



Comportamiento de la mortalidad según las agrupaciones de causas, lista 6/67 OPS-OMS durante los años 2018-2021 a nivel departamental en Colombia.

ROSSANA MEJIA CHANTRE

Universidad del Valle
Facultad de Ingeniería, Escuela de Estadística
Cali, Colombia
2023

Comportamiento de la mortalidad según las agrupaciones de causas, lista 6/67 OPS-OMS durante los años 2018-2021 a nivel departamental en Colombia.

ROSSANA MEJIA CHANTRE

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Estadística

Director:
Ph.D Victor González

Universidad del Valle
Facultad de Ingeniería, Escuela de Estadística
Cali, Colombia
2023

Lemas

“El fracaso es la antesala del triunfo.”

Raul Mejia Murillo (2017)

“Muchas felicitaciones por tu titánica labor académica durante el semestre pasado. Es cierto que con gran esfuerzo y mucha fe logramos las metas que nos proponemos. Abrazo de oso y que sigas así, cada día mejorando, es por tu futuro y después vendrán los gozos profesionales y personales. Nunca desfallecer en el intento es la consigna. Realmente todos podemos hasta lo que parece imposible cuando nos lo proponemos.”

Raul Mejia Murillo (2018)

« El hombre no es nunca el primer hombre; comienza luego a existir sobre cierta altitud de pretérito amontonado. Este es el tesoro único del hombre, su privilegio y su señal. Y la riqueza menor de ese tesoro consiste en lo que de él parezca acertado y digno de conservarse: lo importante es la memoria de los errores, que nos permite no cometer los mismos siempre. El verdadero tesoro del hombre es el tesoro de sus errores, la larga experiencia vital decantada gota a gota en milenios. Por eso Nietzsche define al hombre superior como el ser “de la más larga memoria” »

José Ortega y Gasset (1880-1955).

La rebelión de las masas (1930).

Agradecimientos

Desde el primer día que quedé admitida al Programa Académico de Pregrado en Estadística de la Universidad del Valle, siempre tuve bajas expectativas sobre mis destrezas. Sin embargo, mi padre Raul Mejia Murillo y mi madre Maria Magdalena Chantre Vega siempre me alentaron para seguir adelante con mis proyectos, a pesar de que a mi alrededor dijeran lo contrario y contra todo pronóstico que no estaba a mi favor.

Durante el desarrollo de la carrera he tenido que pasar por muchas dificultades que han sido un aprendizaje para mi vida, por eso a mis padres agradezco el apoyo y el acompañamiento durante este proceso, quienes me enseñaron a no rendirme, aprender de los fracasos y a volver a intentarlo hasta salir victoriosa.

Puede pasar el tiempo, pero ustedes siempre estarán en mi memoria y nunca nadie podrá ocupar el amor que les tengo, muchas gracias por todo, no dejaré que su legado muera. También quiero hacer una mención de agradecimiento a mi padre Raul Mejia Murillo egresado de Medicina y Cirugía de la Universidad del Valle, que no solo fue un gran padre, también fue un buen profesional, un buen artista y una buena persona la mejor que he conocido. Nunca olvidaré tus consejos y prometo que los pondré en práctica.

Resumen

Se describen las principales diferencias en los departamentos de Colombia y su comportamiento epidemiológico entre los años 2018-2021, mediante las tasas de mortalidad para las agrupaciones de causas según la lista corta de tabulación 6/67 propuesta por la Organización Panamericana de la Salud (OPS), las tasas brutas de mortalidad y las implicaciones del Índice de Pobreza Multidimensional (IPM). Se utilizó información proporcionada por el DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) de cada departamento. Se realizó Correlación lineal de Pearson, AFM (Análisis Factorial Múltiple), y con las coordenadas globales resultantes del AFM se realizó el Análisis de agrupamiento o cluster, además, el análisis Silhouette validó la correcta clasificación de cada departamento. El análisis de correlación de Pearson mostró correlaciones significativas entre las tasas de mortalidad y el IPM. El AFM logró evidenciar diferentes patrones de mortalidad y cómo el impacto del IPM influye en las tasas de mortalidad.

Palabras Clave: *Tasas de Mortalidad, Lista 6/67, Análisis Factorial Múltiple, Índice de Pobreza Multidimensional, Conglomerados, Clusters.*

Abstract

The main differences in the departments of Colombia and their epidemiological behavior between the years 2018-2021 are described through mortality rates for cause groupings according to the short tabulation list 6/67 proposed by the Pan American Health Organization (PAHO), crude mortality rates, and the implications of the Multidimensional Poverty Index (MPI). Information provided by the National Administrative Department of Statistics (DANE) for each department was used. Pearson linear correlation, Multiple Factor Analysis (MFA), and with the global coordinates resulting from the MFA, cluster analysis was performed. Additionally, Silhouette analysis validated the correct classification of each department. The Pearson correlation analysis showed significant correlations between mortality rates and the MPI. The MFA managed to highlight different mortality patterns and how the impact of the MPI influences mortality rates.

Keywords: *Mortality Rates, List 6/67, Multiple Factor Analysis, Multidimensional Poverty Index, Conglomerates, Clusters.*

Contenido

1. Introducción	5
1.1. Planteamiento del problema	6
1.2. Justificación	7
1.3. Objetivos	8
1.3.1. Objetivo general	8
1.3.2. Objetivos específicos	8
2. Antecedentes	9
3. Marco teórico	13
3.1. Marco conceptual	13
3.1.1. Estadísticas vitales	13
3.1.2. Lista de muertes agrupadas 6/67 de la OPS (CIE-10).	13
3.1.3. Índice de pobreza multidimensional (IPM).	14
3.2. Marco Estadístico	16
3.2.1. Tasas de mortalidad	16
3.2.2. Tasa bruta de mortalidad	16
3.2.3. Tasas de mortalidad por causas	16
3.2.4. Coeficiente de correlación de Pearson	16
3.2.5. Análisis Factorial Múltiple	17
3.2.6. Coeficiente RV	20
3.2.7. Coeficiente silueta	21
3.2.8. Análisis de agrupamiento: El método de las K-medias	22
4. Metodología	23
4.1. Población objeto de estudio	23
4.2. Obtención de datos	23
4.3. Descripción base de datos	23
4.4. Creación de nuevas bases de datos	24
4.5. Estructura de la base de datos	24
4.6. Variables de estudio	25
4.7. Análisis descriptivo	26
4.8. Análisis factorial múltiple	26
4.9. Análisis de agrupamiento	26

4.10. Coeficiente silueta	27
4.11. Software	27
5. Resultados	28
5.1. Análisis descriptivo	28
5.2. Análisis de correlación	33
5.3. Análisis Factorial Múltiple	36
5.4. Análisis de agrupamiento: K-Means	50
5.5. Validación de agrupaciones: Coeficiente silueta	52
6. Conclusiones y recomendaciones	54
6.1. Conclusiones	54
6.2. Recomendaciones	55
A. Anexo: Homologación listas de causas de defunción agrupadas, según la lista 6/67 OPS - OMS.	56
B. Anexo: Tablas de tasas de mortalidad y el IPM para los años 2018 al 2021.	62
Bibliografía	68

Lista de Figuras

3-1. Matriz X conformada por la yuxtaposición de las tablas	17
4-1. Ejemplo de la estructura de la base de datos.	25
5-1. Gráfico de líneas de las tasas de mortalidad x 100.000 habitantes	28
5-2. Gráficos de barras de los subgrupos de mortalidad pertenecientes a las Enfermedades transmisibles y las Neoplasias	29
5-3. Gráficos de barras de los subgrupos de mortalidad pertenecientes a las Enfermedades del sistema circulatorio y las Enfermedades perinatales	30
5-4. Gráficos de barras de los subgrupos de mortalidad pertenecientes a las Causas externas y las demás causas	31
5-5. Gráficos de barras de los 10 primeros subgrupos de mortalidad según la lista 6/67 de la OPS	31
5-6. Gráficos de la distribución de la tasa bruta de mortalidad años 2018-2019 . .	32
5-7. Gráficos de la distribución de la tasa bruta de mortalidad años 2020-2021 . .	33
5-8. Gráficas de correlación Pearson para los años 2018 (izquierda) y 2019 (derecha)	34
5-9. Gráficas de correlación Pearson para los años 2020 (izquierda) y 2021 (derecha)	35
5-10. Histograma de Valores Propios	36
5-11. Representación de los Grupos	38
5-12. Contribución de los años a la primera y segunda dimensión	38
5-13. Círculo de Correlación Dimensión 1-2	39
5-14. La contribución de las variables cuantitativas primera y segunda dimensión (en %)	41
5-15. La contribución de los departamentos primera y segunda dimensión (en %) .	41
5-16. Representación de los individuos en el primer plano factorial	42
5-17. Representación superpuesta entre grupos e individuos	43
5-18. Trayectoria del departamento de Vichada	44
5-19. Trayectoria del departamento de Guainía	46
5-20. Trayectoria del departamento de La Guajira	47
5-21. Trayectoria del departamento de Amazonas	48
5-22. Proyección de las componentes principales de cada año	50
5-23. Mapa de clusters y boxplots para la caracterización de departamentos . . .	51
5-24. Gráfico de Coeficientes de Silueta de los Grupos	53

Lista de Tablas

3-1.	Tabla de dimensiones e indicadores del IPM.	15
4-1.	Tabla de variables de estudio	25
5-1.	Inercia por componente del análisis global del AFM	36
5-2.	Coefficientes R_v	37
5-3.	Descomposición de la Inercia	37
5-4.	Tabla de tasas de mortalidad y el IPM para el departamento de Vichada . .	44
5-5.	Tabla de tasas de mortalidad y el IPM para el departamento de Guainía . .	46
5-6.	Tabla de tasas de mortalidad y el IPM para el departamento de La Guajira .	47
5-7.	Tabla de tasas de mortalidad y el IPM para el departamento de Amazonas .	49

Declaración

Me permito afirmar que he realizado la presente tesis de manera autónoma y con la única ayuda de los medios permitidos y no diferentes a los mencionados en la propia tesis. Todos los pasajes que se han tomado de manera textual o figurativa de textos publicados y no publicados, los he reconocido en el presente trabajo. Ninguna parte del presente trabajo se ha empleado en ningún otro tipo de tesis.

Calí, 15.12.2023

(Rossana Mejia Chantre)

1. Introducción

La teoría de la transición epidemiológica que propone Omran (1971) es de utilidad para predecir los retos sanitarios a los que pueden enfrentarse las poblaciones a medida que progresan, en donde se experimentan inicialmente tres etapas, la era de la pestilencia y la hambruna, la era de las pandemias en retroceso y la era de las enfermedades degenerativas y provocadas por el hombre. En 1998, 30 años después, Omran (1998) agregó dos fases más, una cuarta fase llamada la era de la disminución de la mortalidad por enfermedades cardiovasculares, enfermedades emergentes, cambios en los estilos de vida y una quinta fase futurista enfocada en la calidad de vida, aspirando a una mayor esperanza de vida. Donde la prevención de enfermedades crónicas es clave.

El cambio del perfil epidemiológico de la sociedad a lo largo del tiempo se debe principalmente a factores socioeconómicos, medioambientales, de estilo de vida, demográficos, sanitarios y tecnológicos. En las regiones más desarrolladas se destaca el aumento de las enfermedades crónicas, degenerativas y las sociopatías (Omran, 1998).

Durante los siglos XIX y XX se atribuye a los grandes descensos de la mortalidad, a una mejor nutrición, saneamiento y vivienda. Si bien los avances médicos y tecnológicos han tenido un gran impacto en la mortalidad, los factores sociales y económicos tienen un papel importante en el cambio de los patrones de mortalidad (McKeown, 1990).

Aún en la actualidad se presentan grandes diferencias en regiones más desarrolladas que otras debido a la transición demográfica desigual, es decir en las regiones más desarrolladas hay diversidad en la mortalidad debido a la industrialización mientras que en regiones en vía de desarrollo carecen de medicamentos e infraestructura médica moderna (Ursache et al., 2021).

En Colombia, el análisis de los patrones de mortalidad es fundamental para comprender el estado de la calidad de salud de las diferentes regiones de la nación, y así lograr identificar los departamentos más vulnerables del país. Con la relación de las causas de muerte según la lista 6/67, la tasa bruta de mortalidad y el IPM se pretende estudiar la interacción entre la mortalidad y la pobreza en Colombia. La lista corta de tabulación de la mortalidad 6/67 propuesta por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) que recoge las 67 causas de muerte en 6 grupos de mortalidad y un residual, además del IPM que recoge 15 indicadores son la mejor opción para facilitar la comprensión de los análisis estadísticos sobre la mortalidad y

su relación con factores socioeconómicos. Se optó por trabajar con la medida resumen IPM, ya que se tuvo en cuenta la cantidad de variables a estudiar, la cantidad de departamentos, y la metodología a emplear, como lo es el análisis factorial múltiple. Trabajar con esta variable podría llegar a ofrecer un mayor entendimiento de la complicada relación entre la pobreza y las tasas de mortalidad, además podría llegar a proporcionar una mejor representación de los datos. A su vez la tasa bruta de mortalidad identificará los departamentos con mayores tasas de mortalidad y su asociación con las agrupaciones de causas de muerte más frecuentes.

Mediante AFM podemos identificar los patrones de mortalidad a lo largo de los años 2018-2021 a través de las tasas de mortalidad por grandes causas de la lista 6/67 propuesta por la OMS, la tasa bruta de mortalidad y el impacto del IPM indicador de pobreza multidimensional, en los departamentos de Colombia y así realizar la clasificación de los departamentos donde se requiere mayor intervención de políticas públicas que ayuden a mitigar la pobreza y a su vez las causas de mortalidad asociadas a esta.

El siguiente documento se compone de: objetivos (Capítulo 1), marco teórico (Capítulo 2), metodología (Capítulo 3), resultados (Capítulo 4), conclusiones (Capítulo 6) y recomendaciones (Capítulo 7).

1.1. Planteamiento del problema

En los países en desarrollo de todo el mundo la mortalidad ha disminuido rápidamente en los últimos tiempos, debido a la implementación de programas derivados del análisis de las estadísticas vitales, que son un importante recurso de datos de una nación. A pesar del progreso mundial y nacional siguen existiendo diferencias de las regiones de todos los países en los niveles de mortalidad, resultado de la desigualdad presente en la salud pública debido al acceso limitado a las necesidades básicas, a los factores de riesgo y contexto sociales de cada región del país, que afectan la supervivencia de la comunidad. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales (2017).

Los registros de defunciones generalmente se usan para producir indicadores de salud, los cuales son importantes para monitorear las tendencias de la población en el país y estudiar las diferencias de cada región, con el propósito de identificar las áreas críticas en las cuales debe actuar de manera prioritaria con eficacia el sistema de salud, ya que muchas causas de muerte son prevenibles o tratables y estos datos permiten identificar las principales causas de muerte prematura y sus características MinSalud (2020). En Colombia se reportaron un total de 2.677.170 muertes durante el periodo 1998-2011 de las que un 53 % respondieron a causas clasificadas como evitables y prematuras, según el sexto informe técnico del ONS Instituto Nacional de Salud (2015).

Por lo tanto, lo ideal es analizar el comportamiento de las tasas de mortalidad de manera general, con la tasa bruta de mortalidad y con tasas de mortalidad por causas, usando como agrupador la lista corta de tabulación de la mortalidad 6/67 propuesta por la Organización Panamericana de la Salud (OPS), con 7 grandes grupos de mortalidad: Signos y Síntomas mal definidos; Neoplasias; Enfermedades transmisibles; Enfermedades del sistema circulatorio; Enfermedades perinatales; Causas externas; y las demás causas. Esta lista contiene causas de muerte que son prevenibles y, a su vez, permite realizar análisis más eficientes, identificando las regiones más vulnerables del país. Además, analizar el impacto de la pobreza multidimensional (IPM) sobre las tasas de mortalidad se hace necesario, ya que esto podría reflejar alguna relación importante, que nos permita ver otras perspectivas de la salud en los departamentos de Colombia.

De acuerdo a lo anterior se plantea la siguiente pregunta de investigación : ¿Qué departamentos de Colombia presentaron comportamientos similares en patrones de mortalidad y pobreza multidimensional entre 2018 y 2021?.

1.2. Justificación

La teoría de la transición epidemiológica propuesta por Omran (1998) sugiere que ha medida que la sociedad progresa, avanza la medicina y por lo tanto las principales causas de mortalidad son enfermedades no transmisibles, enfermedades que se asocian en su mayoría a una mejor calidad de vida ya que por lo general se dan en la vejez.

Colombia tiene un perfil epidemiológico de ciclos avanzados, es decir las enfermedades transmisibles dejaron de ser la principal causa de muerte y ahora prevalecen las muertes no transmisibles como las enfermedades cerebrovasculares y las neoplasias. Sin embargo, según Horiuchi (1999), Colombia se ubica en un revés de la transición epidemiológica en donde no sólo las enfermedades cerebrovasculares y neoplasias abundan, también las causas externas como los homicidios. Los estudios de cambios demográficos y epidemiológicos son de vital importancia para decisiones y planeación de políticas públicas de salud, para reducir la mortalidad que en lo posible se pueda evitar. (Acosta and Romero, 2014)

Por lo tanto se hace necesario determinar en qué departamentos del país es necesaria la intervención de mejoras políticas públicas para mejorar la calidad de vida. En caso de que las tasas de mortalidad y el Índice de Pobreza Multidimensional (IPM) no presenten una asociación lineal clara a lo largo del periodo 2018-2021, el AFM podría ser más adecuado para modelar las relaciones entre las variables observadas que con otros métodos, además es el ideal si existen fuertes correlaciones, para manejar la multicolinealidad, extrayendo facto-

res que contienen la variación común entre ellas. Ayudando a reducir la dimensionalidad al recopilar la información de las variables en un conjunto de factores no observados que a su vez son significativos Escoffier and Pages (1992). Por lo tanto se tendrán en cuenta 4 tablas que corresponden a datos de cada año, desde el 2018 hasta el 2021. Los datos de cada tabla contienen las tasas de mortalidad y los valores del IPM de cada departamento.

En este análisis se consideran cuatro tablas, cada una correspondiente a un año, desde el 2018 hasta el 2021. Cada tabla contiene 9 variables que corresponden al resultado de las 7 tasas de mortalidad según la lista de agrupación 6-67 OMS-OPS obtenidas de las defunciones, proyecciones y retroproyecciones, la tasa bruta de mortalidad y el IPM de cada departamento de Colombia proporcionados por el DANE, tomando como individuos a los 33 departamentos de Colombia. Con el fin de analizar el comportamiento de las tasas de defunción por departamentos a lo largo de los años 2018-2021, identificar cuales son los departamentos que mayores cambios han tenido y agrupar a los departamentos según las similitudes en los patrones de mortalidad, considerando el aporte relativo del IPM, en este contexto.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Analizar las diferencias en perfiles y comportamientos epidemiológicos entre los departamentos de Colombia durante 2018-2021, utilizando tasas de mortalidad según la lista corta de tabulación de la mortalidad 6/67 propuesta por la Organización Panamericana de la Salud (OPS), la tasa bruta de mortalidad y el Índice de Pobreza Multidimensional (IPM).

1.3.2. Objetivos específicos

- Describir el comportamiento de las tasas de mortalidad en los departamentos de Colombia, mediante un análisis descriptivo y exploratorio.
- Identificar patrones de mortalidad y relaciones significativas entre las tasas de mortalidad y el Índice de Pobreza Multidimensional (IPM) a través del Análisis Factorial Múltiple.
- Analizar las semejanzas y diferencias a través de las configuraciones de las trayectorias de los individuos descritas por los diferentes grupos de variables.
- Identificar clusters con patrones similares de tasas de mortalidad (lista 6/67 OMS-OPS), tasa bruta de mortalidad e Índice de Pobreza Multidimensional (IPM) en los departamentos.

2. Antecedentes

En el siguiente capítulo se citan algunos estudios que consideran que son importantes para el desarrollo del presente trabajo de grado.

Los orígenes de las enfermedades humanas.

(McKeown, 1990) Argumentó que no sólo le atribuye la reducción de la mortalidad a los avances tecnológicos principalmente, sino también a los cambios en el estilo de vida, mejora en el acceso al agua potable y a una mejor nutrición, donde resalta los factores socioeconómicos de las poblaciones. Clasificando las enfermedades en asociadas a la riqueza (enfermedades no transmisibles como cáncer y diabetes) y asociadas a la pobreza (enfermedades infecciosas como diarrea y tuberculosis). Destaca la importancia de entender cómo pueden estar relacionados los patrones de mortalidad con las condiciones socioeconómicas.

La teoría de la transición epidemiológica revisada treinta años después.

(Omran, 1998) Presento la Teoría de la Transición Epidemiológica. La cual se basa en la aplicación sistemática de referencias epidemiológicas a los cambios en la salud, la mortalidad, la supervivencia y la fecundidad a lo largo del tiempo y en el lugar, en relación con sus determinantes socioeconómicos, medioambientales, de estilo de vida, demográficos, de asistencia sanitaria y tecnológicos y/o sus correlatos en diferentes entornos sociales. Este ensayo realiza una revisión a la Teoría de la Transición Epidemiológica que inicialmente formuló en 1971, pasando de una formulación de tres etapas/tres modelos a una de cinco etapas/cinco modelos.

ENFERMEDADES INFECCIOSAS: La Tercera transición epidemiológica.

(Barrett et al., 1998) Utilizan un marco ampliado de múltiples transiciones epidemiológicas para realizar una revisión de los problemas de la infección re/emergente. La primera transición epidemiológica estuvo asociada al aumento de las enfermedades infecciosas que acompañó a la Revolución Neolítica. La segunda transición epidemiológica supuso el paso de la mortalidad por enfermedades infecciosas a la mortalidad por enfermedades crónicas asociada a la industrialización. El reciente resurgimiento de la mortalidad por enfermedades infecciosas marca una tercera transición epidemiológica caracterizada por patógenos emergentes, reemergentes y resistentes a los antibióticos en el contexto de una globalización

acelerada de las ecologías de las enfermedades humanas. Estas transiciones son el reflejo del avance de la sociedad.

Análisis Factorial Múltiple para tablas de contingencia: Estudio de la mortalidad en las comunidades autónomas de España.

