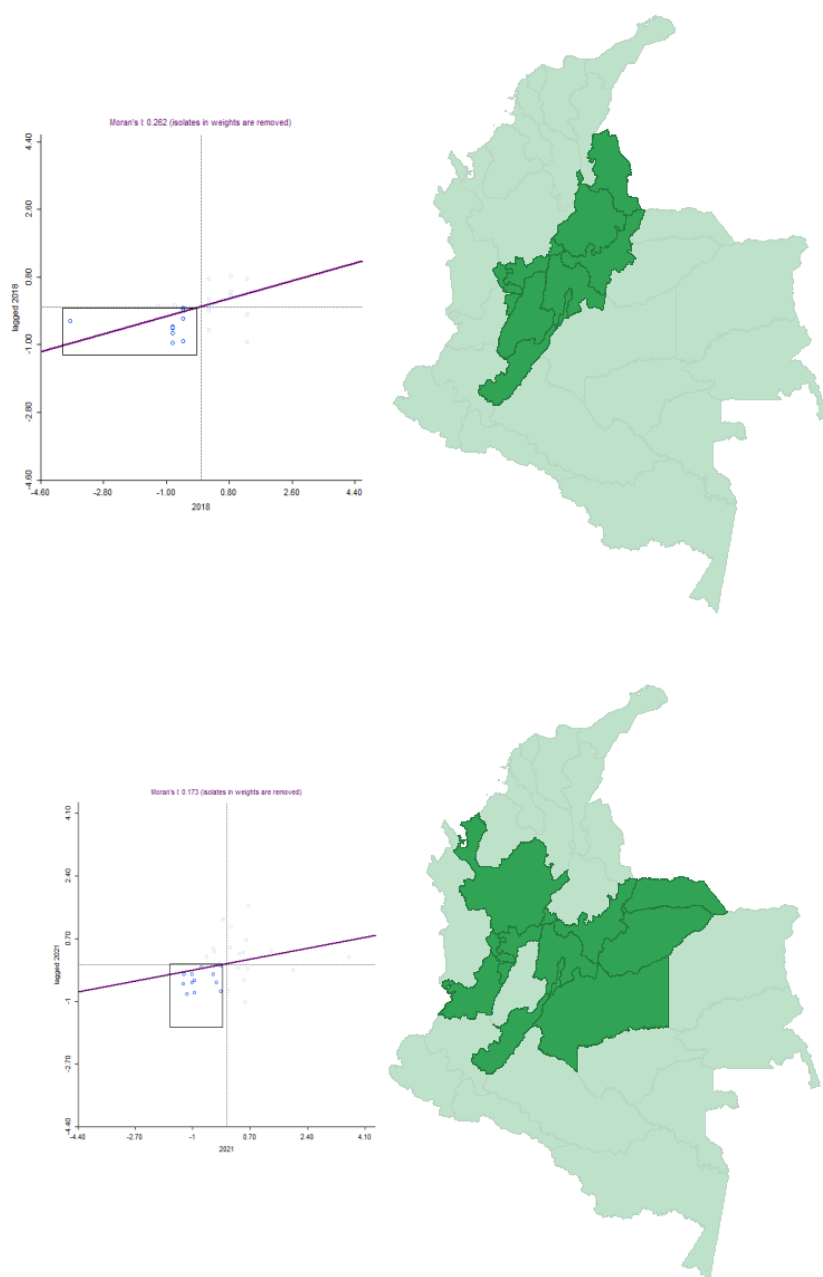
Nota. La figura muestra los departamentos con una dispersión aleatoria en el segundo cuadrante.

De acuerdo a lo anterior, la Figura 6 muestra la agrupación de departamentos que tienen valores bajos del índice rodeados de valores altos del índice, donde, para el 2018 Antioquia y Valle

del Cauca presentan esta agrupación y para el 2021 fueron Guajira, Atlántico, Cesar, Santander, Caquetá y Amazonas.

Figura 7

Comparativo i de Morán tercer cuadrante 2018-2021



Nota. La figura muestra los departamentos con una correlación espacial alta comprendida por valores bajos en el tercer cuadrante.

De acuerdo a lo anterior, la Figura 7 muestra la agrupación de departamentos que tienen valores bajos del índice rodeados de valores bajos del índice, donde, para el 2018 toda la región Central presenta esta agrupación y para el 2021 fueron Antioquia, Huila, Valle del Cauca, Risaralda, Caldas, Quindío, Cundinamarca, Boyacá, Arauca, Meta y Casanare y Amazonas.

Figura 8

Comparativo i de Morán cuarto cuadrante 2018-2021



Nota. La figura muestra los departamentos con una dispersión aleatoria en el cuarto cuadrante.