Becue-Bertaut and Maldonado. (2003). Contruyeron tablas de contingencia cruzando comunidad de residencia y causa de mortalidad por sexo y grandes grupos de edad del año 1995 compilados por el Instituto Nacional de Estadística de España correspondientes a los adultos de 35 años o más, en el cual caracterizaron las diferentes comunidades en función de la información global y de cada una de las subtablas a partir del AFM, realizando una síntesis de la tabla múltiple (Descripción global) y una comparación sistemática de las subtablas (descripción parcial) mediante diversos índices. Identificando las regiones que tienen similitud en características socioeconómicas y de mortalidad.

Análisis de la evolución a través de encuestas. Trayectoria electoral de las Comunidades Autónomas Españolas en el período 1977-2004.

(Fernández et al., 2004) Se utiliza en Análisis Factorial Múltiple para el estudio de la evolución del voto de las Comunidades Autónomas españolas durante el período 1977-2004. Se recoge información en diferentes momentos a partir de encuestas, las nueve tablas corresponden a las convocatorias electorales de cada año, en las filas se tienen las comunidades autónomas y en las columnas que corresponden a las variables, se tienen los partidos o agrupaciones considerados en cada convocatoria. El objetivo es analizar las trayectorias, que permite concluir que regiones han tenido mayores variaciones relativas de la distribución de su voto a lo largo del tiempo, el AFM proporciona una visión clara y amplia de los cambios que se produjeron, pudiendo ver qué grupos han sido los que han tenido cambios más importantes durante el período de tiempo estudiado.

Análisis Factorial Múltiple y metodología STATIS en el análisis de la transición demográfica en el Perú en el período 1995-2010.

(Cambillo et al., 2016) Comparan el Análisis Factorial Múltiple y la metodología STATIS, utilizados para encontrar una estructura o espacio común sobre un conjunto de datos que contienen indicadores de fecundidad (Tasa bruta de natalidad y tasa global de fecundidad) y tres indicadores de mortalidad (Tasa bruta de mortalidad, tasa de mortalidad infantil y esperanza de vida al nacer). Respecto a las etapas de la transición demográfica se identificaron cuatro grupos de regiones de acuerdo al comportamiento de sus indicadores de mortalidad y fecundidad, en la cual se obtiene una visión general de los cambios en el tiempo de las regiones del Perú.

Se observó que ambos métodos estadísticos clasifican las regiones de manera muy similar, aunque los procedimientos son diferentes. La simplificación de la estructura en los indicadores en las regiones a través del tiempo (1995-2010), utilizando ambos métodos permitió identificar grupos de regiones según la clasificación de CELADE (1992) en transición incipiente, transición moderada, plena transición y transición avanzada.

Factores asociados a la mortalidad por enfermedades no transmisibles en Colombia, 2008-2012.

(Martínez, 2016) Describió la tendencia de la mortalidad por enfermedades no transmisibles y exploró la asociación con ciertos factores de riesgo en Colombia entre el 2008 y el 2012, como el sexo y la edad. La tasa de mortalidad durante el periodo de estudio fue de 319,5 muertes por 100.000 habitantes. La tendencia mostró un patrón de descenso estadísticamente significativo en todo el territorio nacional. Se destacan las cinco primeras causas de muerte que fueron: las enfermedades del sistema circulatorio, las agresiones, los tumores malignos, las enfermedades de las vías respiratorias inferiores y los accidentes de transporte. Se encontraron diferencias significativas según los factores como el sexo y la edad. Durante el periodo estudiado se encontró que las principales causas de muerte en Colombia fueron las enfermedades del corazón y las agresiones (homicidios).

Tendencias de la mortalidad por causas de muerte y atención sanitaria durante un periodo de incertidumbre mundial (1990-2017).

(Ursache et al., 2021) Se describen las diferencias espaciales, la intensidad y la frecuencia de las causas de muerte asociadas a una serie de enfermedades y el impacto socioeconómico en la asistencia sanitaria en todo el mundo entre 1990 y 2017. Utilizando datos de tasas de mortalidad por causas y datos socioeconómicos, por medio de análisis de componentes principales, análisis de agrupamiento y análisis de correlación lineal Bravais Pearson y regresión multivariante encontraron patrones de mortalidad que suele ser típico de una región geográfica en particular. Se confirmaron las hipótesis de correlaciones entre la mortalidad, la calidad de atención de salud y la calidad de la infraestructura de salud pública que fue validada por medio de indicadores socioeconómicos.

Desigualdades socioeconómicas en la mortalidad por enfermedades cardiovasculares: Región Pacífico de Colombia, 2002-2015.

(Pérez-Flórez and Achcar, 2021) Aplicaron Análisis espacial y temporal para encontrar asociaciones entre las enfermedades cardiovasculares y algunos indicadores socioeconómicos. Se estudiaron los 177 municipios en la región del Pacífico durante el periodo 2002 - 2015, se usaron datos de mortalidad por Enfermedades Cardiovasculares (ECV) y siete indicadores

socioeconomicos municipales, en el analisis se incluyo el calculo de las tasas de mortalidad crudas y estandarizadas, segun sexo, y la modelacion del conteo de defunciones usando modelos jerarquicos bayesianos. Debido a la transición demográfica y epidemiológica, en el Valle del Cauca se obtuvo un riesgo aumentado de mortalidad con la Razón de mortalidad estandarizada por ECV, lo que coincide con su nivel de desarrollo, teniendo en cuenta que es el tercer departamento más industrializado del país.

3. Marco teórico

En esta sección se encuentran los conceptos epidemiológicos y estadísticos que se usarán para la elaboración del trabajo de grado.

3.1. Marco conceptual

3.1.1. Estadísticas vitales

Son un proceso que reúne información mediante un registro y reporta la frecuencia o la ocurrencia de acontecimientos vitales específicos y definidos por el sistema (Nacimientos y defunciones en Colombia), así como las características propias de los hechos vitales. También integra procesos de compilación, procesamiento, análisis, evaluación y difusión de los datos de forma estadística (ONU, 1994). En Colombia el DANE es el encargado de recopilar y procesar dicha información.

3.1.2. Lista de muertes agrupadas 6/67 de la OPS (CIE-10).

La lista 6/67 consta de seis grupos amplios de causas, 67 grupos más detallados contenidos dentro de esos seis. Las muertes debidas a signos, síntomas y condiciones mal definidas se presentan en una categoría separada. Las enfermedades mal definidas incluyen síntomas, signos, resultados anormales de procedimientos clínicos u otros procedimientos de investigación y afecciones mal definidas respecto a las cuales no se registra ningún diagnóstico clasificable en otra parte (PAHO, 1999). Los seis grandes grupos se definen de la siguiente manera:

Grupo 1: Enfermedades transmisibles

Enfermedades que son causadas por un agente infeccioso o parásitos, los cuales pueden llegar a transmitirse de un ser humano a otro.

Grupo 2: Neoplasias

Masas de tejido anormal que aparecen cuando las células se multiplican descontroladamente, puede incluir neoplasias tanto benignas como malignas.

Grupo 3: Enfermedades del sistema circulatorio

Enfermedades asociadas al corazón o vasos sanguíneos, como lo son las enfermedades cardíacas y los accidentes cerebrovasculares.

Grupo 4: Ciertas afecciones originadas en el período perinatal

Trastornos en el periodo perinatal, complicaciones durante el parto o condiciones que afectan al recién nacido.

Grupo 5: Causas externas

Son causas relacionadas con lesiones en una persona ya sea intencional como los homicidios o suicidios, o no intencionales, como los accidentes.

Grupo 6: Todas las demás causas

Son el resto de enfermedades que no se clasifican en las anteriores.

En los anexos A se muestran las listas de mortalidad 6/67 que desglosa los 6 grandes grupos de causas de mortalidad en 67 causas de muerte, según los códigos CIE-10.

3.1.3. Índice de pobreza multidimensional (IPM).

Es una medida multidimensional que refleja las carencias de un hogar en áreas como la salud, la educación entre otros. La fuente de información para el cálculo de la pobreza multidimensional es la Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ENCV). A partir de 2018 tiene representatividad estadística para los dominios total nacional, cabeceras y centros poblados y rural disperso, 9 regiones, 32 departamentos y Bogotá D.C (DANE, 2022). El IPM contiene 5 dimensiones las cuales comprenden 15 indicadores. Cada indicador tiene una ponderación determinada y un punto de corte que permite establecer si el lugar está o no privado. Un hogar se considera en situación de pobreza multidimensional si se encuentra privado en al menos el 33,3 % de estas dimensiones.

Dimensión	Indicador (ponderación)(escala)
Condiciones educativas del hogar (0.2)	■ Bajo logro educativo (0.1) (%) ■ Analfabetismo (0.1) (%)

Dimensión	Indicador (ponderación)(escala)
Condiciones de la niñez y juventud (0.2)	■ Inasistencia escolar (0.05) (%) ■ Rezago escolar (0.05) (%) ■ Barreras de acceso a servicios para el cuidado de la primera infancia (0.05) (%) ■ Trabajo infantil (0.05) (%)
Trabajo (0.2)	■ Desempleo de larga duración (0.1) (%) ■ Empleo informal (0.1)(%)
Salud (0.2)	■ Sin aseguramiento en salud (0.1) (%) ■ Barreras de acceso a servicio de salud (0.1) (%)
Acceso a servicios públicos domiciliarios y condiciones de la vivienda (0.2)	■ Sin acceso a fuente de agua mejorada (0.04) (%) ■ Inadecuada eliminación de excretas (0.04) (%) ■ Pisos inadecuados (0.04) (%) ■ Paredes exteriores inadecuadas (0.04) (%) ■ Hacinamiento crítico (0.04) (%).

Tabla 3-1.: Tabla de dimensiones e indicadores del IPM.

Para el cálculo del IPM departamental, aplicando la metodología de Alkire y Foster, se calcula la suma ponderada para cada hogar, se determina la privación si la suma ponderada es igual o superior al umbral de 5/15 (33.3%) y finalmente se calcula el IPM departamental como el porcentaje de hogares que se consideran pobres multidimensionalmente.

3.2. Marco Estadístico

3.2.1. Tasas de mortalidad

Las tasas de mortalidad son medidas demográficas utilizadas para describir el número de muertes que ocurren en una población determinada en relación con el tamaño de esa población (RANM, 2011).

3.2.2. Tasa bruta de mortalidad

Es la tasa bruta de mortalidad o tasa general para una población. El numerador es el número total de muertes. El denominador es el tamaño de la población en el punto medio del período de tiempo. La fracción suele expresarse por 1.000 habitantes.

$$TBM = \frac{Defunciones\ Totales}{Población\ total} * 1,000 \quad (3-1)$$

3.2.3. Tasas de mortalidad por causas

Es la tasa de mortalidad por una enfermedad específica para una población. El numerador es el número de muertes atribuidas a una causa específica. El denominador sigue siendo el tamaño de la población en el punto medio del período de tiempo. La fracción suele expresarse por 100.000 habitantes.

$$TMC = \frac{Defunciones\ debidas\ a\ una\ enfermedad}{Población\ total} * 100,000 \quad (3-2)$$

3.2.4. Coeficiente de correlación de Pearson

El coeficiente de correlación Pearson (Pearson and Filon, 1898) es una medida que mide la fuerza de la asociación entre dos variables X e Y. Toma los valores en el intervalo [-1,1], entre más cerca de los valores +1 y -1 este el coeficiente, esto indicara una fuerte correlación positiva (A medida que una variable aumenta, la otra aumenta) y negativa (A medida que una variable aumenta, la otra disminuye) respectivamente, entre más cerca se encuentre de 0 significa que hay una leve correlación lineal y si el valor es 0 significa que no hay una correlación lineal entre las variables X e Y estudiadas. La fórmula se define de la siguiente manera :

$$r = \frac{n(\sum_{i=1}^n xy) - (\sum_{i=1}^n x)(\sum_{i=1}^n y)}{\sqrt{\left[n(\sum_{i=1}^n x^2) - (\sum_{i=1}^n x)^2\right] \left[n(\sum_{i=1}^n y^2) - (\sum_{i=1}^n y)^2\right]}} \quad (3-3)$$

Donde:

x : es la variable independiente

y : es la variable dependiente

n : es el tamaño de la muestra

3.2.5. Análisis Factorial Múltiple

El Análisis Factorial Múltiple (Escoffier and Pages, 1992) analiza una tabla múltiple, compuesta por grupos de variables cuantitativas o categóricas.

El AFM se utiliza para analizar un conjunto de observaciones descritas por varios grupos de variables. El número de variables en cada grupo pueden diferir y la naturaleza de las variables (nominales o cuantitativas) pueden variar de un grupo a otro, pero las variables deben ser de la misma naturaleza en un grupo dado. El análisis deriva una integración cuadro de las observaciones y de las relaciones entre los grupos de variables, la cual consiste en la unión de la información que proviene de diferentes conjuntos de variables.

El AFM, es uno de los métodos estadísticos multivariados con el que se puede analizar tablas de datos, la cual contiene, J_c grupos o tablas de variables cuantitativas, J_q grupos o tablas de variables cualitativas (nominales) y los J_o grupos o tablas de variables cualitativas (ordinales)(Becerra, 2010)

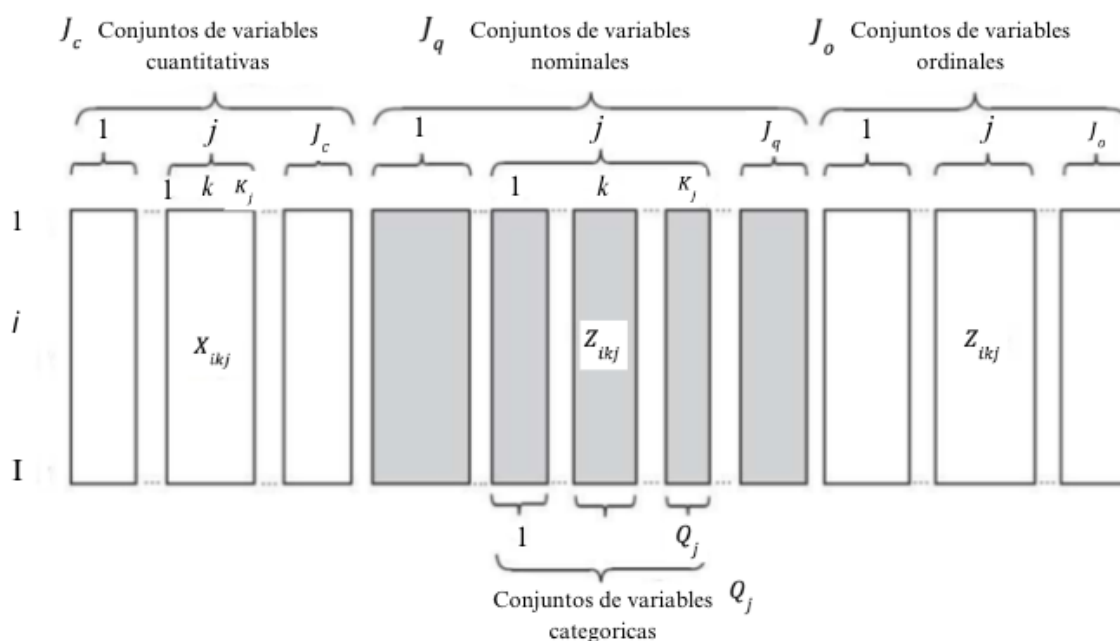


Figura 3-1.: Matriz X conformada por la yuxtaposición de las tablas

El AFM se basa en la metodología del Analisis de Componentes Principales (ACP) y se descompone en 2 etapas:

1. Análisis Separado. Realizar ACP para cada uno de los J_c grupos o tablas de variables cuantitativas y realizar un Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM) para cada uno de los J_q grupos o tablas de variables cualitativas (nominales) y los J_o variables cualitativas (ordinales). En el método AFM el tratamiento para los grupos o conjuntos de variables nominales y ordinales es el mismo. En esta etapa se retiene en cada uno de los análisis, el mayor valor propio (llamado primer valor propio) denotado por λ_1^j (Escoffier and Pages, 1992).

2. Análisis Global. Es un ACP (X, M, D) donde las matrices X , M y D , se estructuran así:

- X , es la matriz de datos transformados $X = [X_c Z_q Z_o]$
- M , es la matriz de métrica, es decir una matriz diagonal, que se usa para describir la estructura de las relaciones entre diferentes grupos de variables.

$$\begin{bmatrix} M^{J_c} & 0 & 0 \\ 0 & M^{J_q} & 0 \\ 0 & 0 & M^{J_o} \end{bmatrix} \quad (3-4)$$

donde M^{J_c} es la matriz de métrica para los conjuntos de variables cuantitativas conformada por J_c bloques, la matriz M^{J_c} tiene la siguiente forma:

$$\begin{bmatrix} M_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \ddots & & 0 \\ \vdots & & M_j & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & M_{J_c} \end{bmatrix} \quad (3-5)$$

cada matriz $M_j = \frac{1}{\lambda_1^j} I_{K_j}$, donde I_{K_j} la matriz idéntica de orden $K_j \times K_j$ con $j \in J_c$.

M^{J_q} es la matriz de métrica para los conjuntos de variables nominales definida por J_q bloques, la matriz M^{J_q} tiene la forma:

$$\begin{bmatrix} M_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \ddots & & 0 \\ \vdots & & M_j & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & M_{J_q} \end{bmatrix} \quad (3-6)$$

cada matriz es de la forma $M_j = \frac{1}{\lambda_1^j} \text{diag}(\frac{I_k}{IQ_j})$, donde I_k es el número de individuos que seleccionan la categoría k , I es el número de individuos y Q_j es el número de variables cualitativas (nominales) en el grupo j .

La definición de la matriz métrica M^{J_0} para los conjuntos de variables cualitativas (ordinales) definida por J_0 bloques, es similar a la definida para las variables nominales.

- **D** es la matriz de pesos:

$$D = \frac{1}{I} I_I \quad (3-7)$$

Donde I_I es la matriz identica de tamaño $I \times I$. Del análisis global expresado como un ACP ponderado, la matriz de métrica **M**, la matriz de pesos **D** y las coordenadas del individuo **i** sobre el primer eje factorial, se obtienen los valores de la primera componente principal, que expresada como una suma ponderada es:

$$\begin{aligned} F_1(i) = & \frac{1}{\sqrt{\lambda_1}} \sum_{j \in J_c} \frac{1}{\lambda_1^j} \left[\sum_{k \in K_j} x_i k_j G_1(K_j) \right] \\ & + \frac{1}{\sqrt{\lambda_1}} \sum_{j \in J_q} \frac{1}{\lambda_1^j} Q_j \left[\sum_{k \in K_j} z_i k_j G_1(k_j) \right] \\ & + \frac{1}{\sqrt{\lambda_1}} \sum_{j \in J_o} \frac{1}{\lambda_1^j} Q_j \left[\sum_{k \in K_j} z_i k_j G_1(k_j) \right] \end{aligned} \quad (3-8)$$

donde:

- λ_1^j es el primer valor propio del análisis del grupo j
- λ_1 es el primer valor propio del análisis global.
- $G_1(k_j)$ son las coordenadas factoriales de las variables para k_j que representa la variable k perteneciente al grupo j .

La suma ponderada o combinación lineal (2) se puede escribir de la siguiente forma:

$$F_1(i) = \sum_{j \in J_c} \sum_{k \in K_j} \frac{1}{\sqrt{\lambda_1}} \frac{1}{\lambda_1^j} G_1(k_j) x_i k_j + \sum_{j \in J_q} \sum_{k \in K_j} \frac{1}{\sqrt{\lambda_1}} \frac{1}{\lambda_1^j} Q_j G_1(k_j) z_i k_j + \sum_{j \in J_o} \sum_{k \in K_j} \frac{1}{\sqrt{\lambda_1}} \frac{1}{\lambda_1^j} Q_j G_1(k_j) z_i k_j \quad (3-9)$$

de manera general, la primera componente principal del método AFM es:

$$F_1(i) = \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_j} m_{kj} u_{kj} x_{ikj} \quad (3-10)$$

donde m_{kj} es la métrica en la nube de individuos:

$$m_{kj} = \begin{cases} \frac{1}{\lambda_1^j} & \text{si } j \in J_c \\ \frac{I_K}{\lambda_1^j I_{Q_j}} & \text{si } j \in J_q \text{ ó } j \in J_o \end{cases} \quad (3-11)$$

u_{kj} es el primer vector propio asociado a la solución $X'DXM_{u_{kj}} = \lambda_1 u_{kj}$ en la nube de individuos:

$$u_{kj} = \frac{1}{\lambda_1} G_1(kj) \quad (3-12)$$

x_{ikj} es el término general de la matriz X:

$$m_{kj} = \begin{cases} \frac{y_{ikj} - \bar{y}_{kj}}{\sigma_{kj}} & \text{o } y_{ikj} - \bar{y}_{kj}, \text{ si } j \in J_c \\ \frac{I_{z_{ikj}}}{I_k} & \text{si } j \in J_q \text{ ó } j \in J_o \end{cases} \quad (3-13)$$

La suma ponderada o combinación lineal, también se escribe como:

$$F_1(i) = \sum_{j \in J} \sum_{k \in K_j} a_{kj} x_{ikj} \quad (3-14)$$

donde, $a_{kj} = m_{kj} u_{kj}$ Esta suma ponderada o combinación lineal es la primera componente principal obtenida con el método AFM, cuando esta componente representa un factor tamaño (Escoffier and Pages, 1992)

3.2.6. Coeficiente RV

Son medidas globales de relación entre grupos (Abdi, 2007). Es resultado de los coeficientes de correlación lineal entre dos variables. Toma los valores entre 0 (no existe relación entre las variables de los dos grupos considerados) y 1 (las nubes que representan a los grupos son homotéticas, es decir, se encuentran al mismo lado respecto al centro). Para dos grupos cualesquiera j y h :

$$Rv = \frac{\langle W_j D, W_h D \rangle}{\|W_j D\| \|W_h D\|} = \frac{\text{traza}(W_j D W_h D)}{\|W_j D\| \|W_h D\|} \quad (3-15)$$

Con $W_j D = X_j X_j' D$. Donde:

- X_j =Matriz asociada al grupo j de variables.
- D =matriz diagonal que toma los pesos de los individuos.
- $\|W_j D\| = \sqrt{\sum (\lambda_s^j)^2}$
- λ_s^j = Es el s -ésimo valor propio asociado al análisis de la tabla j , y $\|W_j D\|$ es la norma Euclidiana de la matriz $W_j D$, que se calcula utilizando los valores propios.

3.2.7. Coeficiente silueta

El gráfico de siluetas es una herramienta esencial que permite seleccionar el número adecuado de conglomerados (Rousseeuw, 1987). Donde para cada objeto i , se denota por A el clúster al que pertenece, y se calcula como (Struyf A, 1997):

$$a(i) := \frac{1}{|A| - 1} \sum_{j \in A, j \neq i} d(i, j) \quad (3-16)$$

= desemejanza media de i con respecto a todos los demás objetos de A .

Ahora se considera cualquier conglomerado C distinto de A :

$$d(i, C) := \frac{1}{|C|} \sum_{j \in C, j \neq i} d(i, j) \quad (3-17)$$

= disimilitud media de i con todos los objetos de C .

Tras calcular $d(i, C)$ para todos los conglomerados $C \neq A$, se toma el más pequeño de ellos:

$$b(i) := \min_{C \neq A} d(i, C). \quad (3-18)$$

El cluster B que alcanza este mínimo [es decir, $d(i, B) = b(i)$] se denomina vecino del objeto i . Este es el segundo mejor cluster para el objeto i . El valor de la silueta $s(i)$ del objeto i se define como:

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max[a(i), b(i)]} \quad (3-19)$$

$s(i)$ siempre estará comprendido entre -1 y 1. El valor $s(i)$ puede interpretarse como:

$s(i) \approx 1 \Rightarrow$ el objeto i está bien clasificado (en A);

$s(i) \approx 0 \Rightarrow$ el objeto i se encuentra entre dos clusters (A y B);

$s(i) \approx -1 \Rightarrow$ el objeto i está mal clasificado (más cerca de B que de A).

Los valores resultantes $s(i)$ se usan para construir el gráfico de siluetas, ofrece información visual sobre que tan bien está clasificado cada objeto, interpretando la posición y la longitud de las barras.

3.2.8. Análisis de agrupamiento: El método de las K-medias

El metodo inicia eligiendo K puntos representativos como centroides iniciales. Cada punto se asigna al centroide más cercano en función de una determinada medida de proximidad elegida. Una vez formados los clusters, se actualizan los centroides de cada cluster. El algoritmo repite iterativamente estos dos pasos hasta que los centroides no cambian o se cumple cualquier otro criterio de convergencia alternativo (Aggarwal and Reddy, 2013).

El algoritmo K-means puede utilizar una amplia gama de medidas de proximidad para calcular el centroide más cercano, en general, para la agrupación K-means, la métrica de distancia euclídea es la opción más usada. Aunque es importante aclarar que la medida de proximidad que se usa para calcular el centroide más cercano puede tener diferencias en el resultado final, ya que favorecerá a las variables que tengan una escala más alta. La función objetivo empleada por K-means se denomina Suma de Errores Cuadrados (SSE) o suma de cuadrados residuales (RSS) (Aggarwal and Reddy, 2013).

El SSE para este método se define como:

$$SSE(C) = \sum_{k=1}^K \sum_{x_i \in C_k} \|x_i - c_k\|^2 \quad (3-20)$$

$$C_k = \frac{\sum_{x_i \in C_k} x_i}{|C_k|} \quad (3-21)$$

donde c_k es el centroide del cluster C_k . El objetivo es encontrar un clustering que minimice la puntuación SSE. Los pasos iterativos de asignación y actualización del algoritmo K-means tienen como objetivo minimizar la puntuación SSE para el conjunto dado de centroides (Aggarwal and Reddy, 2013).

4. Metodología

En esta sección se plantea la metodología que se usará para la realización de los objetivos planteados y posteriormente la solución de la pregunta de investigación.

4.1. Población objeto de estudio

La población objeto de estudio son los 32 departamentos de Colombia y 1 distrito capital, durante el periodo 2018-2021.

4.2. Obtención de datos

Los datos se obtuvieron a través de la página oficial del DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) en la sección de estadísticas vitales. El DANE es el encargado de recopilar y reportar la información de los hechos vitales y sus respectivas características, tales como nacimientos y defunciones en Colombia, a partir de los registros de los registros civiles. La información de la población total de cada departamento, se obtuvo de la misma página del DANE en la sección demografía y población la cual contiene las proyecciones y retroproyecciones de población calculadas con base en los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda - CNPV- 2018. Finalmente en la sección pobreza y desigualdad del DANE se obtuvo los datos del IPM para los años para el periodo, construidos con base en el Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV) 2018.

4.3. Descripción base de datos

Para el trabajo de grado se tendrán en cuenta las bases de datos de los años 2018 al 2021 obtenidas por la página del DANE que cuentan con registros de defunciones no fetales de cada individuo del país que falleció el respectivo año, departamento y sus características socioeconómicas. Además de las bases de datos obtenidas por la misma página del DANE, en la sección “demografía y población” contiene las estimaciones de las Proyecciones y retroproyecciones de población departamental para el periodo 1985-2017 y 2018-2050 con base en el CNPV(Censo Nacional de Población y Vivienda 2018) con la actualización postpandemia que se aplicó a partir del año 2020 debido a la pandemia covid-19. Así mismo los índices

de pobreza multidimensional (IPM) de los departamentos de Colombia durante el periodo 2018-2021.

4.4. Creación de nuevas bases de datos

Para las nuevas bases de datos para los años en cuestión, se realizó teniendo en cuenta las variables respecto a la población retro proyectada, proyectada y las muertes reportadas en las bases de datos descritas anteriormente, que son de nuestro interés para calcular los indicadores de mortalidad según características como el sitio de defunción y la causa de muerte. Para posteriormente cumplir con la totalidad de objetivos del trabajo de grado.

4.5. Estructura de la base de datos

La estructura de la base de datos que cuenta con los indicadores de mortalidad y el IPM es la siguiente: Son 4 años (2018, 2019, 2020 y 2021) en los que se estudian un total de 8 variables cuantitativas, 7 variables corresponden a las tasas de mortalidad usando como agrupador la lista corta de tabulación de la mortalidad 6/67 propuesta por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) que recoge en seis grandes grupos y un residual, 67 sub-grupos de diagnósticos agrupados según la clasificación internacional de Enfermedades CIE 10: Signos y Síntomas mal definidos; Neoplasias; Enfermedades transmisibles; Enfermedades del sistema circulatorio; Enfermedades perinatales; Causas externas; y las demás causas. Además una octava y novena variable que corresponden a la tasa bruta de mortalidad y al índice de pobreza multidimensional respectivamente. Lo anterior para los 33 departamentos de Colombia. En la Figura 4-1 se presenta la estructura de los 4 años, tomando como ejemplo la estructura del año 2019.

	T.Enf.Trans	T.Neo	T.Enf.sist	T.Enf.peri	T.Caus.Extr	T.demás.Caus	T.sign.sin	IPM	TBM
Antioquia	35.86147	116.89709	154.92643	5.221210	72.50154	125.52277	8.320349	15.7	5.192508
Atlántico	43.51533	100.07009	165.38098	15.086324	42.75722	128.08213	8.187553	14.9	5.030796
Bogotá	23.89083	107.16631	134.13898	5.636867	41.97358	124.02423	5.650037	7.1	4.424809
Bolívar	41.02300	76.88293	139.77861	10.842464	44.26166	120.20585	8.401736	26.9	4.413963
Boyaca	29.97782	94.88915	185.14757	5.605609	45.49480	174.99249	1.868536	12.8	5.379760
Caldas	38.57810	131.40357	192.29549	5.553660	53.65232	182.87410	1.685933	14.3	6.060432
Caqueta	26.34547	78.54396	122.12477	5.663044	89.87005	113.01466	3.939509	25.7	4.395015
Cauca	23.60649	81.77721	130.74884	6.696397	86.78260	102.33988	4.058422	24.0	4.360098
Cesar	40.24280	68.98765	107.23428	11.018861	49.98411	110.74754	8.304070	25.5	3.965193
Córdoba	32.12716	67.84857	141.39266	12.054595	48.99253	117.83643	4.479001	34.7	4.247309
Cundinamarca	26.38127	88.05641	155.01429	4.991052	40.34974	129.96180	3.176124	12.3	4.479307
Choco	23.52144	36.11559	68.52702	15.187069	56.30328	69.26785	14.075821	42.3	2.829981
Huila	34.62716	109.45780	168.45888	6.565669	68.44485	133.47196	5.936085	18.3	5.269624
La guajira	46.79215	44.52801	71.05075	27.600900	42.15606	89.91856	7.439305	48.8	3.294857
Magdalena	36.64950	74.16304	132.48543	10.728439	45.86588	115.27672	6.048248	31.6	4.212173
Meta	34.59665	83.73530	160.05703	6.748248	59.49863	114.91030	6.463110	19.1	4.660093
Nariño	22.16109	83.85610	147.88386	5.647703	81.21642	117.55815	4.604105	23.2	4.629274
Norte de Santander	38.58532	99.01863	155.61896	9.263033	66.56607	140.86199	3.896862	24.2	5.138109
Quindío	53.29877	158.25355	216.48064	6.936142	81.04334	200.60052	5.293371	10.2	7.219063

Figura 4-1.: Ejemplo de la estructura de la base de datos.

4.6. Variables de estudio

En la siguiente tabla, se presentan las variables involucradas en el estudio para cada departamento de Colombia, donde todas las variables son cuantitativas.

Variable	Etiqueta
Tasa de mortalidad por enfermedades transmisibles	Transm
Tasa de mortalidad por neoplasias	Neopl
Tasa de mortalidad por enfermedades del sistema circulatorio	Sis.Circ
Tasa de mortalidad por ciertas afecciones originadas en el periodo perinatal	Peri
Tasa de mortalidad por causas externas	Cau.Exter
Tasa de mortalidad de las todas las demás causas	Demas.Cau
Tasa de mortalidad con signos y síntomas mal definidos	Sign.Sint
Tasa bruta de mortalidad	TBM
Índice de pobreza multidimensional	IPM

Tabla 4-1.: Tabla de variables de estudio

4.7. Análisis descriptivo

Se realiza análisis del comportamiento de las 6 tasas de mortalidad según la lista de agrupación 6/67 durante el periodo 2018-2021 mediante un gráfico de líneas. Posteriormente se realiza un análisis de los 67 subgrupos de diagnósticos agrupados según la clasificación internacional de Enfermedades CIE 10, mediante gráficos de barras para identificar los subgrupos de diagnósticos de mortalidad más frecuentes durante el periodo 2018-2021. Además se realiza una representación para identificar las áreas geográficas donde la tasa de mortalidad fue mayor durante el periodo estudiado.

El análisis de correlación permite ver principalmente la asociación entre el índice de pobreza multidimensional (IPM) y las tasas de mortalidad, pudiendo así distinguir las agrupaciones de mortalidad que están más relacionadas al impacto de la pobreza.

Las asociaciones se realizan a nivel nacional, evaluando cada año por separado. Se optó por examinar el comportamiento de las tasas de mortalidad y el IPM en cada año específico, para encontrar posibles variaciones de las correlaciones en el tiempo de estudio 2018-2021.

4.8. Análisis factorial múltiple

Para el AFM se disponen de 4 tablas correspondientes a los años del periodo 2018-2021. Cada tabla abarca datos de 32 departamentos de Colombia y el Distrito Capital, Bogotá. Cada columna contiene las tasas de mortalidad según las 6 agrupaciones de muerte de la lista 6/67, el residual de signos y síntomas mal definidos, la tasa bruta de mortalidad y el IPM. Se analiza el conjunto de grupos de variables para cada año, buscando identificar semejanzas y diferencias en las configuraciones de las trayectorias de los individuos durante el periodo 2018-2021.

4.9. Análisis de agrupamiento

Con los resultados de las coordenadas globales de los individuos obtenidos en el análisis factorial múltiple por medio del algoritmo k-means el cual divide las observaciones en k grupos basándose en la media más cercana. A partir de estos resultados se procede a realizar un mapa de Colombia en el cual se identifican visualmente los departamentos a los que pertenece cada clúster. Adicionalmente se describe el patrón de mortalidad de los departamentos durante el periodo 2018 - 2021 por medio de gráficos boxplot que permitirá ver cuáles son las agrupaciones de departamentos que más se destacan en cada agrupación de mortalidad y su relación con la pobreza multidimensional.

4.10. Coeficiente silueta

Con el coeficiente silueta se pretende validar el número adecuado de agrupaciones necesarias que tengan mayor similitud entre sí, con los resultados de las coordenadas globales de los individuos obtenidos en el Análisis Factorial Múltiple.

4.11. Software

El paquete FactoMineR (Lê and Husson, 2008) ofrece los métodos de componentes principales más utilizados: Análisis de Componentes Principales (PCA), Análisis de Correspondencias (Benzècri, 1973), Análisis de Correspondencias Múltiples (Lebart, 2006) y Análisis Factorial Múltiple (Escoffier and Pages, 1992).

El paquete factoextra (Kassambara, 2017) ofrece herramientas para la visualización de resultados de análisis factorial y de agrupamiento realizados con FactoMineR y otros paquetes relacionados, como FactoClass.

Además, el paquete cluster (Maechler et al., 2019) ofrece una variedad de algoritmos de agrupamiento, incluidos k-means, agrupamiento jerárquico y DBSCAN, entre otros. Este paquete también incluye herramientas para la validación de agrupamientos, como el método de validación silhouette.

5. Resultados

5.1. Análisis descriptivo

En este análisis descriptivo de tasas de mortalidad entre 2018 y 2021, se destaca un aumento en las tasas de mortalidad por enfermedades circulatorias y transmisibles, posiblemente asociadas a la pandemia de COVID-19 y cambios en hábitos de vida. Los subgrupos de mortalidad y los gráficos geográficos ayudan a identificar patrones y regiones con tasas más altas de mortalidad.

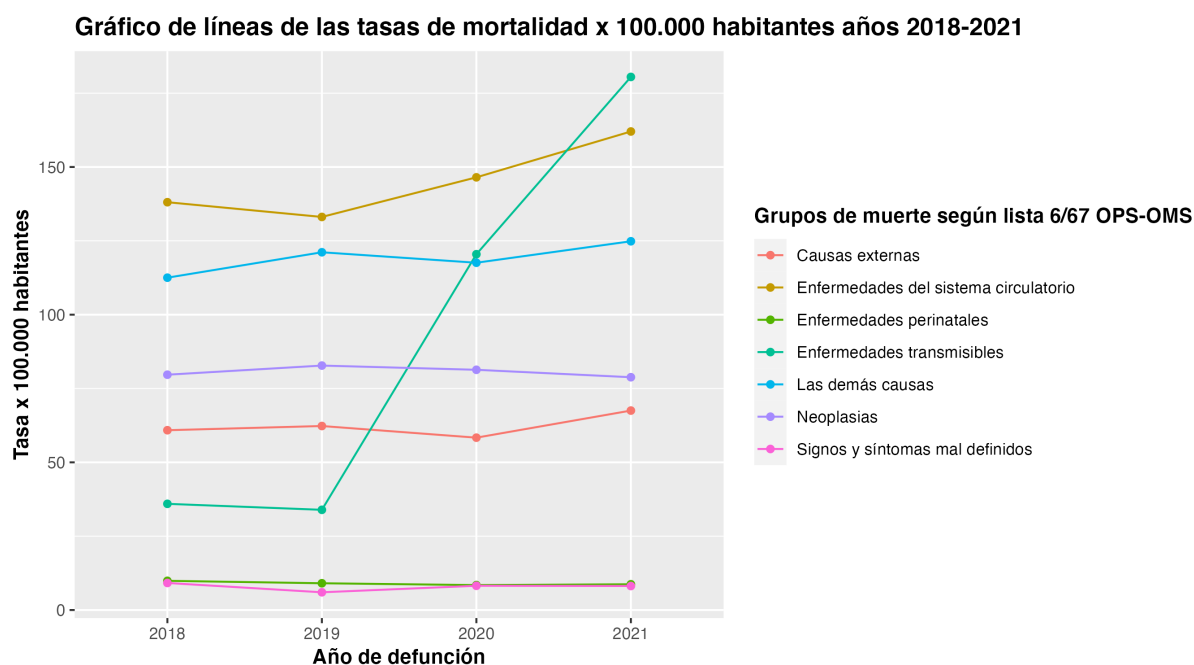


Figura 5-1.: Gráfico de líneas de las tasas de mortalidad x 100.000 habitantes

En la Figura 5-1 se observa que no hubo cambios significativos en las tasas de mortalidad para los grupos de muerte Signos y síntomas mal definidos, enfermedades perinatales y las neoplasias, siendo los dos primeros los grupos que menor tasa de mortalidad presentan durante el periodo 2018-2021. Las causas externas y las demás causas presentaron un leve incremento en las tasas de mortalidad durante el año 2021, en cuanto a las enfermedades transmisibles, a partir del año 2020 se presenta un incremento bastante alto, esto debido a la

pandemia COVID-19. A primera vista se podría inferir que el incremento de las enfermedades del sistema circulatorio también fue causa del COVID-19, debido al confinamiento para prevenir contagios, como consecuencia se incrementó el sedentarismo.

En las siguientes gráficas se puede observar mediante gráficos de barras la cantidad de muertes durante el periodo 2018-2021, según el subgrupo de causas de muerte que corresponde a la Lista 6/67 OPS-OMS para la tabulación de la mortalidad (CIE-10).

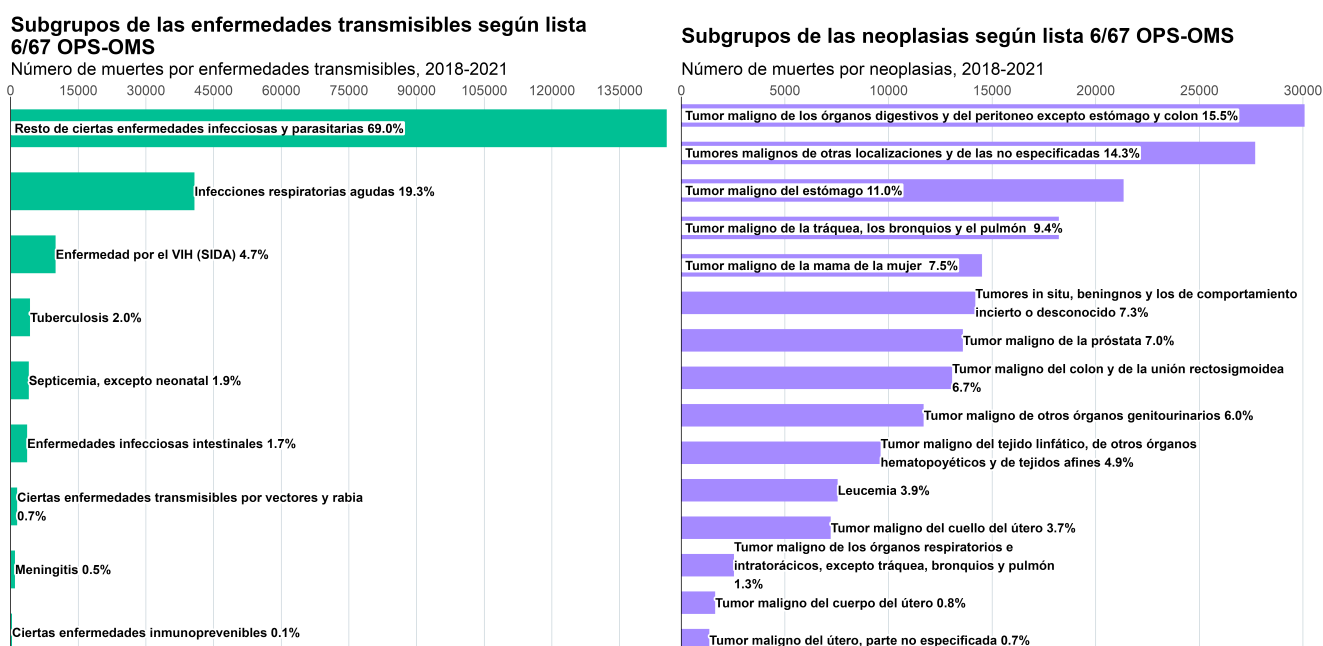


Figura 5-2.: Gráficos de barras de los subgrupos de mortalidad pertenecientes a las Enfermedades transmisibles y las Neoplasias

En la Figura 5-2 se observan los subgrupos de causas de muerte de las enfermedades transmisibles (derecha) y los subgrupos de causas de muerte de las neoplasias (izquierda). El principal subgrupo de causas de muerte para las enfermedades transmisibles son el resto de ciertas enfermedades infecciosas y parasitarias (69.0 %). Cabe destacar que en este subgrupo se encuentra agrupada la causa de muerte por COVID-19, lo que confirma que el incremento de enfermedades transmisibles durante el año 2020 se debe a esta causa. El segundo subgrupo corresponde a las infecciones respiratorias agudas (19.3 %), seguido por el VIH (SIDA) con un 4.7 %. En cuanto a los subgrupos de las neoplasias, destacan en primer lugar el tumor maligno de los órganos digestivos y del peritoneo excepto estómago y colon (15.5 %). En segundo lugar los tumores malignos de otras localizaciones y de las no especificadas (14.3 %) seguido por el tumor maligno de estómago (11.0 %).