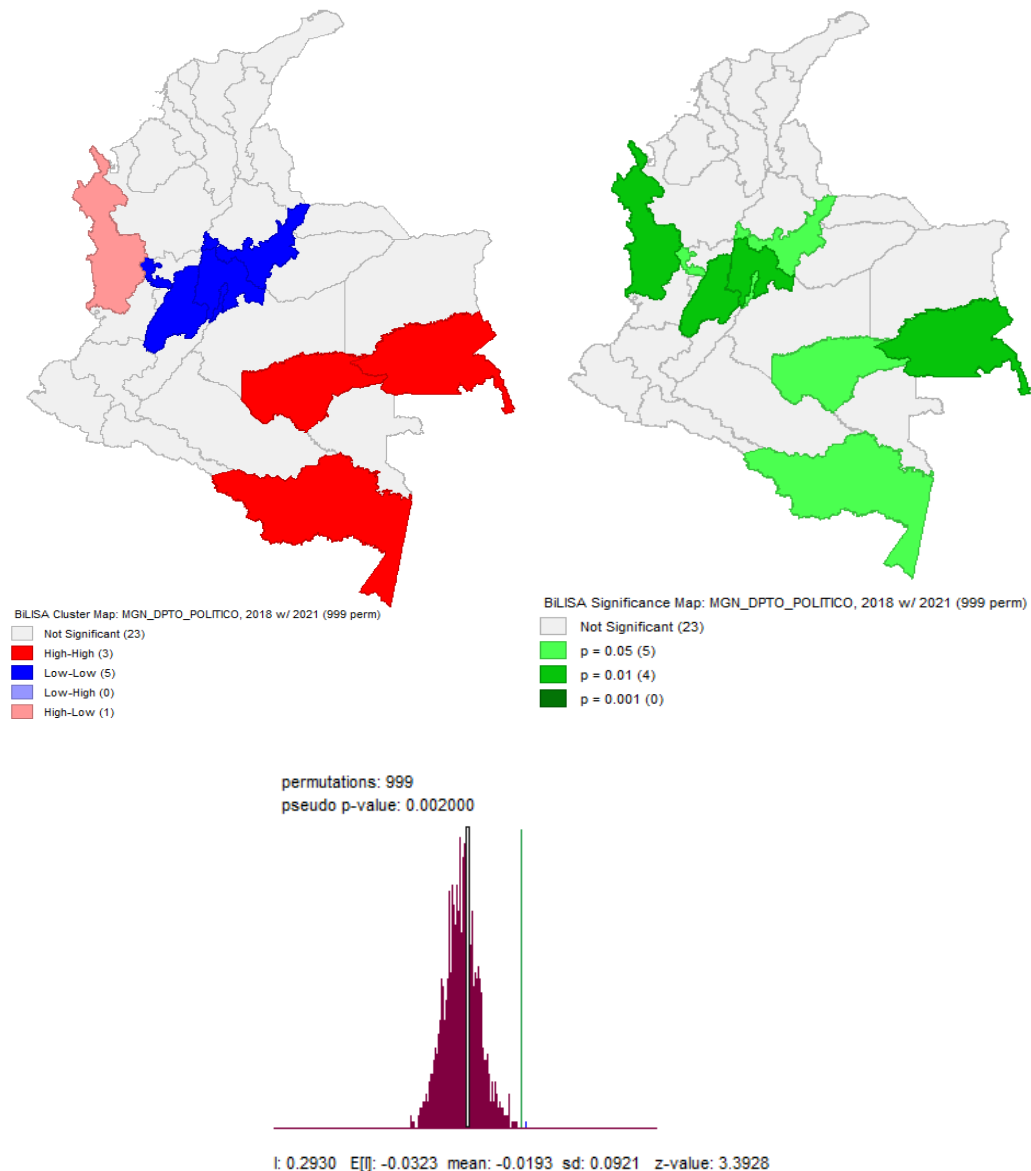
La figura 8 muestra la agrupación de departamentos que tienen valores altos del índice rodeados de valores bajos del índice, donde, para el 2018 los departamentos de Chocó, Cauca, Meta, Casanare y Arauca presenta esta agrupación y para el 2021 fueron Chocó, Cauca, Tolima, Bolívar, Norte de Santander y Vichada. La clasificación en cuadrantes de Moran ofrece una comprensión detallada de los patrones de asociación espacial. Los departamentos en el segundo cuadrante (valores bajos rodeados de valores altos) y tercer cuadrante (valores bajos rodeados de valores bajos) en 2018 y 2021 proporcionan información específica sobre las áreas con características particulares de vulnerabilidad.

6.3.2. *Patrones de correlación local*

Respecto a la identificación de clústeres o agrupación espacial de los datos, efectivamente se reconoce una asociación espacial de datos entre los años de estudio, es decir, no se debe a patrones aleatorios sino a estructuras espaciales. En este contexto, la Figura 9, exhibe valores altos del Índice compuesto de Vulnerabilidad social, rodeados por áreas vecinas que también presentan valores altos para esa misma variable, por lo cual, se interpreta una correlación local positiva. Este patrón sugiere la existencia de clústeres o agrupamientos espaciales donde las condiciones similares se perpetúan en áreas cercanas.

Figura 9

Análisis de Indicadores locales de asociación espacial LISA 2018 - 2021



Nota. El mapa resalta las regiones de correlación local significativa.

Según los mapas generados mediante el Análisis de Indicadores Espaciales Locales (LISA), se evidencia una clara correlación espacial en la vulnerabilidad social en Colombia. Estos mapas revelan que la vulnerabilidad social no se distribuye de manera homogénea en todo el país, sino que muestra patrones específicos. De manera destacada, se observa que la vulnerabilidad social

tiende a incrementarse en las áreas periféricas de la nación. La identificación de esta correlación espacial resalta la existencia de clústeres o agrupamientos geográficos donde las condiciones de vulnerabilidad social son compartidas.

CONCLUSIONES

Como primera medida se hace necesario destacar que una vez se efectuaron los test de correlación de variables para revelar la aplicabilidad del análisis factorial, el coeficiente KMO contó con un valor de .88 lo que indica que es posible efectuar el análisis factorial definido en la metodología como forma de creación del índice. Sin embargo, el siguiente criterio el cual es la correlación de las variables, arrojó una baja correlación donde se explica la varianza de los datos en un 57%, elemento que determina que no se trata de una buena modulación, por tanto, los resultados pueden ser imprecisos. Ante este escenario, se decidió continuar con el análisis factorial para encontrar el índice por años a manera de ejemplo teniendo en cuenta que se trata de una metodología interesante para calcular este tipo de índices.