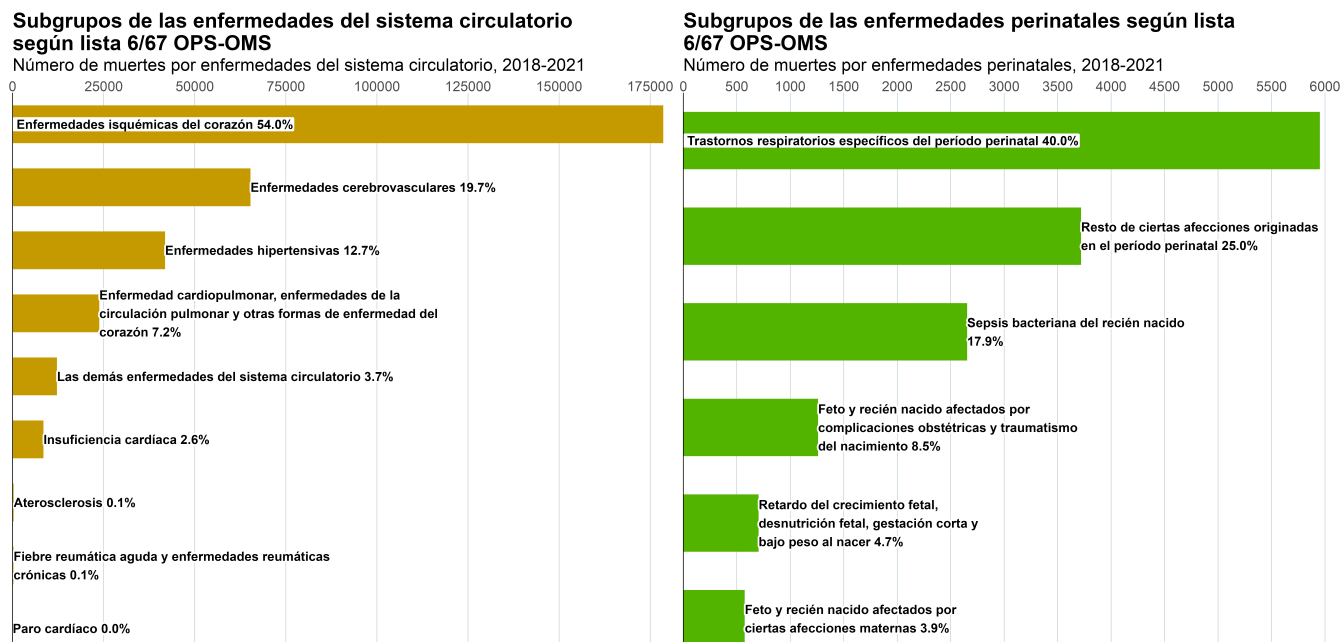


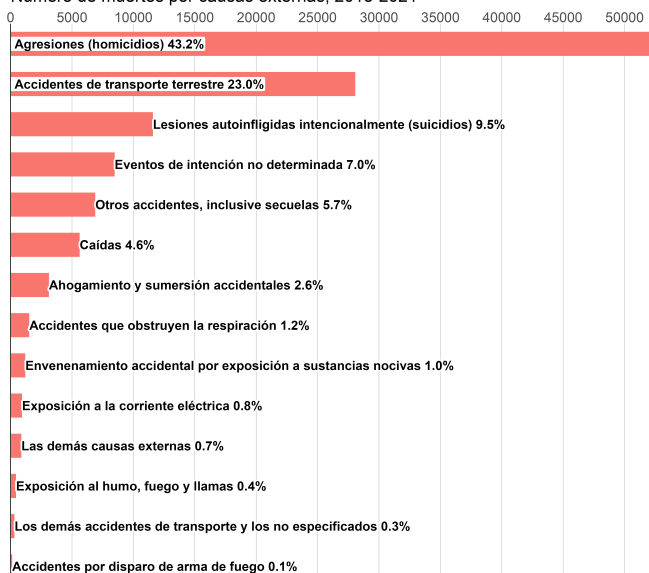
Figura 5-3.: Gráficos de barras de los subgrupos de mortalidad pertenecientes a las Enfermedades del sistema circulatorio y las Enfermedades perinatales

En la Figura 5-3 se observan los subgrupos de causas de muerte de las enfermedades del sistema circulatorio (derecha) y los subgrupos de causas de muerte de las enfermedades perinatales (izquierda). El principal subgrupo de causas de muerte para las enfermedades del sistema circulatorio son las enfermedades isquémicas del corazón (54.0 %), sugiriendo una alta prevalencia de afecciones cardíacas. El segundo subgrupo corresponde a las enfermedades cerebrovasculares (19.7 %), seguido por las enfermedades hipertensivas con un 12.7 %. En cuanto a los subgrupos de las enfermedades perinatales, destacan en primer lugar los trastornos respiratorios específicos del periodo perinatal (40.0 %). En segundo lugar el resto de ciertas afecciones originadas en el periodo perinatal (25.0 %) seguido por la sepsis bacteriana del recién nacido (17.9 %).

En la Figura 5-4 se observan los subgrupos de causas de muerte de las causas externas (derecha) y los subgrupos de causas de muerte de las demás causas (izquierda). El principal subgrupo de causas de muerte para las causas externas son las agresiones (homicidios) (43.2 %). El segundo subgrupo corresponde a los accidentes de transporte terrestre (23.0 %), seguido por las lesiones autoinfligidas intencionalmente (suicidios) con un 9.5 %. En cuanto a los subgrupos de las demás causas, destacan en primer lugar las enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores (21.6 %). En segundo lugar la diabetes mellitus (14.1 %) seguido por el resto de enfermedades del sistema digestivo (11.6 %).

Subgrupos de las causas externas según lista 6/67 OPS-OMS

Número de muertes por causas externas, 2018-2021



Subgrupos de las demás causas según lista 6/67 OPS-OMS

Número de muertes de las demás causas, 2018-2021

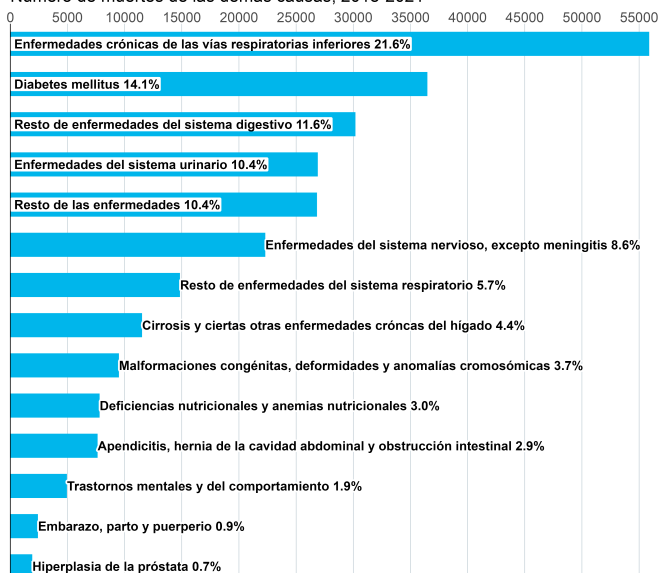


Figura 5-4.: Gráficos de barras de los subgrupos de mortalidad pertenecientes a las Causas externas y las demás causas

Subgrupos según lista de causas de mortalidad 6/67 OPS-OMS

Número de muertes, 2018-2021

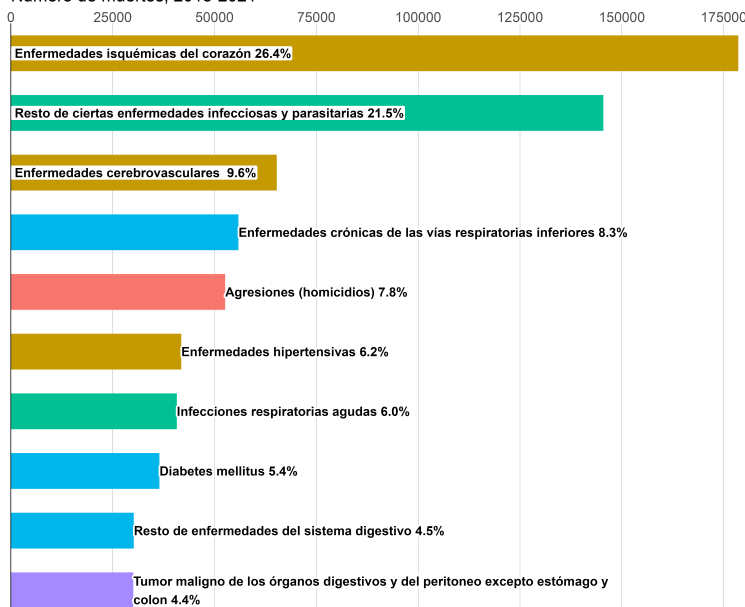


Figura 5-5.: Gráficos de barras de los 10 primeros subgrupos de mortalidad según la lista 6/67 de la OPS

En la Figura 5-5 se observan los 10 primeros subgrupos de causas de muerte durante el periodo 2018-2021, según el subgrupo de causas de muerte que corresponde a la Lista 6/67 OPS-OMS para la tabulación de la mortalidad (CIE-10). En primer lugar se ubican las enfermedades isquémicas del corazón (26.4 %). En segundo lugar el resto de ciertas enfermedades infecciosas y parasitarias (21.5 %), y en tercer lugar se ubican las enfermedades cerebrovasculares (9.6 %). Estos resultados indican que las enfermedades del sistema circulatorio fueron la principal causa de muerte durante el período estudiado, destacando la importancia de abordar estas enfermedades como prioridad de salud pública en Colombia.

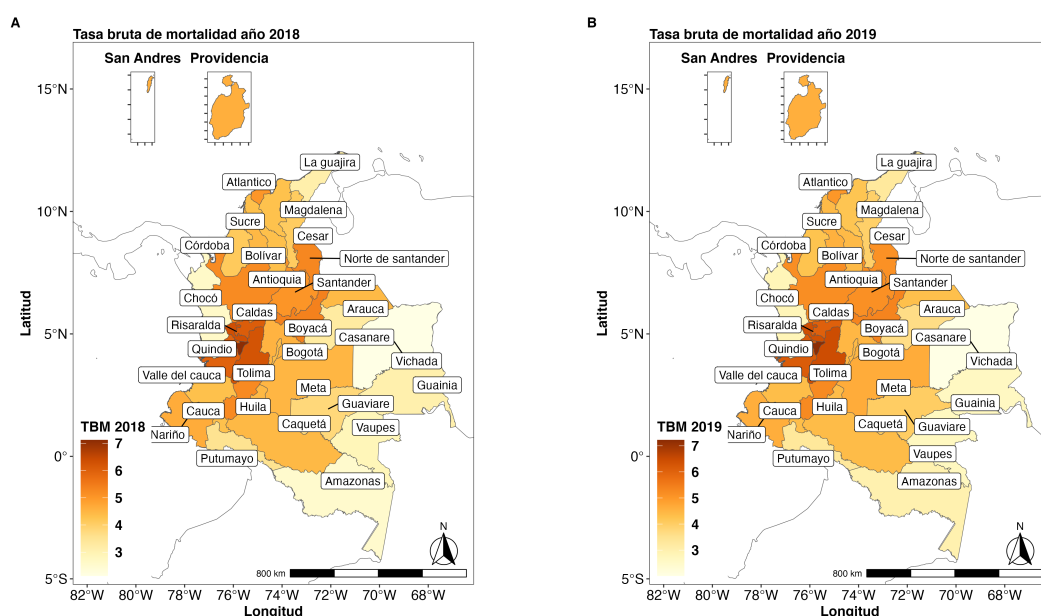


Figura 5-6.: Gráficos de la distribución de la tasa bruta de mortalidad años 2018-2019

En la Figura 5-6 se observa que durante los años 2018 (Gráfico A) al 2019 (Gráfico B), la tasa bruta de mortalidad (TBM) es mayor en la zona central donde están ubicados los departamentos como Caldas, Tolima y Quindío, este último destacando más que los otros departamentos. Esta tendencia puede estar influenciada por factores socioeconómicos y de salud característicos de esta región. La alta densidad poblacional y urbanización en esta área central podría explicar esta concentración de muertes, ya que las regiones densamente pobladas suelen tener mayores tasas de mortalidad debido a una mayor exposición a factores de riesgo y enfermedades crónicas, así como estilos de vida sedentarios y contaminación ambiental. Los departamentos con menor tasa bruta de mortalidad durante los años 2018-2019 son Chocó, Vichada, Amazonas y Vaupés.

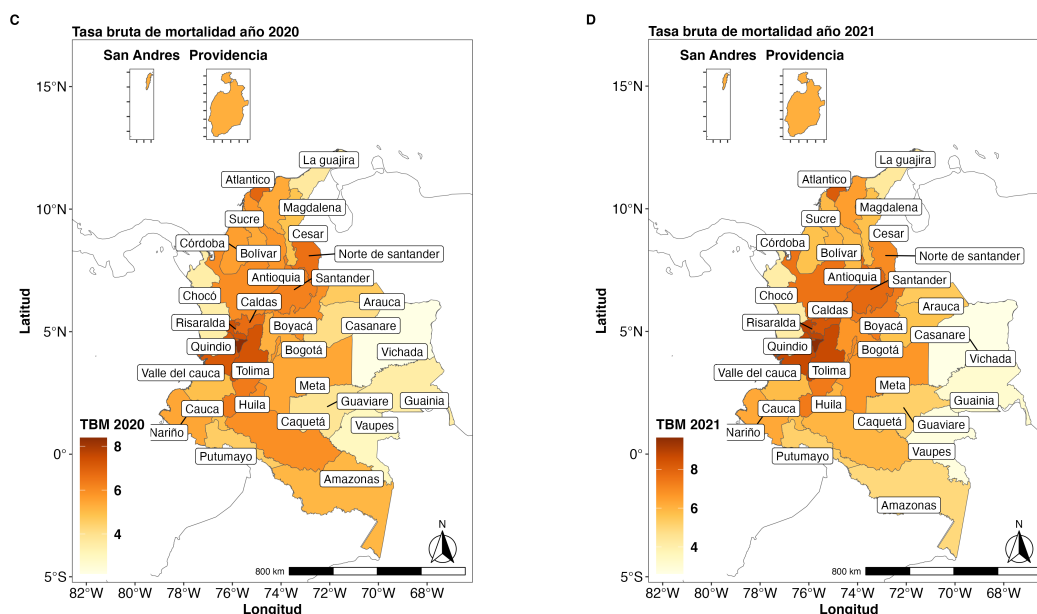


Figura 5-7.: Gráficos de la distribución de la tasa bruta de mortalidad años 2020-2021

En la Figura 5-7 se observa que durante los años 2020 (Gráfico C) al 2021 (Gráfico D), la tasa bruta de mortalidad (TBM) sigue siendo mayor en la zona central, sin embargo durante el año 2020 aumento la tasa bruta de mortalidad en los departamentos del Amazonas, Putumayo y Caquetá, pero volvió a disminuir en el año 2021. Se destaca que el departamento de Vichada aparentemente no tuvo cambios en la tasa bruta de mortalidad durante el periodo 2018-2021 y siempre se mantuvo con una baja tasa bruta de mortalidad en comparación con el resto de departamentos. Este cambio repentino seguido de una disminución puede sugerir la presencia de eventos o condiciones específicas en estos departamentos durante 2020 que contribuyeron temporalmente a un aumento en la mortalidad, seguido posiblemente por una mejora en las condiciones de salud o la respuesta sanitaria en el año siguiente.

5.2. Análisis de correlación

En las siguientes visualizaciones, los cuadros coloreados representan la correlación entre variables. Un color rojo intenso sugiere una fuerte correlación negativa, donde una variable aumenta mientras la otra disminuye, y viceversa. Un tono azul oscuro indica una fuerte correlación positiva, donde ambas variables aumentan juntas. Si no hay correlación, el cuadro se muestra en blanco.

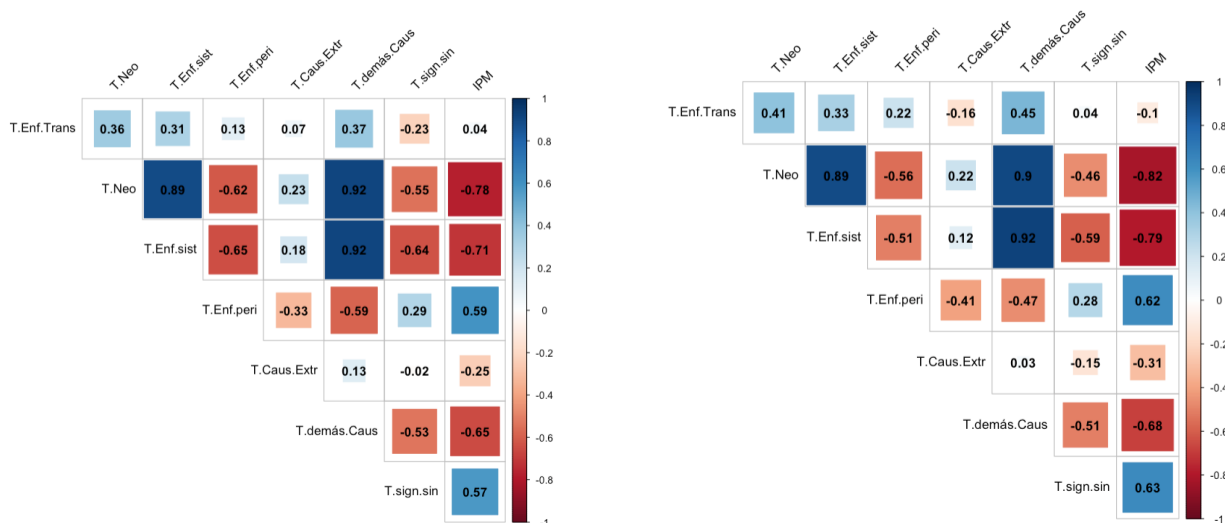


Figura 5-8.: Gráficas de correlación Pearson para los años 2018 (izquierda) y 2019 (derecha)

Se destaca que las variables Peri (Tasa de mortalidad de enfermedades perinatales), Sign.Sin (Tasa de mortalidad de signos y síntomas mal definidos) y el IPM (Índice de pobreza multidimensional), se encuentran negativamente correlacionadas con las variables Neopl (Tasa de mortalidad por neoplasias), Sis.Circ (Enfermedades del sistema circulatorio) y Demas.Cau (Tasa de mortalidad por las demás causas). Es decir a mayor tasa de mortalidad de enfermedades del sistema circulatorio, neoplasias, y demás causas, hay menor tasa de mortalidad por enfermedades perinatales y el residual signos y síntomas mal definidos también se reduce. Esto sugiere que las agrupaciones de causas de muerte más comunes en los departamentos con un alto índice de pobreza multidimensional son las enfermedades perinatales y el residual de los signos y síntomas mal definidos, evidenciando así la precaria condición y acceso de salud de calidad, a falta de infraestructura e insumos médicos para poder diagnosticar y tratar a tiempo las enfermedades.

Se observa que a medida que aumenta el IPM, las variables Sis.Circ (Sistema circulatorio), Demas.Cau (Las demás causas) y Neopl (Neoplasias) disminuyen. Es decir en los departamentos con un bajo índice de pobreza, se tienen altas tasas de mortalidad en enfermedades del sistema circulatorio, neoplasias y las demás causas, donde esta última agrupación como vimos en la Figura 5-4, prevalecen enfermedades en las vías respiratorias inferiores, diabetes mellitus, enfermedades del sistema digestivo, entre otras. Enfermedades que están muchas veces asociadas a una mayor esperanza de vida y por lo tanto mejor calidad de vida, confirmando lo descrito por McKeown (1990), donde clasifica muchas de estas enfermedades, como enfermedades asociadas con la “riqueza”.

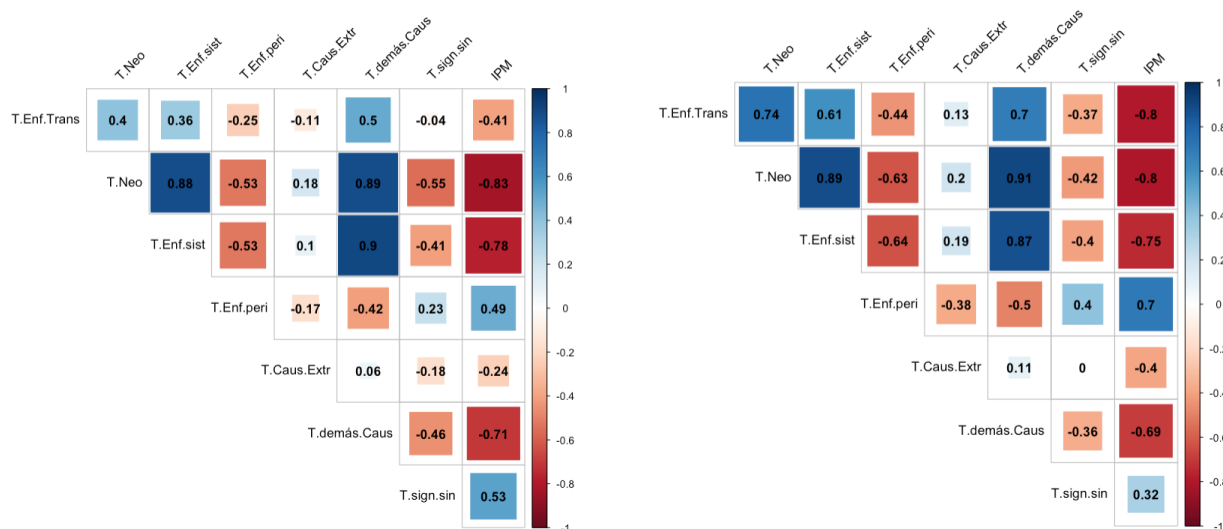


Figura 5-9.: Gráficas de correlación Pearson para los años 2020 (izquierda) y 2021 (derecha)

En cuanto a las enfermedades transmisibles durante los años 2018 y 2019 no se encontró ninguna correlación significativa con el IPM (índice de pobreza multidimensional), sin embargo durante el año 2020 se observó una correlación negativa moderada y durante el año 2021 una fuerte correlación negativa fuerte, esto sugiere que los departamentos que más sufrieron el impacto del COVID-19 son aquellos donde se tiene un bajo índice de pobreza multidimensional (IPM). Esto podría deberse a que las regiones con mayor densidad de población y más movilidad podrían haber experimentado una propagación más rápida. A su vez la tasa de mortalidad por enfermedades transmisibles pasaron de estar levemente correlacionadas positivamente a fuertemente correlacionadas positivamente con las variables Sis.Circ (Tasa de mortalidad de enfermedades del sistema circulatorio), Demas.Cau (Tasa de mortalidad por las demás causas) y Neopl (Tasa de mortalidad por neoplasias), lo que podría ser consecuencia del sedentarismo debido al confinamiento durante el 2020-2021.

Respecto a la tasa bruta de mortalidad (TBM), se observa que durante el periodo 2018-2021 estuvo fuertemente correlacionada positivamente con las tasas de mortalidad por neoplasias, enfermedades del sistema circulatorio y las demás causas, es decir a medida que aumentan las tasas de mortalidad por neoplasias, enfermedades del sistema circulatorio y las demás causas, aumenta la tasa bruta de mortalidad, esto sugiere que las causas de mortalidad más frecuentes en el país se encuentran en estas agrupaciones de muerte. A partir del año 2020 las enfermedades transmisibles también pasaron a estar fuertemente correlacionadas con la tasa bruta de mortalidad, es decir pasó a ser una agrupación frecuente de muerte, debido a la pandemia COVID-19.

5.3. Análisis Factorial Múltiple

En esta sección, se presentan los resultados del Análisis Factorial Múltiple (AFM) realizado sobre cuatro tablas correspondientes a los años 2018-2021, cada una conteniendo datos de 32 departamentos y un Distrito Capital en Colombia. Estas tablas incluyen tasas de mortalidad según seis agrupaciones de muerte, el residual de signos y síntomas mal definidos, la tasa bruta de mortalidad y el IPM. El análisis se enfoca en identificar similitudes y diferencias en las configuraciones de las trayectorias de los individuos a lo largo del periodo estudiado.