La correlación entre el crecimiento económico y la disminución de la vulnerabilidad económica es un hallazgo significativo. El aumento del acceso a bienes duraderos podría estar directamente relacionado con el desarrollo económico del país. Un crecimiento económico del 2,6% en 2018 frente al 10,6% en 2021 sugiere una mejora general en la economía, lo que podría haber contribuido al aumento del acceso a bienes duraderos y, por ende, a la reducción de la vulnerabilidad económica.

La relación entre la disminución de la vulnerabilidad y las mejoras en las condiciones educativas destaca la importancia de la educación en el fortalecimiento de la capacidad de la población para enfrentar desafíos socioeconómicos. La accesibilidad y calidad de la educación son factores clave que podrían haber contribuido a una mayor resiliencia de la población ante cambios económicos y sociales. La mención de la apertura económica post-Covid-19 destaca la importancia de considerar los impactos sociales de la pandemia. Mejoras en la cohesión social y participación

cívica pueden ser indicativos de una respuesta comunitaria sólida a la crisis.

Aunque la vulnerabilidad a desastres naturales puede variar geográficamente, la capacidad de las regiones para prepararse y responder puede influir significativamente en la vulnerabilidad general. Sería interesante profundizar en cómo estas regiones han fortalecido sus medidas de gestión de desastres. La mejora en las condiciones de vivienda es fundamental para el bienestar general de la población. Un aumento en la calidad de vida puede contribuir a la resistencia de la población frente a crisis, como se evidencia en la disminución de la vulnerabilidad.

A pesar de las pérdidas de empleo y quiebras de empresas durante la cuarentena, la disminución en el índice de vulnerabilidad puede indicar que la respuesta post-pandemia ha generado oportunidades de empleo y estabilidad laboral. Sería relevante explorar cómo se ha adaptado la fuerza laboral a la nueva normalidad. En resumen, el análisis destaca la interconexión de diversas dimensiones socioeconómicas y subraya la importancia de considerar múltiples factores al evaluar la vulnerabilidad de una región. Este enfoque holístico proporciona una comprensión más completa de los cambios en la situación socioeconómica de las regiones de Colombia durante el período analizado.

En términos del análisis exploratorio de datos espaciales, el cambio en los límites de los cuantiles entre los dos años resalta la importancia de considerar estas variaciones al interpretar la vulnerabilidad en diferentes regiones. La figura que muestra la desviación estándar del índice, agrega una perspectiva adicional al revelar qué departamentos están significativamente alejados de la media. Se identificaron sesgos en la distribución de la vulnerabilidad lo que permite entender la heterogeneidad en la variabilidad de la vulnerabilidad entre diferentes regiones. La comparación entre 2018 y 2021 revela cambios en los niveles de vulnerabilidad, evidenciados por la variación en los límites de los cuantiles. Sin embargo, la continuidad en la alta vulnerabilidad de

departamentos como Chocó y Nariño destaca la persistencia de desafíos socioeconómicos en estas regiones, persistiendo espacialmente esta región como altamente vulnerable.

La identificación de sesgos a través de la desviación estándar y los cuadrantes de Moran permitieron focalizar la atención en áreas críticas. Departamentos como Chocó, Cauca, y Nariño emergen como áreas persistentemente vulnerables, lo que subraya la necesidad de intervenciones específicas y políticas dirigidas. La significativa autocorrelación espacial indica la existencia de patrones geográficos en la vulnerabilidad social. Este hallazgo refuerza la importancia de considerar la ubicación geográfica al diseñar estrategias de intervención y asignar recursos.

La identificación de clústeres a través de los indicadores locales de asociación espacial permitió una comprensión detallada de las áreas con patrones específicos. Estos clústeres guían la asignación eficiente de recursos y la implementación de políticas adaptadas a las necesidades locales. En general, el análisis espacial de la vulnerabilidad social en Colombia proporcionó *insights* valiosos para la toma de decisiones informada y la formulación de políticas. La combinación de análisis temporal, espacial y estadístico ofrece una visión completa de la dinámica de la vulnerabilidad, permitiendo enfoques estratégicos y adaptativos para abordar los desafíos socioeconómicos en diferentes regiones del país.

Bibliografía

- Apotsos, A. (2019). Mapping relative social vulnerability in six mostly urban municipalities in South Africa. *Applied Geography*, 105, 86-101. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.02.012>
- Ávila-Vera, M. (2019). *Desarrollo sustentable y vulnerabilidad social: hacia la construcción de un índice de las condiciones vulnerables en México* [tesis doctoral, Universidad Autónoma de Nuevo León]. Repositorio académico digital UANL. <http://eprints.uanl.mx/18724/>
- Busso, Gustavo. “Vulnerabilidad sociodemográfica en Nicaragua: un desafío para el crecimiento económico y la reducción de la pobreza”. Serie Población y Desarrollo N° 29 CEPAL. Santiago de Chile.
- Calderón-Serrano, D. A. (2021). *El impacto del COVID-19 más allá de la salud en Colombia* [Trabajo de especialización, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Universidad Católica de Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/26500>
- Carrera, C. A. (2009). La vulnerabilidad de lo social: una mirada a tres discursos sobre lo ‘vulnerable’. *Revista Trabajo Social*, (10), 171-188.
- Celemín, J. P. (2009). Autocorrelación espacial e indicadores locales de asociación espacial. Importancia, estructura y aplicación. *Revista Universitaria de Geografía*, 18, 11-31.
- Chambers, R. (1995). Poverty and livelihoods: whose reality counts. *Environment and*

urbanization, 7(1), 173-204. <https://doi.org/10.1177/095624789500700106>

Chasco, C. & Fernández-Avilés, G. (2008). *Análisis de datos espacio-temporales para la economía y el geomarketing*. Netbiblo

Coca-Domínguez, O., & Ricaurte-Villota, C. (2019). Validation of the Hazard and Vulnerability Analysis of Coastal Erosion in the Caribbean and Pacific Coast of Colombia. *Journal of Marine Science and Engineering*, 7(8), 2-26. <https://doi.org/10.3390/jmse7080260>

Comisión Económica para América Latina y El Caribe. (201602). Vulnerabilidad externa en América Latina y el Caribe: un análisis estructural *Vulnerabilidad sociodemográfica: viejos y nuevos riesgos para comunidades, hogares y personas. CEPAL*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40502-vulnerabilidad-externa-america-latina-caribe-un-analisis-estructural>
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/13053/S2002600_es.pdf?sequence=1

Comisión Económica para América Latina y El Caribe. (2019). Panorama Social de América Latina, 2019 (LC/PUB.2019/22-P/Rev.1). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/ps>

Cutter, S. L., Boruff, B. J. y Shirley, W. L. (2003). Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly*, 84(2), 242-261. <https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2018). *Pobreza monetaria y multidimensional*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por->

tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-y-desigualdad/pobreza-monetaria- y-
multidimensional-en-colombia-2017

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2020). *Encuesta Nacional de Calidad
de
Vida.*

http://microdatos.dane.gov.co/index.php/catalog/MICRODATOS/about_collection/
8/1

Díaz, M. L. G. (2007). *Estadística multivariada: inferencia y métodos*. Universidad Nacional
de Colombia.

Durán-Gil, C. A. (2012). Modelamiento espacial de vulnerabilidad socio-ambiental en los
municipios de Colombia. *Revista de la ib Información Básica en Estadística*, 2, 43-53.

Durán-Gil, C. A. (2017). Análisis espacial de las condiciones de vulnerabilidad social,
económica, física y ambiental en el territorio colombiano. *Perspectiva Geográfica*,
22(1), 11-32. <https://doi.org/10.19053/01233769.5956>

Fang, C., Wang, Y., & Fang, J. (2016). A comprehensive assessment of urban vulnerability
and its spatial differentiation in China. *Journal of Geographical Sciences*, 26(2), 153-
170. <https://doi.org/10.1007/s11442-016-1260-9>

Frigerio, I., Carnelli, F., Cabinio, M., & Amicis, M. (2018). Spatiotemporal pattern of social
vulnerability in Italy. *International Journal of Disaster Risk Science*, 9(2), 249-262.
<https://doi.org/10.1007/s13753-018-0168-7>

Garay-Salamanca, L. J., & Espitia-Zamora, J. E. (2021). *Una contribución empírica para el
estudio de la pobreza y la concentración de ingresos de los hogares a nivel territorial*

en Colombia. Ediciones desde abajo.

González-Moncada, C. (2014). *Propuesta metodológica para la elaboración del índice de vulnerabilidad económica y demográfica: Estudio del caso colombiano 2005-2010*. [tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UN. <http://www.bdigital.unal.edu.co/11988/>

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014).

Metodología de la Investigación (6.^a ed.). McGraw-Hill.

Higa, M. (2011). Vulnerabilidad a la pobreza: el “Perú avanza” ... o ¿retrocede?. *Informe final* (Centro de Estudios para el Desarrollo y la Participación). Consorcio de Investigación Económica y Social.

<http://repositorio.minedu.gob.pe/bitstream/handle/123456789/1314/Vulnerabilidad-a-la-pobreza.pdf?sequence=1>

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. (2018). *Vulnerabilidade social no Brasil: conceitos, métodos e Primeiros resultados para municípios e regiões metropolitanas brasileiras*.

https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_2364b.pdf

Jain, S. (2019). *Research Methodology in Arts, Science and Humanities*. Society Publishing

Lampis, A. (2010). ¿Qué ha pasado con la vulnerabilidad social en Colombia? Conectar libertades instrumentales y fundamentales. *Revista Sociedad y Economía*, (19), 229-261.

- López-Valencia, A.P. (2019). Vulnerability assessment in urban areas exposed to flood risk: methodology to explore green infrastructure benefits in a simulation scenario involving the Cañaveralejo River in Cali, Colombia. *Natural Hazards*, 99, 217–245. <https://doi.org/10.1007/s11069-019-03736-8>
- Moraga, P. (2020). *Geospatial Health Data Modeling and Visualization with R-INLA and Shiny*. CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Moser, C. (1996). *Situaciones críticas. Reacción de los hogares de cuatro comunidades urbanas pobres ante la vulnerabilidad y la pobreza*. (Serie de estudios y monografías sobre el desarrollo ecológicamente sostenible, 75). Washington: Banco Mundial.
- <http://documents1.worldbank.org/curated/en/148841468168858281/pdf/15462.pdf>
- Moser, C. (1998). The asset vulnerability framework: reassessing urban poverty reduction strategies. *World development*, 26(1), 1-19. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(97\)10015-8](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(97)10015-8)
- Nasution, B. I., Kurniawan, R., Siagian, T. H., & Fudholi, A. (2020). Revisiting social vulnerability analysis in Indonesia: An optimized spatial Fuzzy clustering approach. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 51, 101801. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101801>
- Naussbaum, Martha. (1996). *La Calidad de vida: un estudio preparado por el World Institute for Development Economics Research (WIDER) de la United Nations University*. Economía contemporánea. Fondo de Cultura Económica. 538 páginas.