Tabla 5-1.: Inercia por componente del análisis global del AFM

	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5	Dim.6
Varianza	3.92	0.85	0.45	0.31	0.29	0.24
% de Var	59.66	12.87	6.84	4.79	4.44	3.69
% de Var. Acumulado	59.66	72.53	79.37	84.15	88.60	92.29

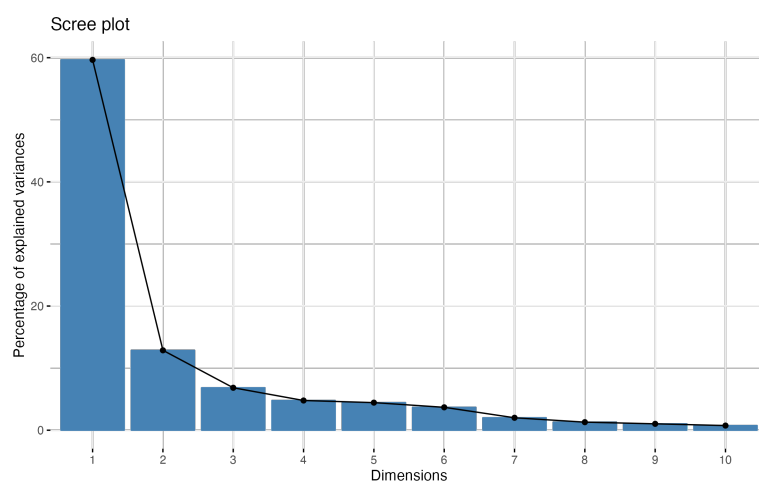


Figura 5-10.: Histograma de Valores Propios

En la Figura 5-10, se observa el histograma de valores propios, donde el eje horizontal corresponde a las dimensiones y el eje vertical corresponde al porcentaje de varianza explicada para cada dimensión. Se observa que tan solo la primera dimensión explica casi el 60 % de la variabilidad total, lo cual es una buena señal en cuanto a la representación de los datos. En la Tabla 5-1 se confirma que la primera dimensión tiene 59.66 %, la segunda dimensión tiene 12.87 % y la tercera dimensión 6.84 %. Con los tres primeros ejes factoriales se logra capturar un 79.37 % de la inercia total. Por lo tanto se puede concluir que lograra una representación adecuada de la información.

Tabla 5-2.: Coeficientes Rv

	2018	2019	2020	2021	MFA
2018	1.00	0.93	0.88	0.90	0.96
2019	0.93	1.00	0.91	0.93	0.97
2020	0.88	0.91	1.00	0.94	0.96
2021	0.90	0.93	0.94	1.00	0.97
MFA	0.96	0.97	0.96	0.97	1.00

En la Tabla 5-2 se presentan los coeficientes RV para los años 2018, 2019, 2020 y 2021. Los coeficientes RV son consistentemente altos y similares entre sí a lo largo de los años, lo que sugiere una asociación sólida y equilibrada entre los grupos. Es destacable que el año 2020 muestra una correlación particularmente alta de 0.94 con el año 2021, lo que indica una continuidad en los patrones, posiblemente influenciada por la pandemia COVID-19.

Tabla 5-3.: Descomposición de la Inercia

	Coordenadas			Contribuciones			Coseno2		
	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.1	Dim.2	Dim.3
2018	0.97	0.20	0.17	24.70	23.99	38.02	0.85	0.04	0.03
2019	0.99	0.27	0.12	25.25	31.85	27.70	0.87	0.06	0.01
2020	0.98	0.20	0.09	24.92	23.70	19.18	0.86	0.04	0.01
2021	0.99	0.17	0.07	25.14	20.46	15.10	0.91	0.03	0.00

La Tabla 5-3 presenta las coordenadas de los grupos, los cosenos cuadrados que reflejan la calidad de representación en el mapa de factores, y las contribuciones a las dimensiones. Se observa que la primera dimensión recoge eficazmente las asociaciones entre los grupos, ya que las coordenadas están cercanas a 1 y los cosenos cuadrados también se aproximan a este valor, lo que sugiere una buena calidad de representación en el mapa de factores. Además, los grupos contribuyen equitativamente al primer eje factorial, con los años 2018 (24.69 %), 2019 (25.24 %), 2020 (24.92 %) y 2021 (25.13 %). Esto indica que todos los años han contribuido de manera similar a la construcción de los ejes, sin que se observe una dominancia de un periodo en particular. Esta observación respalda la consistencia en las asociaciones entre los grupos y refuerza la interpretación de que no hay un periodo que sobresalga significativamente en términos de influencia en las dimensiones del análisis factorial múltiple.

La Figura 5-11 muestra que los cuatro grupos de años tienen una buena representación en el primer eje (dimensión 1), contribuyendo de manera similar, ya que están cercanos a 1. En el segundo eje (dimensión 2), los años 2019 y 2020 formaron un cluster, indicando un comportamiento de tasas de mortalidad y IPM poco cambiante durante ese período. El eje horizontal (dimensión 1) explica la mayoría de la variabilidad (59.7 %), mientras que

el eje vertical (dimensión 2) explica una parte menor (12.9%). En conjunto, estos dos ejes capturan alrededor del 72.6 % de la información total. La dimensión 1 es crucial para entender las diferencias entre los años en términos de tasas de mortalidad y IPM. La dimensión 2 indica que los años 2019 y 2020 tuvieron condiciones socioeconómicas y de salud similares en comparación con los otros años.

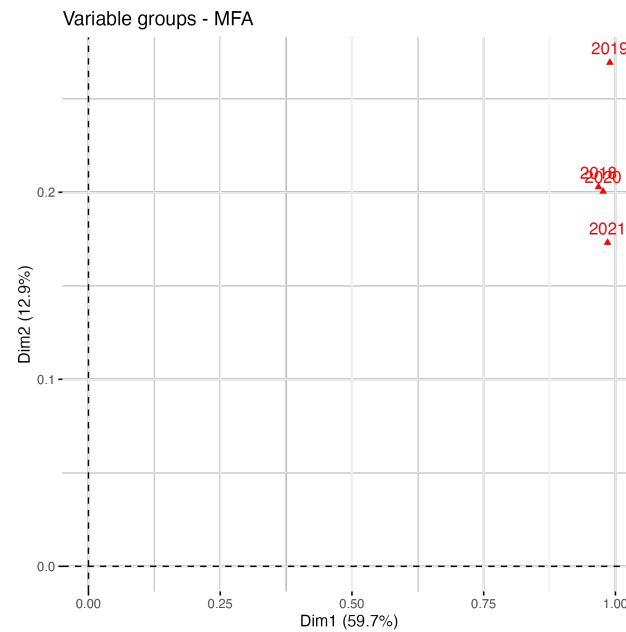


Figura 5-11.: Representación de los Grupos

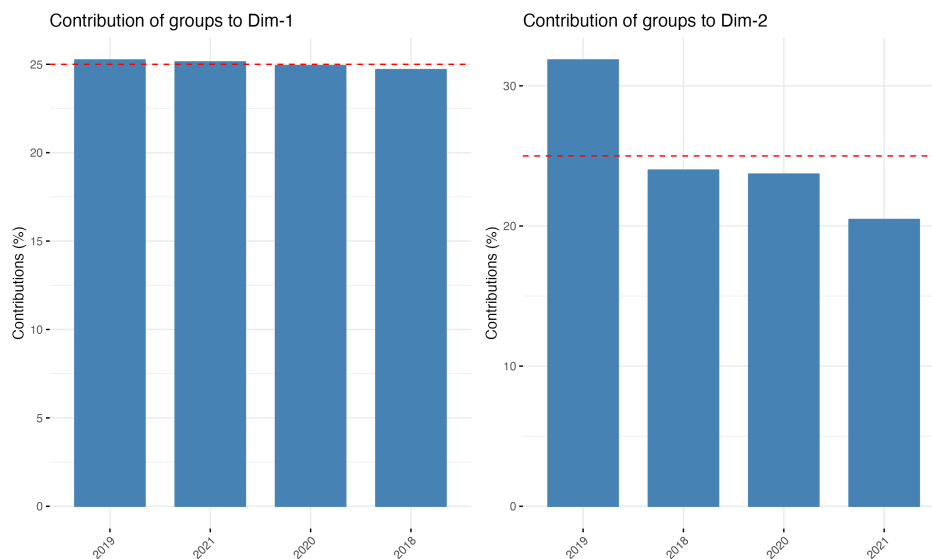


Figura 5-12.: Contribución de los años a la primera y segunda dimensión

La Figura 5-12 indica que los cuatro años contribuyeron de manera similar en la primera dimensión, sugiriendo una consistencia en las variables analizadas. Sin embargo, el año 2019 destacó significativamente en la segunda dimensión, superando el umbral del 25 %. Esto sugiere que el año 2019 experimentó cambios más notables en las variables estudiadas en comparación con los otros años. Por otro lado, el año 2021 mostró la menor contribución en la segunda dimensión, indicando una estabilidad o menor variabilidad en las variables durante ese período.

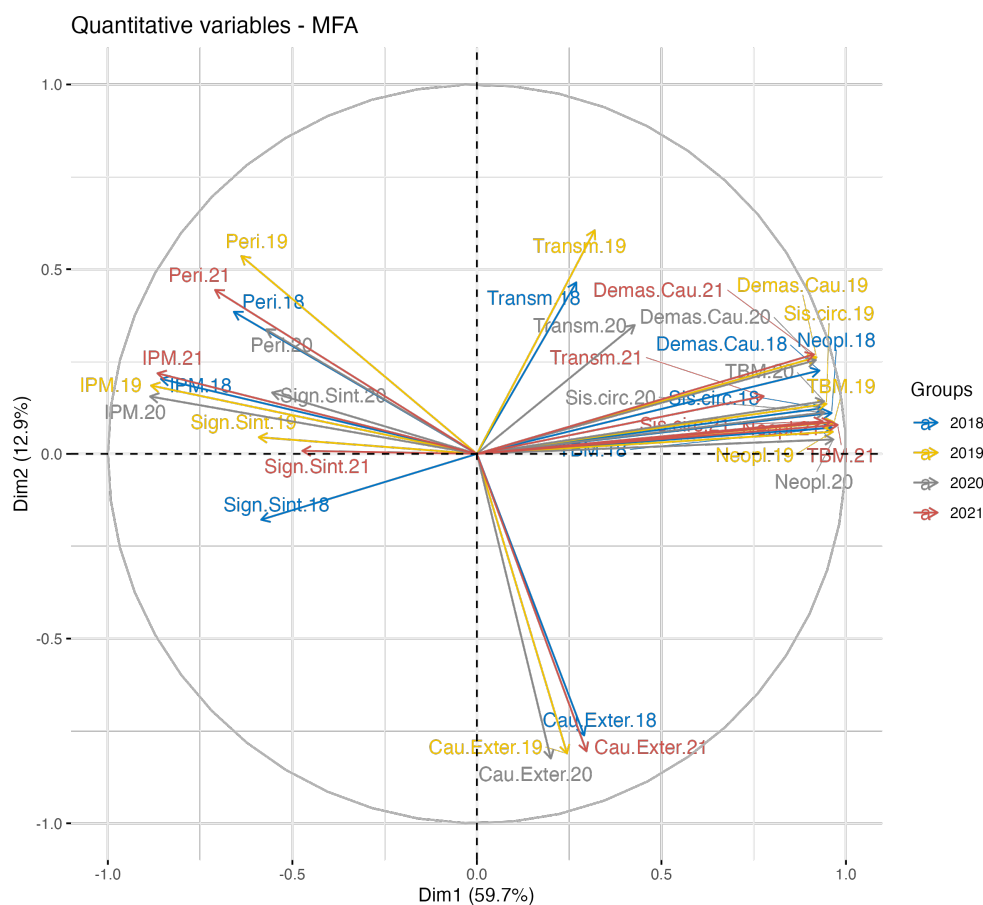


Figura 5-13.: Círculo de Correlación Dimensión 1-2

En la Figura 5-13 el primer eje podría medir el grado de desarrollo de un departamento y su relación con las tasas de mortalidad. La relación con el IPM (Índice de pobreza multidimensional) es directa con la tasa de mortalidad por enfermedades perinatales (T.Enf.Peri) y con la tasa de mortalidad por signos y síntomas mal definidos (T.sing.sin), es decir, indicarían un menor desarrollo departamental y a su vez una mayor tasa de mortalidad por las causas de

mortalidad antes mencionadas, esto se debe a la poca implementación de políticas públicas efectivas en estos departamentos, lo que podría traducir a una falta de insumos médicos y calidad en los servicios médicos.

Por otro lado existe una relación inversa entre el IPM (Índice de pobreza multidimensional) y las tasas de mortalidad por todas las demás causas, neoplasias y enfermedades del sistema circulatorio. Es decir entre mayor desarrollo departamental, menor IPM (Índice de pobreza multidimensional) y mayores tasa de mortalidad por la causas antes mencionadas. Esto confirma lo propuesto por Omran (1998) quien dedujo que estas eran enfermedades más comunes en regiones más desarrolladas y lo expuesto por McKeown (1990) quien afirmó que eran enfermedades asociadas a la “riqueza”. Sin embargo, es importante aclarar que esta asociación no implica causalidad directa. La relación puede deberse a una mayor precisión en el diagnóstico de estas enfermedades en departamentos más desarrollados, lo que puede resultar en un aumento aparente en las tasas de mortalidad. Además, la relación con la longevidad es un factor a considerar; una población con una mayor esperanza de vida puede experimentar un aumento en las enfermedades típicas de la vejez, como cáncer y enfermedades circulatorias.

Se observa una asociación significativa entre la tasa de mortalidad por enfermedades transmisibles y el año 2021, particularmente en los departamentos con menor índice de pobreza multidimensional, lo que sugiere un aumento marcado en estos casos durante ese periodo en particular, especialmente en regiones con un mayor desarrollo socioeconómico. Este aumento podría estar relacionado con factores como una mayor densidad de población, interacciones sociales más frecuentes y, posiblemente, una infraestructura de salud más avanzada que permita una mejor detección y reporte de casos. Por otro lado, se encuentra una asociación inversa entre la tasa bruta de mortalidad y el índice de pobreza, lo que indica que los departamentos más desarrollados tienden a tener una mayor tasa de mortalidad general. En cuanto al segundo eje, se observa una asociación predominante con la tasa de mortalidad por causas externas y enfermedades transmisibles, aunque esta tendencia no se sostiene para el año 2021. En este sentido, se sugiere resumir la asociación del segundo eje con la accidentalidad y la violencia.

La Figura 5-14 muestra las contribuciones de las variables a la dimensión 1 (izquierda) y dimensión 2 (derecha) respectivamente. Las variables que más contribuyen en la primera dimensión incluyen las tasas de mortalidad por neoplasias, enfermedades del sistema circulatorio, las demás causas, la tasa bruta de mortalidad y el Índice de Pobreza Multidimensional (IPM). Esto sugiere que la variación en estas variables está estrechamente asociada con la variabilidad general en los datos. Por otro lado, en la segunda dimensión, las variables que más contribuyen son la tasa de mortalidad por causas externas, enfermedades transmisibles y enfermedades perinatales. Específicamente, la tasa de mortalidad por causas externas es

la variable más influyente en esta dimensión, lo que indica que la variabilidad asociada con esta variable es un factor importante en la variabilidad general del análisis factorial múltiple (AFM).

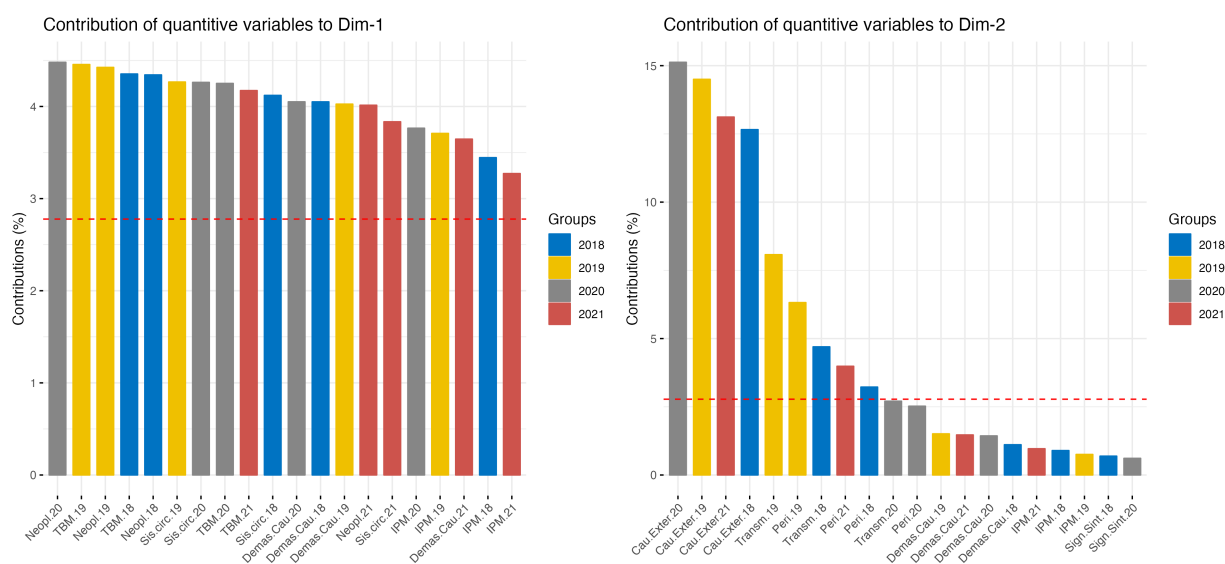
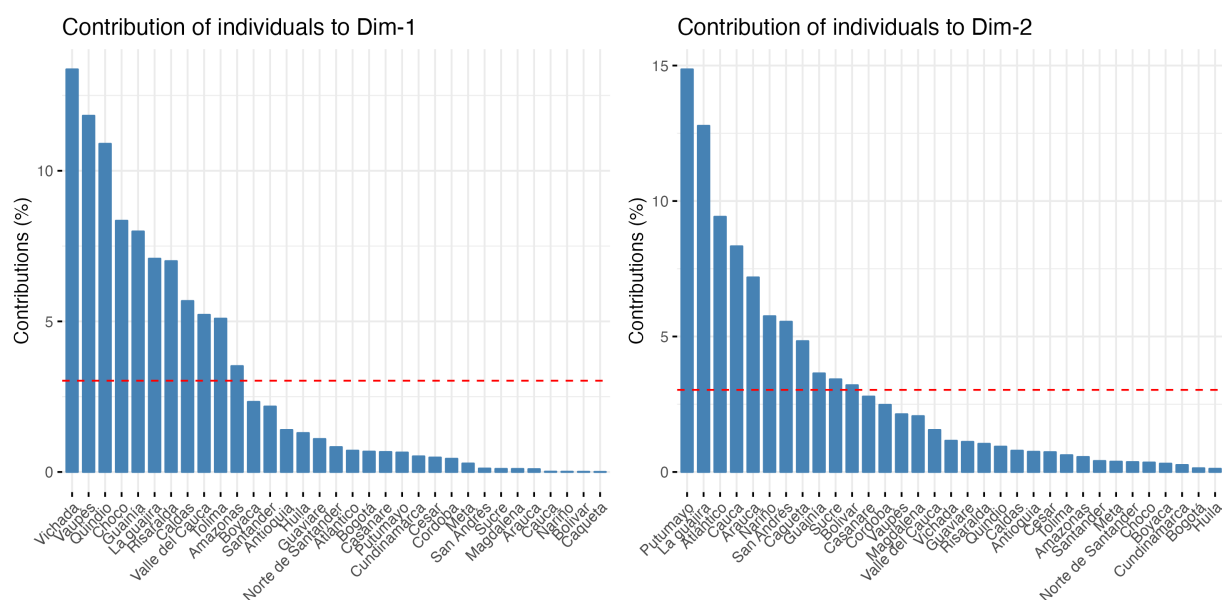


Figura 5-14.: La contribución de las variables cuantitativas primera y segunda dimensión (en %)



El análisis de las contribuciones de las variables a las dimensiones del análisis factorial múltiple (AFM) en el Gráfico 5-14 y la evaluación de las contribuciones de los departamentos en el Gráfico 5-15 resaltan patrones distintivos en la salud y los factores socioeconómicos a nivel regional. En la primera dimensión del AFM, donde se destacan variables como las tasas de mortalidad por neoplasias, enfermedades del sistema circulatorio, demás causas, tasa bruta de mortalidad e Índice de Pobreza Multidimensional (IPM) (Gráfico 5-14), los departamentos que más contribuyen son Vichada, Vaupés, Quindío y Chocó. Mientras tanto, en la segunda dimensión (Gráfico 5-14), donde resaltan variables como la tasa de mortalidad por causas externas, enfermedades transmisibles y enfermedades perinatales, los departamentos más influyentes son Putumayo, La Guajira y Atlántico (Gráfico 5-15). Estos hallazgos subrayan la necesidad de políticas de salud pública y desarrollo socioeconómico adaptadas a cada región, enfocándose en los departamentos identificados como prioritarios en estas dimensiones.

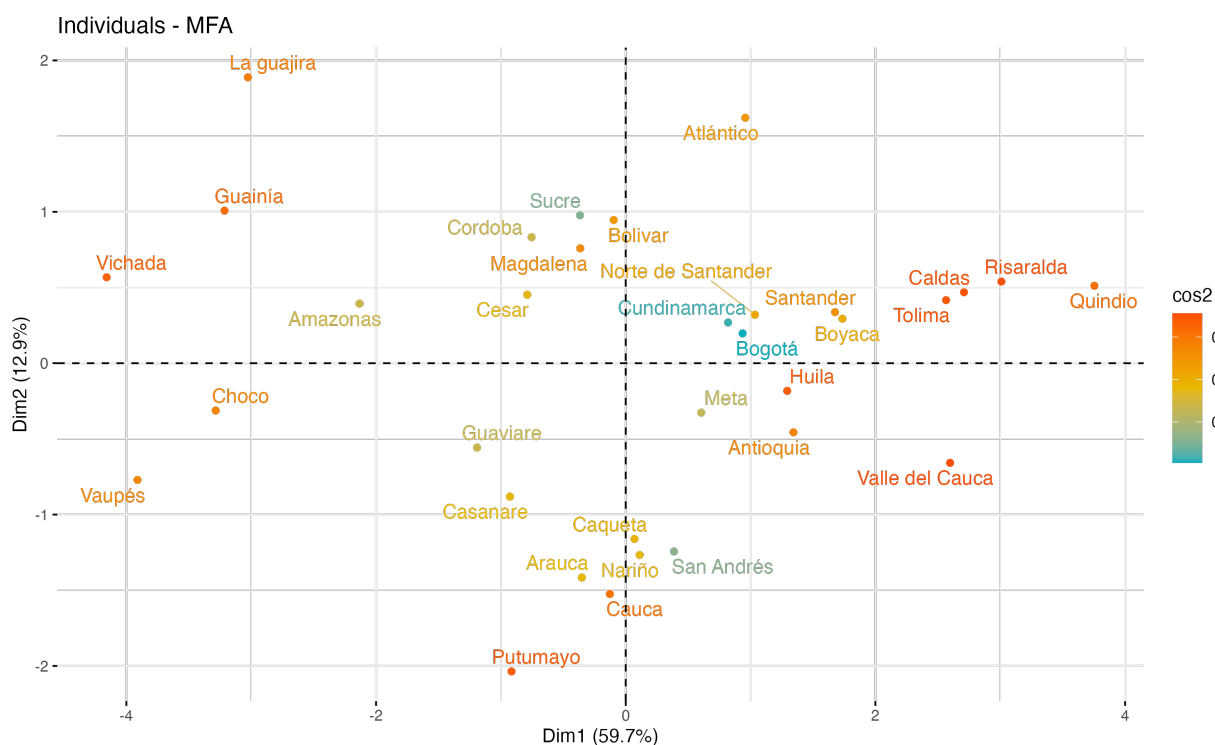


Figura 5-16.: Representación de los individuos en el primer plano factorial

Los cosenos cuadrados ($\cos^2$) en la figura 5-16 indican la calidad de la representación de cada individuo en el plano factorial. Estos valores revelan cuánta varianza de los datos originales se explica por la proyección de cada individuo en el plano factorial, mostrando su contribución a la estructura general del análisis. Departamentos como Quindío, Risaralda, Caldas, Tolima, Valle del Cauca y Huila están asociados inversamente con un bajo índice de pobreza multidimensional, indicando mayor desarrollo y altas tasas de mortalidad, especialmente por

enfermedades circulatorias, neoplasias y demás causas. En contraste, departamentos como Vichada, Guainía, La Guajira, Chocó y Vaupés están directamente vinculados con el índice de pobreza multidimensional, reflejando menor desarrollo. Además, departamentos como Putumayo y Cauca destacan en el eje relacionado con la accidentalidad y la violencia, mostrando una conexión directa con tasas de mortalidad por causas externas y muertes violentas, lo que subraya la importancia de abordar problemas de seguridad y prevención de accidentes en estas áreas.

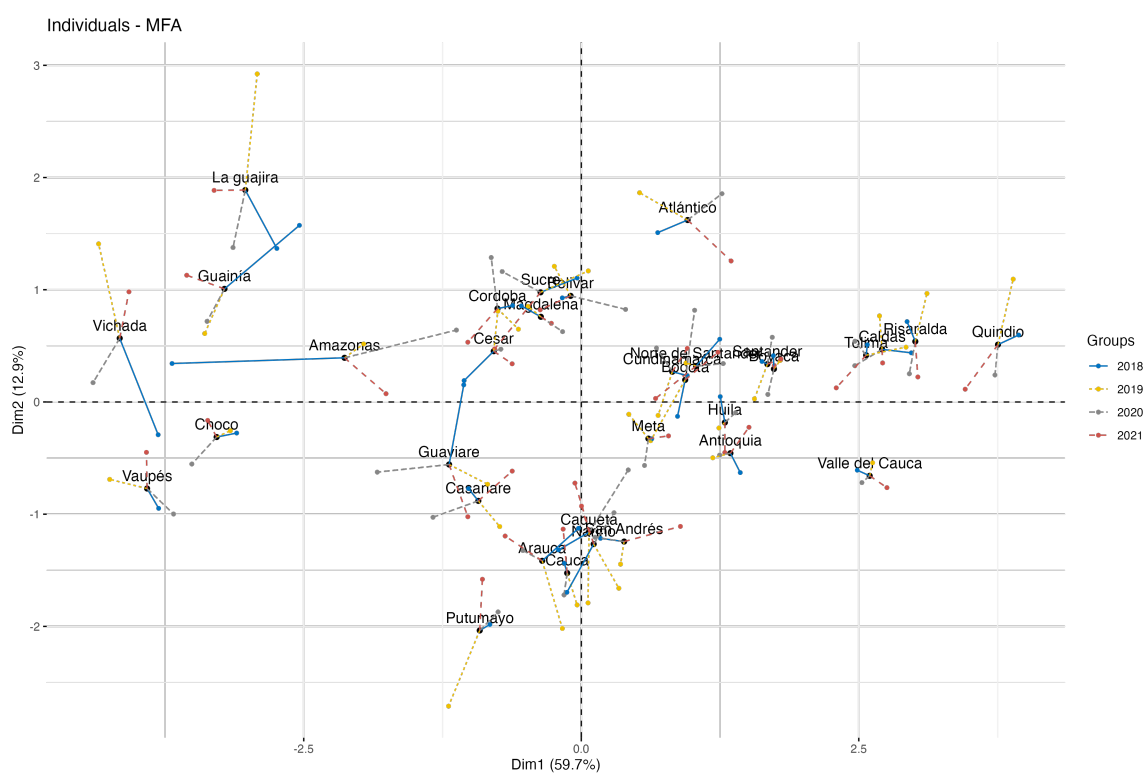


Figura 5-17.: Representación superpuesta entre grupos e individuos

En la Figura 5-17 se representan las coordenadas de los departamentos en el primer plano factorial (ejes X y Y). El eje Y, o segundo eje factorial, se caracteriza por las contribuciones de variables como las tasas de mortalidad por causas externas, enfermedades perinatales y enfermedades transmisibles, como se observa en la Figura 5-14. Por otro lado, el eje X, o primer eje factorial, está definido por variables como las tasas de mortalidad por neoplasias, la tasa bruta de mortalidad, enfermedades del sistema circulatorio, otras causas y el Índice de Pobreza Multidimensional (IPM), también conforme a la Figura 5-14. Si una trayectoria se aleja del origen, sugiere un aumento en las variables que definen esos ejes, mientras que si se acerca, indica una disminución en dichas variables para los departamentos correspondientes.

En general, se observa una tendencia similar entre los departamentos durante el periodo 2018-2021, ya que la mayoría no se aleja significativamente del centroide. Sin embargo, se destacan las trayectorias de La Guajira, La Guainía, Amazonas y Vichada, ya que tienden a distanciarse del centroide. Por otro lado, departamentos como Huila, Meta, Antioquia y Valle del Cauca muestran un comportamiento similar a lo largo del periodo estudiado, permaneciendo relativamente cerca del centroide.

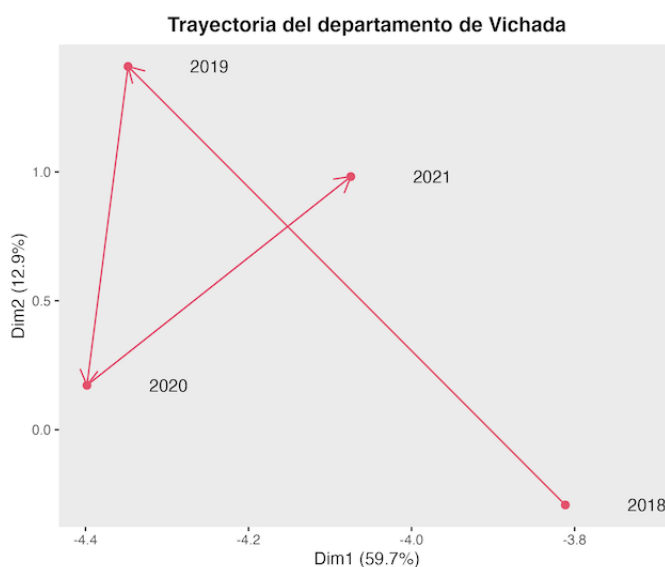


Figura 5-18.: Trayectoria del departamento de Vichada

Tabla 5-4.: Tabla de tasas de mortalidad y el IPM para el departamento de Vichada

	2018	2019	2020	2021
T.Enf.Trans	17.62	35.26	39.93	56.65
Neopl	22.26	21.7	23.44	18.6
Sis.circ	54.73	28.03	39.9	69.33
Peri	11.13	14.46	12.15	13.53
Cau.Exter	36.17	27.13	33.85	32.13
Demas.Cau	55.65	63.29	60.76	68.49
Sign.Sint	15.76	11.75	8.68	3.38
IPM	63.5	72.2	75.6	64.8
TBM	2.13	2.02	2.19	2.62

En la trayectoria del departamento de Vichada representada en la Figura 5-18, se puede observar un desplazamiento hacia arriba a lo largo del eje vertical, entre los años 2018 y 2019. Este movimiento está asociado al segundo eje factorial, el cual se caracteriza principalmente por la tasa de mortalidad por enfermedades transmisibles, como se evidencia en el círculo de correlaciones (Figura 5-13). Al analizar la Tabla 5-4, se nota un incremento en la tasa

de mortalidad por enfermedades transmisibles, pasando de 17.62 a 35.26. Por lo tanto, se atribuye principalmente a este aumento en la tasa de mortalidad por enfermedades transmisibles el desplazamiento observado en la trayectoria a lo largo del segundo eje factorial durante este período.

Respecto al eje horizontal, se observa un desplazamiento significativo hacia la izquierda, asociado al primer eje factorial, entre los mismos años. Este eje se caracteriza principalmente por la tasa de mortalidad por enfermedades del sistema circulatorio. La disminución de esta tasa, como se muestra en la Tabla 5-4 (de 54.73 a 28.03), sugiere que este movimiento está principalmente relacionado con la reducción de la tasa de mortalidad debido a enfermedades del sistema circulatorio, posiblemente gracias a la implementación efectiva de políticas públicas.

Entre 2019 y 2020, la dirección de la flecha de la trayectoria cambia hacia abajo, en dirección al segundo eje factorial, que se destaca por la tasa de mortalidad por enfermedades transmisibles y causas externas. Al examinar las tablas de tasas de mortalidad para los años 2019 y 2020 en la Tabla 5-4, se observa un aumento en la tasa de mortalidad por causas externas, de 27.13 a 33.85. Por lo tanto, este cambio en la trayectoria se atribuye al incremento en la tasa de mortalidad por causas externas durante este período.

En el periodo de 2020 a 2021, la flecha de la trayectoria vuelve a cambiar hacia arriba, en dirección al segundo eje factorial, caracterizado por la tasa de mortalidad por enfermedades transmisibles. Nuevamente, al revisar las tablas de tasas de mortalidad para los años 2020 y 2021 en el anexo B, se encuentra un aumento en la tasa de mortalidad por enfermedades transmisibles, de 39.93 a 56.65. Por lo tanto, este movimiento en la trayectoria se atribuye al aumento en la tasa de mortalidad por enfermedades transmisibles durante este período. En cuanto al eje horizontal, se observa un desplazamiento significativo hacia la derecha, asociado al primer eje factorial, entre estos mismos años. Este desplazamiento se caracteriza por un aumento en la tasa de mortalidad por enfermedades del sistema circulatorio, como se refleja en la Tabla 5-4 (de 39.9 a 69.33). Por lo tanto, se atribuye este movimiento principalmente a un incremento en la tasa de mortalidad por enfermedades del sistema circulatorio, posiblemente como resultado de políticas públicas menos efectivas o cambios en otros factores.

En la trayectoria del departamento de Guainía en la Figura 5-19, se observa un movimiento hacia abajo en el eje vertical durante el periodo 2018-2019, asociado al segundo eje factorial. Este movimiento se relaciona principalmente con la disminución de la tasa por enfermedades transmisibles, como se evidencia en la Tabla 5-5. Las enfermedades transmisibles pasaron de 47.80 a 22.23.

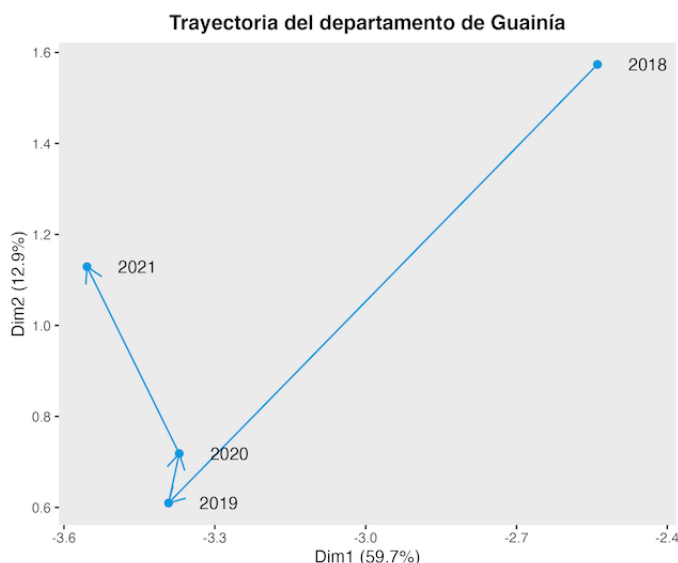


Figura 5-19.: Trayectoria del departamento de Guainía

Tabla 5-5.: Tabla de tasas de mortalidad y el IPM para el departamento de Guainía

	2018	2019	2020	2021
T.Enf.Trans	47.8	22.23	84.60	59.72
Neopl	41.56	30.32	28.84	29.86
Sis.circ	72.74	60.64	65.37	83.98
Peri	18.7	14.15	15.38	14.93
Cau.Exter	45.72	34.36	44.22	33.59
Demas.Cau	81.06	95.0	98.06	87.71
Sign.Sint	2.08	8.08	15.38	5.60
IPM	60.6	67.0	65.9	57.3
TBM	3.10	2.65	3.52	3.15

Respecto al eje horizontal, se observa un movimiento significativo hacia la izquierda, asociado al primer eje factorial, cuya característica destacada son las tasas de mortalidad por enfermedades del sistema circulatorio. En la Tabla 5-5 se observa que estas tasas disminuyeron de 72.74 a 60.64, por lo que se atribuye este movimiento principalmente a la disminución de la tasa de mortalidad por enfermedades del sistema circulatorio.

Del 2019 al 2020, la flecha cambia de dirección hacia arriba en el segundo eje factorial, destacando tasas de enfermedades transmisibles, enfermedades perinatales y causas externas. Las enfermedades transmisibles aumentaron de 22.23 a 84.6, posiblemente debido a alguna política pública que funcionó.

En el periodo 2020-2021, la flecha cambia nuevamente hacia arriba en el segundo eje factorial. La disminución de la tasa por causas externas de 44.23 a 33.59 podría atribuirse al

movimiento de la trayectoria, el cual se atribuye principalmente a la disminución de la tasa de mortalidad por causas externas. Respecto al eje horizontal, se observa un movimiento significativo hacia la derecha, asociado al primer eje factorial, cuya característica destacada podrían ser las tasas de mortalidad por las demás causas. En la Tabla 5-5 se observa que estas tasas disminuyeron de 98.06 a 87.71, por lo que se atribuye este movimiento principalmente a la disminución de la tasa de mortalidad por las demás causas.

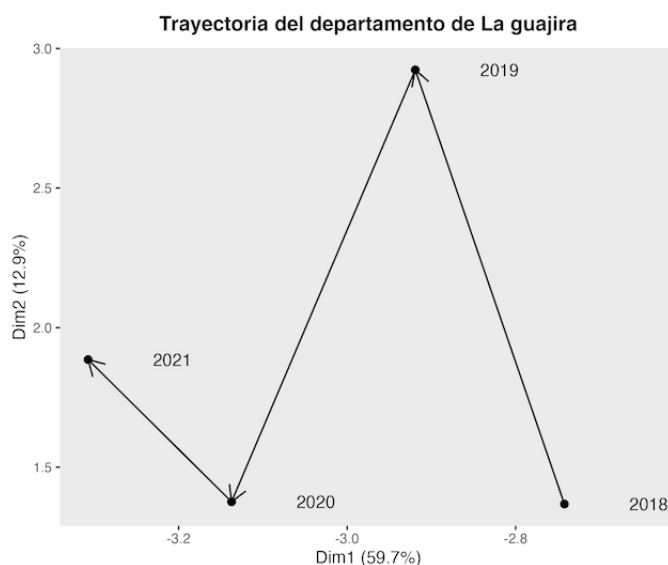


Figura 5-20.: Trayectoria del departamento de La Guajira

Tabla 5-6.: Tabla de tasas de mortalidad y el IPM para el departamento de La Guajira

	2018	2019	2020	2021
T.Enf.Trans	44.29	46.79	97.40	138.15
Neopl	46.67	44.53	41.59	43.20
Sis.circ	64.28	71.05	77.38	79.85
Peri	20.67	27.6	24.89	25.27
Cau.Exter	45.65	42.15	36.3	38.97
Demas.Cau	81.77	89.92	83.7	96.77
Sign.Sint	9.99	7.44	6.12	12.08
IPM	53.3	48.8	51.7	48.7
TBM	3.13	3.29	3.67	4.34

En la trayectoria del departamento de La Guajira en la Figura 5-20 durante el periodo 2018-2019, se observó un movimiento hacia arriba asociado al segundo eje factorial. Este desplazamiento coincidió con un notable aumento en las tasas de enfermedades perinatales, de 20.67 a 27.60, como se muestra en la Tabla 5-6. Por lo tanto, se sugiere que este movimiento podría ser atribuido al incremento en la tasa de mortalidad por enfermedades

perinatales, lo que pone de manifiesto posibles carencias en recursos, infraestructura o en la propia cultura de atención médica.

Del 2019 al 2020, la dirección de la flecha cambió hacia abajo en el segundo eje factorial. Durante este periodo, las tasas por enfermedades perinatales disminuyeron de 27.60 a 24.89, como se evidencia en la Tabla 5-6. Este movimiento podría ser atribuido a la disminución de la tasa de mortalidad por enfermedades perinatales. Respecto al eje horizontal, el desplazamiento hacia la izquierda podría asociarse con la disminución de la tasa de mortalidad por otras causas, que pasó de 89.92 a 83.7 según la Tabla 5-6.

En el periodo de 2020 al 2021, la flecha cambió nuevamente hacia arriba en el segundo eje factorial. Durante este periodo, las tasas de enfermedades transmisibles aumentaron de 97.40 a 138.16, como se muestra en la Tabla 5-6. Este movimiento se atribuye principalmente al aumento de las tasas de mortalidad por enfermedades transmisibles.



Figura 5-21.: Trayectoria del departamento de Amazonas

En la trayectoria del departamento del Amazonas, según se observa en la Figura 5-21 durante el periodo 2018-2019, se registró un movimiento hacia el centroide asociado al primer eje factorial. Este desplazamiento está relacionado con el notable aumento en las tasas de mortalidad por enfermedades del sistema circulatorio, pasando de 31.34 a 52.73 según la Tabla 5-7.

Nuevamente, durante el periodo 2019-2020, se observó otro movimiento hacia el centroide en el primer eje factorial. Las tasas de mortalidad por enfermedades del sistema circulatorio aumentaron de 52.73 a 63.38, mientras que las tasas por todas las demás causas pasaron

Tabla 5-7.: Tabla de tasas de mortalidad y el IPM para el departamento de Amazonas

	2018	2019	2020	2021
T.Enf.Trans	26.11	43.73	228.65	208.1
Neopl	37.86	47.59	50.94	34.07
Sis.circ	31.34	52.73	63.38	60.85
Peri	22.20	10.29	6.21	10.95
Cau.Exter	40.47	54.02	53.43	60.85
Demas.Cau	73.11	83.60	94.44	103.44
Sign.Sint	24.8	6.43	13.67	15.82
IPM	35.4	35.6	39.0	25.7
TBM	2.56	2.98	5.11	4.94

de 83.60 a 94.44. Este movimiento se atribuye principalmente al incremento en las tasas de mortalidad por enfermedades del sistema circulatorio y por todas las demás causas, como se detalla en la Tabla 5-7.

En el periodo del 2020 al 2021, se identificó un movimiento hacia abajo en el eje vertical, destacando las tasas por enfermedades transmisibles, las cuales disminuyeron de 228.65 a 208.10. Este desplazamiento podría atribuirse principalmente a la disminución de las tasas de mortalidad por enfermedades transmisibles. Respecto al eje horizontal, se observó un movimiento hacia la izquierda, probablemente atribuido a la disminución en las tasas de mortalidad por neoplasias, que pasaron de 50.94 a 34.07 según la Tabla 5-7.

La Figura 5-22 proporciona una visión detallada de la influencia de cada dimensión en el análisis factorial múltiple (AFM), considerando las tasas de mortalidad y el IPM de los departamentos colombianos entre 2018 y 2021. Las líneas más largas en el eje horizontal sugieren que los años 2018, 2019, 2020 y 2021 tienen una contribución significativa a las tendencias observadas en la dimensión 1 del AFM, que refleja la estructura de variabilidad de variables como las tasas de mortalidad por neoplasias, enfermedades del sistema circulatorio, entre otras, así como el Índice de Pobreza Multidimensional (IPM). Por otro lado, las flechas cerca de la línea vertical en la parte superior indican que los años 2018, 2019 y 2020 muestran características únicas o variaciones significativas en la dirección de la dimensión 2, que refleja la estructura de variabilidad de variables como la tasa de mortalidad por enfermedades transmisibles, ubicadas cerca de este eje en el gráfico circular de correlación (Figura 5-13). La flecha cercana a la línea vertical en la parte inferior sugiere que el año 2021 presenta una variación diferente en la misma dimensión en comparación con los otros años, reflejando la estructura de variabilidad de variables como la tasa de mortalidad por causas externas, situadas alrededor del eje vertical en el gráfico circular de correlaciones (Figura 5-13). Este análisis proporciona una comprensión más profunda de cómo cada año influye en las dimensiones del AFM y en los patrones observados en los datos relacionados con las tasas de mortalidad y el IPM.