- Ochoa-Ramírez, J. A., & Guzmán-Ramírez, A. (2020). La vulnerabilidad urbana y su caracterización socio-espacial. *Legado de Arquitectura y Diseño*, 15(27).
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, Banco de Desarrollo de América Latina, Comisión Económica para América Latina y El Caribe & Unión Europea. (2019). *Perspectivas económicas de América Latina 2019: Desarrollo en transición*. https://www.oecd.org/dev/americas/Overview_SP-Leo-2019.pdf
- Peña, D. (2002). *Análisis de datos multivariantes*. Mcgraw-Hill Interamericana de España S.L.
- Piketty, T. (2003). Income inequality in France, 1901–1998. *Journal of political economy*, 111(5), 1004-1042.
- Pizarro, Kelvin. Martínez, Omar. (2020). Análisis factorial exploratorio mediante el uso de las medidas de adecuación muestral kmo y esfericidad de bartlett para determinar factores principales. *Journal of Science and Research*. 5(CININGEC2020), 903-924.
- Represa, N. S., Sánchez, E. Y., & Porta, A. A. (2018). Estudio de la vulnerabilidad social en Argentina mediante el uso de SIG: Construcción de un índice de aplicación local. *Anuário do Instituto de Geociências-UFRG*, 41(2), 351-357. https://doi.org/10.11137/2018_2_351_357
- Riera, B. E. (2018). *Características de la vulnerabilidad social en la ciudad de Buenos Aires y su abordaje desde la política pública para el período 2008-2015 México* [tesis de maestría, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales sede Argentina Argentina]. Biblioteca Digital de Vanguardia para la Investigación en Ciencias Sociales. <http://hdl.handle.net/10469/14331>
- Roncancio, D. J., Cutter, S. L., & Nardocci, A. C. (2020). Social vulnerability in Colombia.

International Journal of Disaster Risk Reduction, 50, 101872.

<https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101872>

Rubina-Olvea, E. L. (2018). *Análisis de los indicadores sociodemográficos y económicos para la determinación del índice de vulnerabilidad social de la provincia de Huaraz 2009-2013* [tesis de maestría, Universidad Nacional Santiago Antúnez De Mayolo].

Repositorio académico digital

UNASAM.

http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2102/T033_42160164_M.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sen, A. (1981). Ingredients of famine analysis: availability and entitlements. *The Quarterly Journal of Economics*, 96(3), 433-464. <https://doi.org/10.2307/1882681>

Skoufias, E., Kawasoe, Y., Strobl, E., & Acosta, P. (2020). Identifying the Vulnerable to Poverty from Natural Disasters: The Case of Typhoons in the Philippines. *Economics of Disasters and Climate Change*, (4), 45-82. <https://doi.org/10.1007/s41885-020-00059-y>

Vergara-González, R. (2011). Vulnerabilidad social y su distribución espacial: el caso de las entidades federativas de México, 1990-2010. *Paradigma económico*, 3(2), 85-111.

Villegas-González, P. A., Ramos Cañón, A. M., González Méndez, M., González Salazar, R. E., & De Plaza-Solórzano, J. S. (2017). Territorial vulnerability assessment frame in Colombia: Disaster risk management. *International journal of disaster risk reduction*, 21, 384-395. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.01.003>

Yáñez-Romo, V., Muñoz-Parra, C., & Dziekonski-Rüchardt, M. (2017). Reconocimiento de

la vulnerabilidad socio-territorial desde una construcción metodológica. *AUS [Arquitectura/Urbanismo/Sustentabilidad]*, (20), 56-61.

Anexos

Anexo A. Proceso de normalización de datos

Para el proceso se tomaron las subvariables originales y se transformaron a una media de 0 y una desviación estándar de 1. Esto se hizo definiendo unos criterios a partir de las dimensiones de la tabla 1, los cuales ayudan a definir el impacto sobre la vulnerabilidad de la subvariable. Por ejemplo, para el nivel educativo del padre la encuesta determina una categorización de:

- 1 Algunos años de primaria
- 2 Toda la primaria
- 3 Algunos años de secundaria
- 4 Toda la secundaria
- 5 Uno o más años de técnica o tecnológica

Entonces el propósito fue transformar esas respuestas en un nivel de vulnerabilidad entre 0 y 1. Para ello se definieron seis criterios donde se evalúan las subvariables, a saber:

- Ingresos y recursos económicos
- Educación y capacitación
- Empleo y seguridad laboral
- Acceso a servicios básicos

Salud y bienestar

Vivienda y condiciones de vida

A cada opción de categorización de la subvariable se le dio un peso en la afectación de la dimensión así:

Para algunos años de primaria, la afectación de este escenario sobre los ingresos y recursos económicos es total, entonces se le dio 100%; para esta misma opción se evaluó el impacto sobre la educación y capacitación, también afectando, bajo mi criterio, en un 100% esta categoría u opción. Para el criterio de salud y bienestar, contar con algunos años de primaria afecta en un 60%. Eso se traduce en una Calificación: Sin afectación (0) Afectación muy baja (10-20) Afectación baja (30-40) Afectación media (50-60) Afectación alta (70-80) Afectación total (90-100) No aplica (en blanco).

Entonces se promedian los pesos dadas a las opciones o categorías de acuerdo a cada criterio donde, si el sujeto 1 de la encuesta tiene algunos años de primaria, según el promedio entre criterios, esta opción o categoría se transforma en un nivel de vulnerabilidad del 80' %.

Tabla 16

Normalización de subvariables

	Subvariables	Opción/Criterio	Calificación: Sin afectación (0) Afectación muy baja (10-20) Afectación baja (30-40) Afectación media (50-60) Afectación alta (70-80) Afectación total (90-100) No aplica (en blanco)						
			Ingresos y recursos económicos	Educación y capacitación	Empleo y seguridad laboral	Acceso a servicios básicos	Salud y bienestar	Vivienda y condiciones de vida	Calificación Promedio
1	Nivel educativo padre (P6087)	1 Algunos años de primaria	100	100	80	60	60	80	80
		2 Toda la primaria	90	90	70	50	50	70	70
		3 Algunos años de secundaria	80	80	60	40	40	60	60
		4 Toda la secundaria	70	70	50	30	30	50	50
		5 Uno o más años de técnica o tecnológica	60	60	40	20	20	40	40
		6 Técnica o tecnológica completa	50	50	30	10	10	30	30
		7 Uno o más años de universidad	40	40	20	0	0	20	20
		8 Universitaria completa	20	20	10	0	0	10	10
		9 Ninguno	100	100	90	80	80	90	90
		10 No sabe	50	50	50	50	50	50	50
2	Nivel educativo madre P6088	1 Algunos años de primaria	100	100	80	60	60	80	80
		2 Toda la primaria	90	90	70	50	50	70	70
		3 Algunos años de secundaria	80	80	60	40	40	60	60
		4 Toda la secundaria	70	70	50	30	30	50	50
		5 Uno o más años de técnica o tecnológica	60	60	40	20	20	40	40
		6 Técnica o tecnológica completa	50	50	30	10	10	30	30

	Subvariables	Opción/Criterio	Calificación: Sin afectación (0) Afectación muy baja (10-20) Afectación baja (30-40) Afectación media (50-60) Afectación alta (70-80) Afectación total (90-100) No aplica (en blanco)						
			Ingresos y recursos económicos	Educación y capacitación	Empleo y seguridad laboral	Acceso a servicios básicos	Salud y bienestar	Vivienda y condiciones de vida	Calificación Promedio
		7 Uno o más años de universidad	40	40	20	0	0	20	20
		8 Universitaria completa	20	20	10	0	0	10	10
		9 Ninguno	100	100	90	80	80	90	90
		10 No sabe	50	50	50	50	50	50	50
3	Nevera o refrigerador P1077s2	Sí					0	0	0
		No					100	100	100
4	Tv LCD, plasma o led P1077s8	Sí	0	0	0	0	0	0	0
		No						100	100
5	Carro particular P1077s15	Sí	0	0	0	0	0	0	0
		No						100	100
6	Moto o motoneta P1077s16	Sí	0	0	0	0	0	0	0
		No						100	100
7	Computador de escritorio P1077s21	Sí	0	0	0	0	0	0	0
		No						100	100
8	Tipo de vivienda P1070	1 Casa	0	0	0	0	0	0	0
		2 Apartamento	0	0	0	0	0	0	0
		3 Cuarto(s)	0	0	0	30	0	90	20
		4 Vivienda tradicional indígena	0	0	0	70	0	50	20
		5 Otro (carpa, contenedor, vagón,	80	80	80	100	100	100	90

	Subvariables	Opción/Criterio	Calificación: Sin afectación (0) Afectación muy baja (10-20) Afectación baja (30-40) Afectación media (50-60) Afectación alta (70-80) Afectación total (90-100) No aplica (en blanco)						
			Ingresos y recursos económicos	Educación y capacitación	Empleo y seguridad laboral	Acceso a servicios básicos	Salud y bienestar	Vivienda y condiciones de vida	Calificación Promedio
		embarcación, cueva, refugio natural, etc)							
9	Material paredes exteriores P4005	1 Bloque, ladrillo, piedra, madera pulida					10	10	10
		2 Tapia pisada, adobe				40	10	40	30
		3 Bahareque revocado				40	40	40	40
		4 Bahareque sin revocar				50	50	50	50
		5 Madera burda, tabla, tablón				70	70	70	70
		6 Material prefabricado						10	10
		7 Guadua, caña, esterilla, otro vegetal				80	80	80	80
		8 Zinc, tela, carbón, latas, desechos, plástico				90	90	90	90
		9 Sin paredes				100	100	100	100
10	Material pisos P4015	1 Alfombra o tapete de pared a pared					0	0	0
		2 Madera pulida y lacada, parquet					0	0	0
		3 Mármol					0	0	0
		4 Baldosa, vinilo, tableta, ladrillo, laminado					5	5	5
		5 Madera burda, tabla, tablón, otro vegetal				80	80	80	80