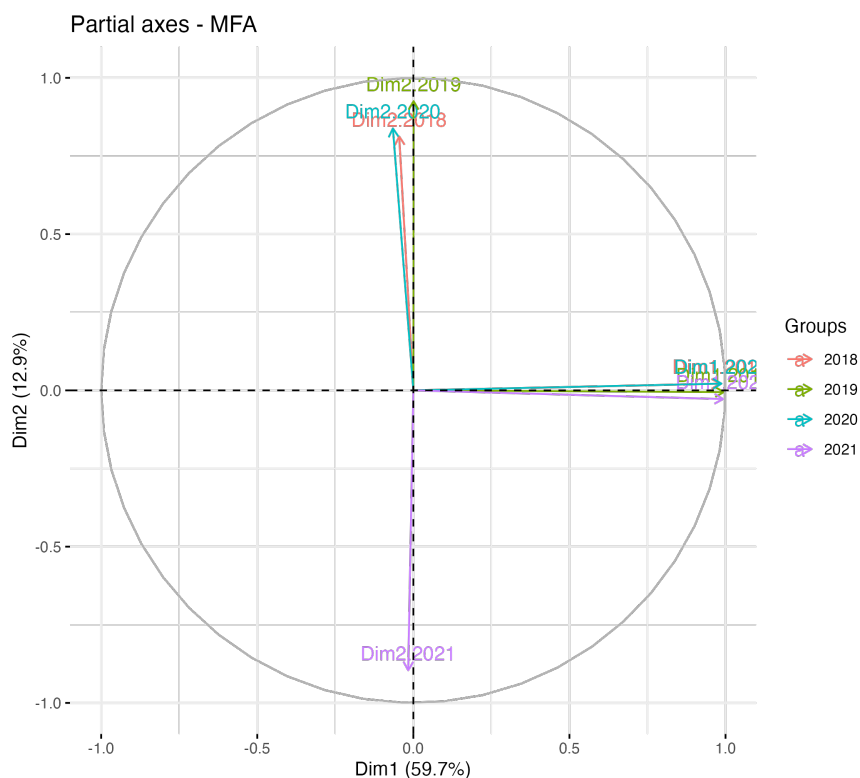


Figura 5-22.: Proyección de las componentes principales de cada año

5.4. Análisis de agrupamiento: K-Means

En esta sección, a partir de los resultados del análisis factorial múltiple utilizando el algoritmo k-means para agrupar observaciones en k grupos basados en la media más cercana, se presenta una representación visual de Colombia que muestra los departamentos asignados a cada clúster. Además, se examina el patrón de mortalidad de los departamentos durante el periodo 2018-2021 mediante gráficos de boxplot. Estos análisis proporcionan valiosas percepciones sobre las agrupaciones de departamentos más destacadas en términos de mortalidad y su relación con la pobreza multidimensional.

En el gráfico A), se observa que el cluster 1 se compone de departamentos como Atlántico, Magdalena, Sucre, Cesar, Bolívar y el Amazonas. Por otro lado, en el gráfico B se identifica que este cluster exhibe la segunda mayor tasa de mortalidad por enfermedades perinatales, signos y síntomas mal definidos, enfermedades transmisibles y un mayor índice de pobreza multidimensional (IPM).

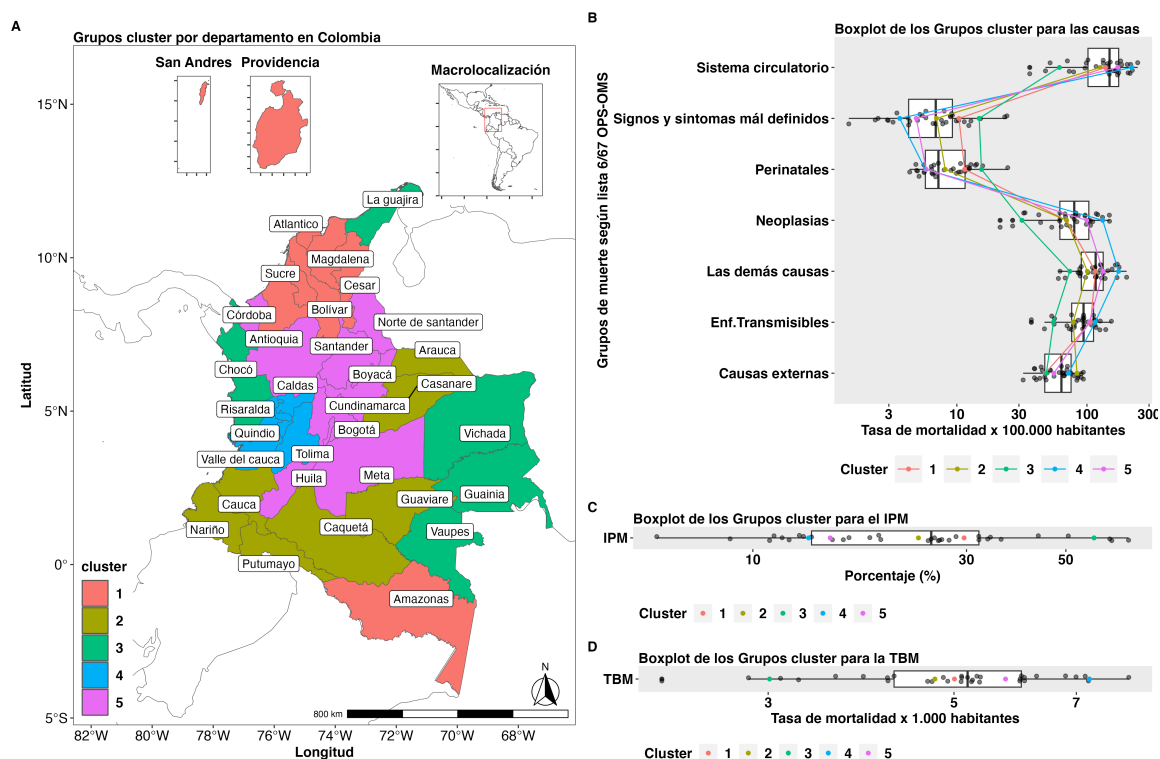


Figura 5-23.: Mapa de clusters y boxplots para la caracterización de departamentos

Para el cluster 2, conformado por departamentos como Arauca, Casanare, Cauca, Nariño, Putumayo, Caquetá y Guaviare, se observa una alta incidencia de mortalidad por causas externas. Este patrón sugiere la posible presencia de condiciones sociales o ambientales específicas en estas regiones que contribuyen a una mayor incidencia de accidentes, violencia u otras causas externas de mortalidad. Además, la concentración de estos departamentos en un clúster específico podría indicar la necesidad de intervenciones específicas en políticas de salud pública y seguridad para abordar estas problemáticas y mejorar las condiciones de vida en estas áreas.

El cluster 3, se integra por departamentos como La Guajira, Chocó, Vichada, Guainía y Vaupés. En el gráfico B), se evidencia que este cluster se distingue por presentar la mayor tasa de mortalidad por enfermedades perinatales y signos y síntomas mal definidos, así como un índice de pobreza multidimensional (IPM) más elevado en comparación con otros grupos. Este patrón sugiere la posibilidad de que estos departamentos enfrenten desafíos en su sistema de salud, como falta de recursos o insumos, que pueden afectar su capacidad para diagnosticar y tratar adecuadamente ciertas enfermedades.

El cluster 4, se conforma por departamentos como Quindío, Caldas, Risaralda, Tolima y Valle del Cauca. Se evidencia que este cluster se distingue por presentar la mayor tasa de

mortalidad por enfermedades del sistema circulatorio, neoplasias, las demás causas y enfermedades transmisibles. Curiosamente, es el grupo con menores tasas de mortalidad por enfermedades perinatales y signos y síntomas mal definidos. Además, se destaca por tener un bajo índice de pobreza multidimensional (IPM) y una alta tasa de mortalidad general. Es importante destacar que, a pesar de ser el grupo con menores tasas de mortalidad por enfermedades perinatales y signos y síntomas mal definidos, es el segundo grupo con mayor tasa de mortalidad por causas externas. Esta combinación de factores podría indicar una posible necesidad de intervenciones específicas para abordar las enfermedades crónicas y las causas externas de mortalidad en estos departamentos.

Finalmente, en el gráfico A) se destaca el cluster 5, integrado por departamentos como Huila, Meta, Bogotá, Cundinamarca, Boyacá, Santander, Norte de Santander, Antioquia y Córdoba. Este cluster se caracteriza por ser el segundo grupo con mayor tasa de mortalidad por enfermedades del sistema circulatorio, neoplasias, las demás causas y enfermedades transmisibles. Asimismo, es el segundo grupo con menores tasas de mortalidad por enfermedades perinatales, signos y síntomas mal definidos. Además, se destaca por tener un bajo índice de pobreza multidimensional (IPM) y una alta tasa de mortalidad general.

5.5. Validación de agrupaciones: Coeficiente silueta

En esta sección, se presenta la evaluación del coeficiente de silueta para determinar el número óptimo de clústeres en el conjunto de datos. Esta validación es fundamental para garantizar una segmentación adecuada y significativa de los datos, la cual se centra en comprender las dinámicas de mortalidad y su relación con el índice de pobreza multidimensional en los departamentos de Colombia durante el periodo 2018-2021.

En la Figura 5-24, se observa que para $k=5$, las figuras de los coeficientes de silueta muestran una consistencia notable en términos de anchura. Esto sugiere una homogeneidad en la distribución de los puntos dentro de cada clúster. Por lo tanto, se considera que el número 5 es una elección adecuada para la cantidad de clústeres, ya que proporciona una segmentación coherente y bien definida de los datos. Con este número de clústeres seleccionado, se procedió a consolidar la clasificación utilizando el método de k-medias, utilizando las coordenadas globales de los individuos como datos. Aunque se evaluaron otros valores de k , se determinó que $k=5$ ofrecía una mejor representación gráfica y, por lo tanto, se seleccionó como la mejor opción para la clasificación de los datos.

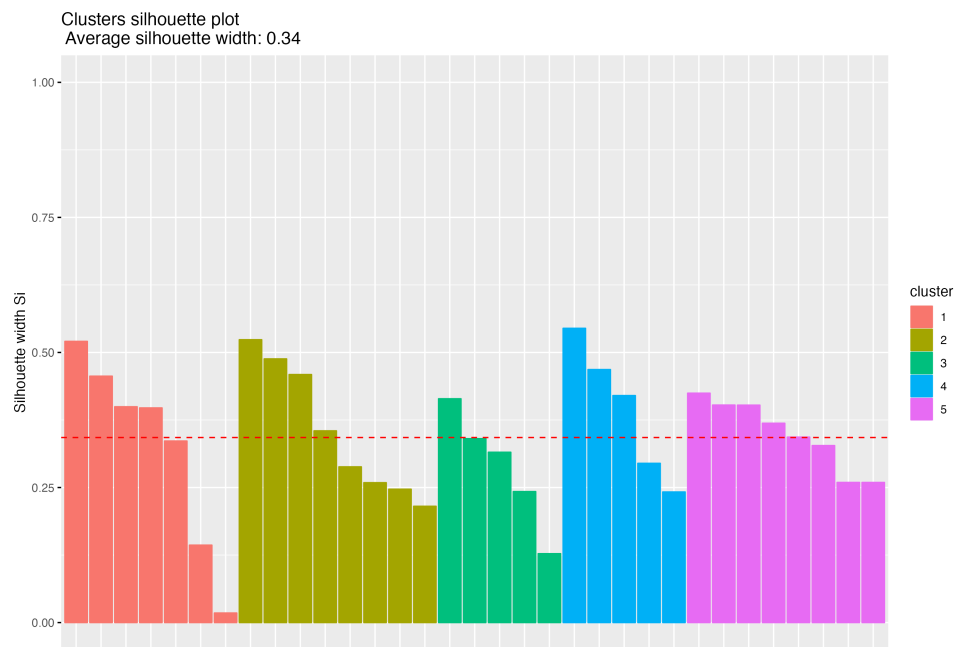


Figura 5-24.: Gráfico de Coeficientes de Silueta de los Grupos

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1. Conclusiones

El análisis de correlación reveló correlaciones significativas entre las tasas de mortalidad y el Índice de Pobreza Multidimensional (IPM). Por otro lado, el Análisis Factorial Múltiple (AFM) permitió identificar diversos patrones de mortalidad y evidenciar cómo el impacto de la pobreza incide en estas tasas, validando así lo planteado por McKeown (1990). Además, es importante destacar que algunas zonas del país se encuentran en una etapa epidemiológica de difícil categorización, ya que están experimentando múltiples fases simultáneas. Por un lado, se observa un aumento en las enfermedades no transmisibles, como las relacionadas con el sistema circulatorio y las neoplasias, así como otras causas, como la diabetes y enfermedades respiratorias.

En lado contrario se observa un patrón de enfermedades transmisibles para algunos departamentos, incluso antes de que se presentará la pandemia COVID 19, a pesar de los avances de la medicina, lo que deja en evidencia la falta de mejoras en la atención médica y disponibilidad de insumos para tratar estas enfermedades. Además se observa que para los departamentos más pobres multidimensionalmente, las causas de muerte más frecuentes son enfermedades perinatales y signos y síntomas mal definidos, dejando en evidencia la falta de insumos médicos y centros de salud de calidad para tratar estas enfermedades y no diagnosticar a tiempo.

La relación inversa entre el Índice de Pobreza Multidimensional (IPM) y las tasas de mortalidad podría indicar una conexión con la longevidad y un aumento en enfermedades propias de la vejez en áreas menos afectadas por la pobreza. Además, los resultados del análisis factorial múltiple (AFM) y la clasificación por clusters proporcionaron una representación visual de la diversidad entre los departamentos, destacando regiones como Putumayo y Cauca por su asociación con causas externas y la incidencia de accidentes y violencia. Estas inferencias resaltan la importancia de abordar tanto las disparidades socioeconómicas como los desafíos específicos de salud pública en cada región para mejorar la calidad de vida y reducir las disparidades en el país.

Las agrupaciones obtenidas en el presente trabajo ofrecen una perspectiva valiosa para entender las diferencias en la salud y el desarrollo socioeconómico entre los departamentos

colombianos, brindando información clave para la formulación de políticas públicas orientadas a abordar desafíos específicos en cada cluster.

6.2. Recomendaciones

A partir del desarrollo de este trabajo de grado, surgen algunas áreas de investigación que podrían abordarse en futuros estudios:

- Se recomienda explorar el Análisis Factorial Múltiple (AFM) utilizando tasas de mortalidad ajustadas por edad, tanto de forma directa como indirecta. Esta metodología permitiría controlar posibles sesgos debidos a diferencias en la distribución por edad y otros factores demográficos entre los departamentos, ofreciendo una perspectiva más precisa de las agrupaciones observadas.
- Sería interesante realizar un AFM separado para cada agrupación de causas de muerte. Aunque este estudio identificó patrones generales de mortalidad, investigaciones adicionales podrían revelar diferencias específicas de cada causa de muerte entre los departamentos, lo que podría tener implicaciones significativas para la salud pública y las políticas de prevención.
- Además de las variables consideradas en este trabajo, como el impacto socioeconómico, sería beneficioso incorporar otras variables relevantes como el sexo, la edad y el lugar de muerte. La inclusión de estas variables adicionales podría proporcionar una comprensión más completa de los factores que influyen en las tasas de mortalidad y permitiría una evaluación más precisa de las disparidades regionales en salud.
- Se sugiere investigar el comportamiento de la mortalidad en años anteriores para confirmar las etapas de epidemiología propuestas por investigaciones previas. Esta evaluación histórica permitiría evaluar la evolución de la salud en el país, identificar tendencias a lo largo del tiempo y orientar la formulación de políticas públicas más efectivas.

Estas recomendaciones podrían contribuir al desarrollo de futuros estudios que profundicen en la comprensión de las disparidades regionales en mortalidad y que proporcionen información valiosa para la planificación y ejecución de políticas de salud pública más efectivas y equitativas.

A. Anexo: Homologación listas de causas de defunción agrupadas, según la lista 6/67 OPS - OMS.

100 Enfermedades transmisibles

Grupo	Descripción	Códigos CIE-10
101	Enfermedades infecciosas intestinales	A00-A09
102	Tuberculosis	A15-A19
103	Ciertas enfermedades transmitidas por vectores y rabia	A20, A44, A75-A79, A82-A84,A85.2, A90-A98, B50-B57
104	Ciertas enfermedades inmunoprevenibles	A33-A37, A80, B05, B06, B16, B17.0, B18.0-B18.1, B26
105	Meningitis	A39, A87, G00-G03
106	Septicemia, excepto neonatal	A40-A41
107	Enfermedad por el VIH (SIDA)	B20-B24
108	Infecciones respiratorias agudas	J00-J22

Grupo	Descripción	Códigos CIE-10
109	Resto de ciertas enfermedades infecciosas y parasitarias	residuo de A00-B99, i.e. A21-A32, A38, A42-A43, A46-A74, A81, A85.0-A85.1, A85.8, A86, A88-A89, A99-B04, B07-B15, B17.1-B17.8, B18.2-B19.9, B25, B27-B49, B58-B99

200 Neoplasias (Tumores)

Grupo	Descripción	Códigos CIE-10
201	Tumor maligno del estómago	C16
202	Tumor maligno del colon y de la unión rectosigmoidea	C18-C19
203	Tumor maligno de los órganos digestivos y del peritoneo, excepto estómago y colon	C15, C17, C20-C26, C48
204	Tumor maligno de la tráquea, los bronquios y el pulmón	C33-C34
205	Tumor maligno de los órganos respiratorios e intratorácicos, excepto tráquea, bronquios y pulmón	C30-C32, C37-C39
206	Tumor maligno de la mama de la mujer	C50 (mujeres)
207	Tumor maligno del cuello del útero	C5
208	Tumor maligno del cuerpo del útero	C54
209	Tumor maligno del útero, parte no especificada	C55
210	Tumor maligno de la próstata	C61

Grupo	Descripción	Códigos CIE-10
211	Tumor maligno de otros órganos genitourinarios	C51-C52, C56-C57, C60, C62- C68
212	Leucemia	C91-C95
213	Tumor maligno del tejido linfático, de otros órganos hematopoyéticos y de tejidos afines)	C81-C90, C96
214	Tumores malignos de otras localizaciones y de las no especificadas	(residuo de C00-C97, i.e. C00- C14, C40-C47, C49, C50 en hombres, C58, C69-C80, C97)
215	Tumores in situ, benignos y los de comportamiento incierto o desconocido	D00-D48

300 Enfermedades del sistema circulatorio

Grupo	Descripción	Códigos CIE-10
301	Fiebre reumática aguda y enfermedades reumáticas crónicas	I00-I09
302	Enfermedades hipertensivas	I10-I15
303	Enfermedades isquémicas del corazón	I20-I25
304	Enfermedad cardiopulmonar, enfermedades de la circulación pulmonar y otras formas de enfermedad del corazón	I26- I45, I47-I49, I51
305	Paro cardíaco	I46
306	Insuficiencia cardíaca	I50
307	Enfermedades cerebrovasculares	I60-I69

Grupo	Descripción	Códigos CIE-10
308	Aterosclerosis	I70
309	Las demás enfermedades del sistema circulatorio	I71-I99

400 Ciertas afecciones originadas en el período perinatal

Grupo	Descripción	Códigos CIE-10
401	Feto y recién nacido afectados por ciertas afecciones maternas	P00, P04
402	Feto y recién nacido afectados por complicaciones obstétricas y traumatismo del nacimiento	P01-P03, P10-P15
403	Retardo del crecimiento fetal, desnutrición fetal, gestación corta y bajo peso al nacer	P05, P07
404	Trastornos respiratorios específicos del período perinatal	P20-P28
405	Sepsis bacteriana del recién nacido	P36
406	Resto de ciertas afecciones originadas en el período perinatal	(residuo de P00-P96, i.e. P08, P29, 407 P35, P37-P96)

500 Causas externas

Grupo	Descripción	Códigos CIE-10
501	Accidentes de transporte terrestre	V01-V89
502	Los demás accidentes de transporte y los no especificados	V90-V99

A Anexo: Homologación listas de causas de defunción agrupadas, según la
60 lista 6/67 OPS - OMS.

Grupo	Descripción	Códigos CIE-10
503	Caídas	W00-W19
504	Accidentes por disparo de arma de fuego	W32-W34
505	Ahogamiento y sumersión accidentales	W65-W74
506	Accidentes que obstruyen la respiración	W75-W84
508	Exposición al humo, fuego y llamas	X00-X09
509	Envenenamiento accidental por, y exposición a sustancias nocivas	X40 - X49
510	Los demás accidentes	W20-W31, W35-W64, W88-W99, X10-X39, X50-X59, Y40-Y84
511	Lesiones autoinfligidas intencionalmente (suicidios)	X60-X84
512	Agresiones (homicidios)	X85-Y09
513	Eventos de intención no determinada	Y10-Y34
514	Las demás causas externas	Y35-Y36, Y85-Y89
514	Infecciones respiratorias agudas	J00-J22

600 Todas las demás enfermedades

Grupo	Descripción	Códigos CIE-10
601	Diabetes mellitus	E10-E14
602	Deficiencias nutricionales y anemias nutricio- nales	E40-E64, D50-D53

Grupo	Descripción	Códigos CIE-10
603	Trastornos mentales y del comportamiento	F00-F99
604	Enfermedades del sistema nervioso, excepto meningitis	G04-G98
605	Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores	J40 - J47
606	Resto de enfermedades del sistema respiratorio	J30 - J39, J60-J98
607	Apendicitis, hernia de la cavidad abdominal y obstrucción intestinal	K35 - K46, K56
608	Cirrosis y ciertas otras enfermedades crónicas del hígado	K70, K73, K74, K76
609	Resto de enfermedades del sistema digestivo	residuo de K00 - K93, i e: K00 - K31, K50 - K55, K57 - K66, K71, K72, K75, K80 - K93
610	Enfermedades del sistema urinario	N00 - N39
611	Hiperplasia de próstata	N40
612	Embarazo, parto y puerperio	O00 - O99
613	Malformaciones congénitas , deformidades y anomalías cromosómicas	Q00 - Q99
614	Resto de las enfermedades	resto de A00 - Q99 i e : D55 - D89, E00 - E07, E15 - E34, E65 - E90, H00 - H59, H60-H95, L00 - L99, M00 - M99, N41 - N99

¹Clasificación internacional de enfermedades y problemas relacionados con la Salud, CIE-10 Ver. 2018.

²Clasificación internacional de enfermedades y problemas relacionados con la Salud, CIE-10 Ver. 2018, Volumen 1, Capítulo XXI.

B. Anexo: Tablas de tasas de mortalidad y el IPM para los años 2018 al 2021.

Tablas de tasas de mortalidad y el IPM para el año 2018

Departamento	T.Enf.Trans	T.Neo	T.Enf.sist	T.Enf.peri	T.Caus.Extr	T.demás.Caus	T.sign.sin	IPM	TBM
Antioquia	37.00581	116.62059	154.65650	5.166142	73.21563	124.56490	10.8629455	15.3	5.220925
Atlántico	48.15586	99.03306	170.69497	14.119408	43.62030	120.76433	6.4681089	21.1	5.028560
Bogotá	24.35054	107.42569	138.60248	5.935866	40.17502	116.82864	6.2191689	4.1	4.395374
Bolívar	41.68861	72.84637	141.68329	10.482535	42.84796	116.90200	8.1155108	31.9	4.345663
Boyacá	29.07894	99.64054	192.46313	5.914360	43.94698	161.57703	7.3108062	16.5	5.399318
Caldas	38.26678	129.12532	208.86447	3.906817	57.70069	169.19525	0.9015732	13.8	6.079609
Caquetá	29.11541	66.69172	121.68750	9.207439	86.84854	117.95475	14.6821318	26.9	4.461875
Cauca	22.39691	84.53466	129.94302	7.784290	80.30110	96.75737	10.5156205	27.7	4.322330
Cesar	37.64866	69.79995	111.28010	12.577317	53.64101	103.78369	20.2403184	31.7	4.089710
Córdoba	37.70767	62.02435	135.42263	13.559071	46.72837	112.33859	5.6029220	34.4	4.133836
Cundinamarca	27.57737	85.74678	165.53274	6.097853	38.81386	128.02066	3.1516995	10.5	4.549410
Chocó	26.73767	30.10325	70.67719	13.649299	48.42697	56.84092	16.4539495	46.3	2.628892
Huila	37.98667	97.96562	183.02668	9.178597	66.24948	123.95650	5.7252637	18.0	5.240888
La guajira	44.29000	46.67484	64.27728	20.668665	45.65277	81.76615	9.9936404	53.3	3.133233
Magdalena	38.97906	68.26926	144.28960	11.775701	43.22726	112.91258	11.5521119	36.4	4.310056
Meta	34.04756	79.25195	153.88729	6.732569	61.26638	110.99121	4.5204391	15.6	4.506974
Nariño	20.23805	79.84830	146.44988	6.316724	82.36272	111.86121	20.4833582	33.1	4.675602

Departamento	T.Enf.Trans	T.Neo	T.Enf.sist	T.Enf.peri	T.Caus.Extr	T.demás.Caus	T.sign.sin	IPM	TBM
Norte de Santander	46.92667	95.93152	161.22664	8.312725	65.29511	146.14306	5.4300863	29.5	5.292658
Quindío	58.71414	152.99016	221.52086	7.408725	89.83078	180.21722	1.2965268	14.2	7.117932
Risaralda	48.54775	144.26527	204.79096	6.677966	62.64568	160.05919	7.5259619	11.6	6.345128
Santander	33.91557	110.80918	165.04664	5.355091	46.31924	140.78853	3.0208203	12.6	5.052551
Sucre	41.33222	65.09273	175.05412	9.504201	41.77428	111.61911	2.3207933	41.7	4.466975
Tolima	38.41565	114.26965	234.40313	7.668095	64.65256	162.90943	3.0070960	22.2	6.253256
Valle del Cauca	40.99747	122.00936	191.35876	6.099351	89.65823	143.23421	3.3289498	14.1	5.966863
Arauca	39.66831	63.31673	130.82914	9.535652	95.73795	98.78935	6.1028172	27.6	4.439800
Casanare	26.39690	54.93408	99.64233	7.847726	55.88532	77.76383	6.1830565	19.0	3.286532
Putumayo	24.98693	52.84593	86.73625	7.754565	93.34199	85.30022	5.1697101	24.1	3.561356
San Andrés	26.10966	71.80157	151.76240	13.054830	86.48825	89.75196	3.2637076	8.5	4.422324
Amazonas	26.11341	37.86445	31.33609	22.196399	40.47579	73.11755	24.8077400	35.4	2.559114
Guainía	47.80313	41.56794	72.74390	18.705574	45.72474	81.05749	2.0783971	60.6	3.096812
Guaviare	51.95307	64.03518	97.86509	12.082110	68.86803	76.11729	10.8738990	31.4	3.817947
Vaupés	41.66973	19.60928	44.12089	9.804642	71.08366	63.73018	39.2185700	68.5	2.892370
Vichada	17.62392	22.26180	54.72692	11.130899	36.17542	55.65450	15.7687741	63.5	2.133422

Tabla de tasas de mortalidad y el IPM para el año 2019

Departamento	T.Enf.Trans	T.Neo	T.Enf.sist	T.Enf.peri	T.Caus.Extr	T.demás.Caus	T.sign.sin	IPM	TBM
Antioquia	35.86147	116.89709	154.92643	5.221210	72.50154	125.52277	8.320349	15.7	5.192508
Atlántico	43.51533	100.07009	165.38098	15.086324	42.75722	128.08213	8.187553	14.9	5.030796
Bogotá	23.89083	107.16631	134.13898	5.636866	41.97358	124.02423	5.650037	7.1	4.424808
Bolívar	41.02300	76.88293	139.77861	10.842464	44.26166	120.20585	8.401736	26.9	4.413962
Boyacá	29.97782	94.88915	185.14757	5.605609	45.49480	174.99249	1.868536	12.8	5.379760
Caldas	38.57810	131.40357	192.29549	5.553660	53.65233	182.87410	1.685933	14.3	6.060432

Departamento	T.Enf.Trans	T.Neo	T.Enf.sist	T.Enf.peri	T.Caus.Extr	T.demás.Caus	T.sign.sin	IPM	TBM
Caqueta	26.34547	78.54396	122.12477	5.663044	89.87005	113.01466	3.939509	25.7	4.395015
Cauca	23.60649	81.77721	130.74884	6.696397	86.78260	102.33988	4.058422	24.0	4.360098
Cesar	40.24280	68.98765	107.23428	11.018861	49.98411	110.74754	8.304069	25.5	3.965193
Cordoba	32.12715	67.84857	141.39266	12.054595	48.99253	117.83643	4.479001	34.7	4.247309
Cundinamarca	26.38127	88.05641	155.01429	4.991052	40.34974	129.96180	3.176124	12.3	4.479307
Choco	23.52144	36.11559	68.52702	15.187070	56.30328	69.26785	14.075821	42.3	2.829981
Huila	34.62716	109.45780	168.45888	6.565669	68.44485	133.47196	5.936085	18.3	5.269624
La guajira	46.79215	44.52801	71.05075	27.600900	42.15606	89.91856	7.439305	48.8	3.294857
Magdalena	36.64950	74.16304	132.48543	10.728439	45.86588	115.27672	6.048248	31.6	4.212173
Meta	34.59665	83.73530	160.05703	6.748248	59.49863	114.91030	6.463110	19.1	4.660093
Nariño	22.16109	83.85610	147.88386	5.647702	81.21642	117.55815	4.604105	23.2	4.629274
Norte de San- tander	38.58532	99.01863	155.61896	9.263033	66.56607	140.86199	3.896862	24.2	5.138109
Quindio	53.29877	158.25355	216.48064	6.936142	81.04334	200.60052	5.293371	10.2	7.219063
Risaralda	49.65822	140.05088	200.41763	4.829341	64.98613	176.58589	3.674498	11.1	6.402026
Santander	31.10494	108.24160	162.13895	5.362920	52.06501	154.58617	2.368623	12.4	5.158682
Sucre	36.38383	69.21540	174.06112	10.872093	40.79726	124.75995	2.045245	33.3	4.581349
Tolima	39.91574	113.98077	227.51220	5.391994	67.39993	188.04580	2.995552	15.2	6.452420
Valle del Cauca	40.71654	123.39220	190.40252	5.791290	91.97278	160.93573	2.662662	10.8	6.158737
Arauca	29.27432	59.61965	126.02237	8.568093	105.67315	100.31809	1.785019	23.3	4.312607
Casanare	32.66731	66.26797	87.96840	5.366772	70.93473	92.86849	7.466814	18.3	3.635405
Putumayo	19.78748	50.59942	80.56332	5.370888	93.00117	80.56332	2.544105	25.4	3.324297
San Andrés	22.40645	88.02535	136.03918	8.002305	73.62120	104.02996	1.600461	8.2	4.337249
Amazonas	43.72822	47.58659	52.73108	10.288992	54.01721	83.59806	6.430620	35.6	2.983808
Guainía	22.23435	30.31957	60.63914	14.149132	34.36218	95.00131	8.085218	67.0	2.647909
Guaviare	31.87119	75.54653	93.25275	14.164975	87.35068	97.97441	2.360829	30.9	4.025214
Vaupés	32.77077	35.11154	23.40769	9.363077	74.90461	63.20077	30.429999	66.5	2.691885
Vichada	35.26252	21.70002	28.02919	14.466677	27.12502	63.29171	11.754175	72.2	2.016293

Tabla de tasas de mortalidad y el IPM para el año 2020

Departamento	T.Enf.Trans	T.Neo	T.Enf.sist	T.Enf.peri	T.Caus.Extr	T.demás.Caus	T.sign.sin	IPM	TBM
Antioquia	113.73957	118.77762	168.15048	4.466568	64.00577	122.89829	7.489396	14.9	5.995277
Atlántico	210.19689	98.60172	177.75039	12.993449	40.61381	136.95096	9.466656	14.1	6.865739
Bogotá	163.43426	105.75310	143.11652	5.043868	36.36758	115.82790	6.039709	7.5	5.755829
Bolívar	141.65899	75.78502	165.39943	9.588373	46.19014	134.60601	5.393460	28.1	5.786214
Boyacá	81.68369	100.13609	203.45362	4.215419	47.48312	155.41375	1.431652	11.7	5.938173
Caldas	106.61471	135.10404	208.62806	3.916059	50.02766	165.35560	2.153833	14.5	6.718000
Caquetá	172.35211	73.24360	134.64253	5.559746	78.56162	120.13885	9.427395	26.1	5.939259
Cauca	62.86218	78.37879	159.14476	6.498411	82.35741	99.20023	3.580757	28.2	4.920225
Cesar	123.63285	65.37978	119.68218	11.929486	47.71794	110.15408	6.274600	27.2	4.847709
Córdoba	152.28605	59.64447	155.05391	10.745773	44.01425	114.35022	24.042310	31.8	5.601370
Cundinamarca	105.56063	84.49933	170.20579	5.718000	35.41983	121.76163	2.350733	11.4	5.254842
Chocó	62.05691	32.53987	82.68328	11.557877	65.25755	64.19067	29.517041	49.0	3.478032
Huila	140.99609	108.80359	185.85448	5.013585	62.88971	128.85793	5.453373	23.4	6.378688
La guajira	97.39987	41.59462	77.38051	24.894535	36.30453	83.70788	6.119907	51.7	3.674019
Magdalena	128.39905	67.24997	155.53746	8.134511	46.28256	124.54217	8.765637	33.4	5.389114
Meta	113.12050	88.07503	158.31325	7.485915	64.32342	111.08729	3.234655	14.1	5.456401
Nariño	88.74457	84.90177	168.12233	5.223801	73.79369	117.50550	8.826422	27.3	5.471181
Norte de San- tander	177.40440	97.63735	175.24018	6.430832	62.32961	134.67647	7.111017	26.1	6.608299
Quindío	171.87130	142.41281	228.25810	6.506169	78.97766	204.94433	5.602535	12.9	8.385729
Risaralda	130.35183	156.11059	215.72967	6.128094	60.96934	164.21214	2.492784	13.1	7.359944
Santander	152.13337	105.51186	175.44413	3.987367	44.08012	141.57342	1.884140	12.5	6.246144
Sucre	116.34610	67.21985	177.99060	6.522114	36.29241	113.40063	23.668963	38.1	5.414407
Tolima	144.05562	109.79534	248.09169	5.906945	57.29737	160.22588	4.356372	19.0	7.297292
Valle del Cauca	140.62571	120.15598	210.72033	5.673911	82.44629	153.17378	3.098828	11.1	7.158948
Arauca	86.86636	67.29568	129.44117	8.583632	75.53596	95.10664	1.373381	26.1	4.642028
Casanare	81.16664	64.25692	101.68376	8.567589	66.06062	77.55923	11.498607	19.6	4.107934
Putumayo	103.86891	55.90833	108.52794	5.207149	87.15122	90.71401	5.755269	27.8	4.571328
San Andrés	92.08698	88.85586	135.70713	17.771172	93.70254	122.78264	4.846683	11.9	5.557530
Amazonas	228.65096	50.94940	63.37608	6.213341	53.43474	94.44279	13.669351	39.0	5.107367
Guainía	84.60562	28.84283	65.37707	15.382840	44.22567	98.06561	15.382840	65.9	3.518825
Guaviare	79.73049	59.51713	84.22235	11.229646	60.64009	84.22235	7.860752	34.6	3.874228

Departamento	T.Enf.Trans	T.Neo	T.Enf.sist	T.Enf.peri	T.Caus.Extr	T.demás.Caus	T.sign.sin	IPM	TBM
Vaupés	81.04103	27.78550	41.67824	9.261832	67.14828	57.88645	13.892748	65.6	2.986941
Vichada	39.93194	23.43831	39.94321	12.153200	33.85534	60.76600	8.680857	75.6	2.187576

Tabla de tasas de mortalidad y el IPM para el año 2021

Departamento	T.Enf.Trans	T.Neo	T.Enf.sist	T.Enf.peri	T.Caus.Extr	T.demás.Caus	T.sign.sin	IPM	TBM
Antioquia	220.98597	118.98215	187.11850	5.069713	73.22093	141.11940	9.1284569	14.3	7.556251
Atlántico	314.70243	97.33667	187.26728	13.352781	50.67490	147.24542	6.3480435	15.5	8.169275
Bogotá	257.67786	105.60715	163.85597	3.860247	40.09799	116.91946	5.2023856	5.7	6.932211
Bolívar	146.13399	81.94217	157.48332	11.757907	48.12116	135.14783	4.3127458	26.8	5.848991
Boyaca	179.29617	92.87227	234.57915	3.617379	52.68791	168.83723	3.2241855	10.9	7.351143
Caldas	197.54335	130.95024	247.41526	3.985865	61.92673	188.98832	1.1665946	11.5	8.319764
Caqueta	148.70884	78.41881	155.40313	6.216125	87.50391	115.47648	5.0207164	23.1	5.967480
Cauca	114.92942	74.60906	176.55728	6.490595	90.54052	109.22556	9.3753032	18.6	5.817277
Cesar	176.65146	66.31992	131.80800	10.738231	57.92595	120.08669	6.3521928	25.3	5.698824
Córdoba	156.94596	64.09789	147.34468	12.068640	54.33570	117.36082	15.2869440	26.9	5.674406
Cundinamarca	208.95640	84.48555	196.46293	5.473625	42.98496	128.55287	3.1852166	9.4	6.701015
Choco	76.15257	34.85243	94.10157	16.380644	74.40995	81.90322	33.2840752	36.0	4.110845
Huila	220.20290	97.11512	201.35318	4.690713	77.74422	130.64503	5.9936884	17.5	7.377449
La guajira	138.15590	43.19889	79.85250	25.274877	38.96963	96.76955	12.0836065	48.7	4.343050
Magdalena	210.70671	69.31866	160.98708	10.659119	55.35865	133.20460	10.5903501	32.4	6.508252
Meta	191.05658	84.05397	193.51537	6.010360	69.39233	120.84466	2.8230477	14.9	6.676963
Nariño	149.75107	79.28348	173.45868	5.420584	81.01092	120.98028	17.3935213	22.1	6.272985
Norte de Santander	197.84313	93.33021	191.55664	7.918561	69.69543	130.14246	5.2588916	24.7	6.957453
Quindío	273.73950	142.34454	226.17165	5.205538	84.72462	221.14561	8.6160629	10.9	9.619475
Risaralda	220.59575	154.18982	245.27852	5.267033	71.25986	183.51997	3.2015301	10.7	8.833125

Departamento	T.Enf.Trans	T.Neo	T.Enf.sist	T.Enf.peri	T.Caus.Extr	T.demás.Caus	T.sign.sin	IPM	TBM
Santander	285.32540	101.07707	193.46074	4.930589	55.36100	140.34878	2.1625390	13.3	7.826661
Sucre	125.45339	72.60369	199.29816	10.652678	54.91818	116.24864	17.5820903	30.3	5.967568
Tolima	232.02350	104.55743	271.81994	6.755115	76.06846	169.68554	7.0488152	16.6	8.679588
Valle del Cauca	243.90064	118.79671	235.46935	4.833364	97.38253	166.39343	2.6225875	8.6	8.693986
Arauca	136.37709	56.54660	146.68853	9.313558	98.12498	95.46396	0.6652541	26.8	5.431800
Casanare	202.38975	62.15467	105.95048	7.078111	74.98374	99.09356	11.2807400	19.5	5.629310
Putumayo	155.97514	55.22436	110.71811	7.273452	102.09772	84.58755	6.4652908	22.8	5.223416
San Andrés	238.09907	80.43887	149.61631	11.261442	107.78809	123.87587	3.2175550	7.0	7.142972
Amazonas	208.10262	34.07528	60.84872	10.952769	60.84872	103.44282	15.8206667	25.7	4.940916
Guainía	59.72043	29.86022	83.98186	14.930108	33.59274	87.71439	5.5987907	57.3	3.153985
Guaviare	141.74035	49.06397	131.92756	5.451552	85.04421	100.30856	10.9031041	31.0	5.244393
Vaupés	69.85443	24.78706	36.05390	11.266844	67.60106	56.33422	13.5202127	52.7	2.794177
Vichada	56.65004	18.60151	69.33288	13.528367	32.12987	68.48736	3.3820918	64.8	2.621121

Bibliografía

- Abdi, H. (2007). Rv coefficient and congruence coefficient, in n.j. salkind (ed): Encyclopedia of measurement and statistics. thousand oaks: Sage.
- Acosta, K. and Romero, J. (2014). Cambios recientes en las principales causas de mortalidad en colombia. *Revista del Banco de la república*, 1044:10.
- Aggarwal and Reddy (2013). *DATA CLUSTERING Algorithms and Applications*. By Taylor Francis Group, LLC.
- Barrett, R., Kuzawa, C. W., McDade, T., and Armelagos, G. J. (1998). Informe nacional de las desigualdades sociales en salud en colombia. *Annual Review of Anthropology*, 27:247–271.
- Becerra, M. (2010). Comparison between multiple factor analysis (mfa) and principal component analysis for qualitative data (prinqual) methods for derivation of indices, phd thesis, universidad nacional de colombia. *Philosophical Transactions o f the Royal Society o f London*,.
- Becue-Bertaut, Pagès, L. L. and Maldonado. (2003). Análisis factorial múltiple para tablas de contingencia: estudio de la mortalidad en las comunidades autónomas de españa. *Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa*, 27.
- Benzècri, J. P. (1973). L´analyse des données. volume ii. l´analyse des correspondances.
- Cambillo, Agüero, and Rafael (2016). Análisis factorial múltiple y metodología statis en el análisis de la transición demográfica en el Perú. *Pesquimat*, 16.
- DANE (2022). Boletín técnico, pobreza multidimensional agregado pdet.
- Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, D. d. P. d. l. N. U. (2017). World mortality report 2015 - highlights.
- Escoffier, B. and Pages, J. (1992). *Análisis Factoriales Simples y Múltiples*. Universidad Del País Vasco.
- Fernández, E. A., Lautre, I. G., and L., C. M. I. (2004). Análisis de la evolución a través de encuestas: trayectoria electoral de las comunidades autónomas españolas en el período 1977-2004.

- Horiuchi, S. (1999). *Epidemiological transition in human history*. Health and mortality issues of global concern.
- Instituto Nacional de Salud, O. N. d. S. (2015). Informe nacional de las desigualdades sociales en salud en colombia. *Imprenta Nacional de Colombia, Bogotá, D.C*, page 366.
- Kassambara, A. (2017). factoextra: Extract and visualize the results of multivariate data analyses. R package version 1.0.7.
- Lê, S., J. J. and Husson, F. (2008). Factominer: An r package for multivariate analysis. *journal of statistical software*. pages 25(1), 1–18.
- Lebart, L. (2006). Validation techniques in multiple correspondence analysis.
- Maechler, M., Rousseeuw, P., Struyf, A., Hubert, M., and Hornik, K. (2019). cluster: "finding groups in data": Cluster analysis extended rousseeuw et al. R package version 2.1.0.
- Martínez, J. (2016). Factores asociados a la mortalidad por enfermedades no transmisibles en colombia, 2008-2012. *biomedica [Internet]*, 36(4):535–46.
- McKeown, T. (1990). *The Origins of Human Diseases*. Basil Blackwell.
- MinSalud (2020). Análisis de situación de salud. colombia. *Imprenta Nacional de Colombia*, page 268.
- Omran, A. R. (1971). The epidemiologic transition: A theory of the epidemiology of population change. *The Milbank Memorial Fund Quarterly*, 49(4):509–538.
- Omran, A. R. (1998). The epidemiologic transition theory revisited thirty years later. *Wld hlth statist. quart.*, 51:99–119.
- ONU (1994). Departamento de asuntos económicos y sociales. principios y recomendaciones para un sistema de estadísticas vitales. *nformes Estadísticos*, Serie M, No. 19, Rev.1.
- PAHO (1999). New paho list 6/67 for tabulation of icd-10 mortality data. *Epidemiological Bulletin*, 20(3): 4-8.
- Pearson and Filon (1898). Contributions to the mathematical theory of evolution, iv: on the probable errors of the frequency constants and on the influence of random selection on variation and correlation. *Philosophical Transactions o f the Royal Society o f London*,.
- Pérez-Flórez, M. and Achcar, A. (2021). Desigualdades socioeconómicas en la mortalidad por enfermedades cardiovasculares: Región pacifico de colombia, 2002-2015.
- RANM (2011). <https://dtme.ranm.es/index.aspx>.

- Rousseeuw, P. (1987). Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. *comput. Appl. Math.*, pages 20, 53–65.
- Struyf A, Hubert M, R. P. (1997). Clustering in an object-oriented environment. *J Stat Softw.*, page 1(4):1–30.
- Ursache, Gabor, Muntele, and Maftai (2021). Mortality trends by causes of death and healthcare during a period of global uncertainty (1990–2017). *Healthcare*, 9:748.