	Subvariables	Opción/Criterio	Calificación: Sin afectación (0) Afectación muy baja (10-20) Afectación baja (30-40) Afectación media (50-60) Afectación alta (70-80) Afectación total (90-100) No aplica (en blanco)						
			Ingresos y recursos económicos	Educación y capacitación	Empleo y seguridad laboral	Acceso a servicios básicos	Salud y bienestar	Vivienda y condiciones de vida	Calificación Promedio
		6 Cemento, gravilla					50	50	50
		7 Tierra, arena o barro				90	90	90	90
11	Energía eléctrica P8520s1	Sí				0	0	0	0
		No				100	100	100	100
12	Estrato para tarifa P8520s1a1	1 Bajo - Bajo				70	70	70	70
		2 Bajo				60	60	60	60
		3 Medio - Bajo				50	50	50	50
		4 Medio				30	30	30	30
		5 Medio - Alto				10	10	10	10
		6 Alto				0	0	0	0
		8 Planta eléctrica				0	0	0	0
		9 No conoce el estrato o no cuenta con recibo de pago				80	80	80	80
		0 Recibos sin estrato o el servicio es pirata				90	90	90	90
13	Acueducto P8520s5	Sí				0		0	0
		No				100		100	100
14	Alcantarillado P8520s3	Sí				0		0	0
		No				100		100	100
15	Recolección de basuras P8520s4	Sí				0	0	0	0
		No				100		100	100
16		Sí				100	100	100	100

	Subvariables	Opción/Criterio	Calificación: Sin afectación (0) Afectación muy baja (10-20) Afectación baja (30-40) Afectación media (50-60) Afectación alta (70-80) Afectación total (90-100) No aplica (en blanco)						
			Ingresos y recursos económicos	Educación y capacitación	Empleo y seguridad laboral	Acceso a servicios básicos	Salud y bienestar	Vivienda y condiciones de vida	Calificación Promedio
	Inundaciones, desbordamiento, crecientes P4065s1	No				0	0	0	0
17	Avalanchas, derrumbes, deslizamientos P4065s2	Sí				100	100	100	100
		No				0	0	0	0
18	Hundimiento de terreno P4065s3	Sí				100	100	100	100
		No				0	0	0	0
19	Ventarrones, tormentas, vendavales P4065s4	Sí				100	100	100	100
		No				0	0	0	0
20	Ocupación P6240	1 Trabajando	0	0	0		0	0	0
		2 Buscando trabajo	50	50	50		50	50	50
		3 Estudiando	10	10	10		10	10	10
		4 Oficios del hogar	50	50	50		50	50	50
		5 Incapacitado permanentemente para trabajar	90	90	90		90	90	90
		6 Otra actividad ¿cuál?	25		25		25	25	25
21	Actividad paga por una hora o más P6250	Sí	0		0	0	0	0	0
		No	100		100	100	100	100	100

	Subvariables	Opción/Criterio	Calificación: Sin afectación (0) Afectación muy baja (10-20) Afectación baja (30-40) Afectación media (50-60) Afectación alta (70-80) Afectación total (90-100) No aplica (en blanco)						
			Ingresos y recursos económicos	Educación y capacitación	Empleo y seguridad laboral	Acceso a servicios básicos	Salud y bienestar	Vivienda y condiciones de vida	Calificación Promedio
22	Horas de trabajo semanales P415	1 - 12	100		100		80	80	90
		13 - 24	70		70		50	50	60
		25 - 36	40		40		20	20	30
		37 - 47	5		5		5	5	5
		48 - 72	10		10		10	10	10
		73 - 97	30		30		10	10	20
		98 - 120	40		40		20	20	30
23	Cotizando actualmente a un fondo de pensiones P6920	1 Sí	0	0	0	0	0		0
		2 No	100	100	100	100	100		100
		3 Ya es pensionado	0			0	0		0
24	Regímen de seguridad P6100	1 Contributivo (eps)	0		0	0			0
		2 Especial (fuerzas armadas, ecopetrol, universidades públicas, magisterio)	0		0	0			0
		3 Subsidiado (eps-s)	0		0	0			0
		9 No sabe, no informa	100		100	100			100
25	Estado de salud P6127	1 Muy bueno	0		0	0	0	0	0
		2 Bueno	0		0	0	0	0	0
		3 Regular	80		50	40	40	40	50
		4 Malo	100		100	40	80	80	80
26		1 No puede hacerlo	90	90	90			90	90

	Subvariables	Opción/Criterio	Calificación: Sin afectación (0) Afectación muy baja (10-20) Afectación baja (30-40) Afectación media (50-60) Afectación alta (70-80) Afectación total (90-100) No aplica (en blanco)						
			Ingresos y recursos económicos	Educación y capacitación	Empleo y seguridad laboral	Acceso a servicios básicos	Salud y bienestar	Vivienda y condiciones de vida	Calificación Promedio
	Habla o conversa P1906s2	2 Sí, con mucha dificultad	80	80	80			80	80
		3 Sí, con alguna dificultad	50	50	50			50	50
		4 Sin dificultad	0	0	0			0	0
27	Mover el cuerpo, caminar o subir y bajar escaleras P1906s4	1 No puede hacerlo	90	90	90			90	90
		2 Sí, con mucha dificultad	80	80	80			80	80
		3 Sí, con alguna dificultad	50	50	50			50	50
		4 Sin dificultad	0	0	0			0	0
28	Entender, aprender, recordar o tomar decisiones P1906s6	1 No puede hacerlo	90	90	90			90	90
		2 Sí, con mucha dificultad	80	80	80			80	80
		3 Sí, con alguna dificultad	50	50	50			50	50
		4 Sin dificultad	0	0	0			0	0
29	Enfermedad accidente o problema de salud reciente sin hospitalización P5665	Sí	50		50		50	50	50
		No	0		0		0	0	0
30		Sí	50		50		50	50	50

	Subvariables	Opción/Criterio	Calificación: Sin afectación (0) Afectación muy baja (10-20) Afectación baja (30-40) Afectación media (50-60) Afectación alta (70-80) Afectación total (90-100) No aplica (en blanco)						
			Ingresos y recursos económicos	Educación y capacitación	Empleo y seguridad laboral	Acceso a servicios básicos	Salud y bienestar	Vivienda y condiciones de vida	Calificación Promedio
	Hospitalización en el último año P6133	No	0		0		0	0	0
31	Gas natrual P5666	Sí				0		0	0
		No				100		100	100
32	La vivienda ocupada es: P5095	1. Propia, totalmente pagada				0	0	0	0
		2. Propia, la están pagando				0	0	0	0
		3. En arriendo o subarriendo				0	0	0	0
		4. Con permiso del propietario, sin pago alguno (usufructuario)				50	50	50	50
		5. Posesión sin título (ocupante de hecho)				70	60	80	70
		6. Propiedad colectiva				70	60	80	70
33	Internet hogar P1075	Sí				0		0	0
		No				100		100	
34	Tipo de servicio sanitario del hogar P8526	1 Inodoro conectado a alcantarillado				0	0	0	0
		2 Inodoro conectado a pozo séptico				0	0	0	0
		3 Inodoro sin conexión				100	60	50	70
		4 Letrina				100	90	80	90

	Subvariables	Opción/Criterio	Calificación: Sin afectación (0) Afectación muy baja (10-20) Afectación baja (30-40) Afectación media (50-60) Afectación alta (70-80) Afectación total (90-100) No aplica (en blanco)						
			Ingresos y recursos económicos	Educación y capacitación	Empleo y seguridad laboral	Acceso a servicios básicos	Salud y bienestar	Vivienda y condiciones de vida	Calificación Promedio
		5 Inodoro con descarga directa a fuentes de agua (bajamar)				90	70	80	80
		6 No tiene servicio sanitario				100	100	100	100
35	Cantidad personas por hogar	1-4					0	0	0
		5-8					20	20	20
		9-12				30	60	60	50
		13-16				50	70	60	60
		17-20				50	80	80	70

Anexo B. Do Files del procedimiento en Stata 2018

```
. factor Var2 Var3 Var4 Var5 Var6 Var7 Var8 Var9 Var10 Var11 Var12 Var13 Var14 Var15
Var16 Var17 Var18 Var19 Var20 Var21 Var22 Var23 Var24 Var25 Var26 Var27 Var28 Var29
Var30 Var3 Var32 Var33 Var34 Var35 Var36, pcf
```

```
. factor Var2 Var3 Var4 Var5 Var6 Var7 Var8 Var9 Var10 Var11 Var12 Var14 Var15 Var16
Var17 Var18 Var19 Var20 Var21 Var22 Var23 Var24 Var25 Var26 Var27 Var28 Var29 Var30
Var31 Var32 Var33 Var34 Var35 Var36, pcf mineigen (0.94)
```

```
rotate, kaiser
```

```
predict factor*, regression
```

```
forvalues i = 1/12 {
egen mini`i' = min(factor`i')
egen maxi`i' = max(factor`i')
generate nfactor`i' = (factor`i' - mini`i') / (maxi`i' - mini`i')
}
```

```
gen D1=.
replace D1 = (nfactor1 + nfactor10)/2
label variable D1 "Vivienda"
```

```
gen D2=.
replace D2 = (nfactor2 + nfactor8 + nfactor9 + nfactor11)/4
label variable D2 "Bienes"
```

gen D3=.

replace D3 = (nfactor3 + nfactor4 + nfactor6 + nfactor7 + nfactor12)/5

label variable D3 "Trabajo/Salud"

gen D4=.

replace D4 = nfactor5

label variable D4 "Trabajo/Salud"

gen indice=.

replace indice = (D1+ D2 + D3 + D4)/4

label variable indice "Índice compuesto"

Anexo C. Do Files del procedimiento en Stata 2021

```
. factor Var2indice Var3indice Var4indice Var5indice Var6indice Var7indice Var8indice
Var9indice Var109indice Var11indice Var12indice Var13indice Var15indice Var16indice
Var17indice Var18indice Var19indice Var20indice Var21indice Var22indice Var23indice
Var24indice Var25indice Var26indice Var27indice Var28indice Var29indice Var30indice
Var31indice Var32indice Var33indice Var34indice Var35indice Var36indice Var37indice, pcf
```

```
. factor Var2indice Var3indice Var4indice Var5indice Var6indice Var7indice Var8indice
Var9indice Var109indice Var11indice Var12indice Var13indice Var15indice Var16indice
Var17indice Var18indice Var19indice Var20indice Var21indice Var22indice Var23indice
Var24indice Var25indice Var26indice Var27indice Var28indice Var29indice Var30indice
Var31indice Var32indice Var33indice Var34indice Var35indice Var36indice Var37indice, pcf
mineigen (0.9)
```

```
rotate, kaiser
```

```
predict factor*, regression
```

```
forvalues i = 1/12 {
egen mini`i' = min(factor`i')
egen maxi`i' = max(factor`i')
generate nfactor`i' = (factor`i' - mini`i') / (maxi`i' - mini`i')
}
```

```
gen D1=.
```

```
replace D1 = (nfactor1 + nfactor7 + nfactor10 )/3
```

```
label variable D1 "Vivienda"
```

gen D2=.

replace D2 = (nfactor2 + nfactor6 + nfactor9 + nfactor11 + nfactor12)/5

label variable D2 "Bienes/trabajo"

gen D3=.

replace D3 = (nfactor3 + nfactor8)/2

label variable D3 "Riesgos/Salud"

gen D4=.

replace D4 = nfactor5

label variable D4 "Educación"

gen indice=.

replace indice = (D1+ D2 + D3 + D4)/4

label variable indice "Índice compuesto"