



Efecto de las medidas preventivas implementadas por los gobiernos locales en el exceso de mortalidad por la pandemia de COVID-19 en el Valle del Cauca, 2020-2021

Presentado por

Lina Marcela Diaz Bejarano

Trabajo de grado para optar al título de Magíster en Epidemiología

Director

Edgar Muñoz, Estadístico, Magister en Epidemiología, BMDSc

Codirector

Helmer de Jesús Zapata, Estadístico, Magister en Administración de Salud

|UNIVERSIDAD DEL VALLE

FACULTAD DE SALUD

ESCUELA DE SALUD PÚBLICA

MAESTRÍA EN EPIDEMIOLOGÍA

SANTIAGO DE CALI

Tabla de contenido

1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
2	ESTADO DEL ARTE	4
2.1	Panorama pandemia COVID-19	4
2.2	Factores y sociodemográficos y mortalidad por COVID-19.....	5
2.3	Exceso de mortalidad	8
2.4	Exceso de mortalidad y medidas preventivas.....	13
3	MARCO TEÓRICO	17
3.1	Definición de endemia, pandemia y epidemia	17
3.2	Enfermedades comunicables, triada epidemiologica y transmisión de la enfermedad	18
1.1	Medidas de prevención farmacéuticas y no farmacéuticas para prevención del contagio por COVID-19	21
1.2	Normatividad nacional asociada a las medidas preventivas frente a la pandemia de COVID-19.....	23
1.3	Exceso de mortalidad	25
1.4	Modelos evaluativos.....	26
2	OBJETIVOS	29
2.1	Objetivo General	29
2.2	Objetivos Específicos.....	29
3	METODOLOGÍA	30
3.1	Tipo de estudio	30
3.2	Área de estudio.....	30
3.3	Población y muestra	31
3.4	Criterios de inclusión	32
3.5	Criterios de exclusión.....	32
3.6	Variables	33
3.7	Recolección de la información	37
3.8	Manejo y control de calidad de los datos	37
3.9	Análisis estadístico.....	38
4	CONSIDERACIONES ÉTICAS	43

5	RESULTADOS	44
5.1.1	Mortalidad en municipios del Valle del Cauca	44
5.1.2	Mortalidad general y por COVID-19 en municipios del Valle del Cauca	45
5.1.3	Mortalidad general según variables sociodemográficas en el departamento del Valle del Cauca	47
5.1.4	Mortalidad por COVID-19 en el valle del Cauca según variables sociodemográficas	51
5.1.5	Análisis ecológico de la mortalidad según variables sociodemográficas y económicas en el departamento del Valle del Cauca	53
5.2	Exceso de mortalidad en el periodo COVID 19 en el departamento y municipios del Valle del Cauca	58
5.2.1	Estimación del exceso de mortalidad en el departamento del Valle del Cauca .	58
5.2.2	Estimación del exceso de mortalidad por municipio	64
5.3	Relación entre el exceso de mortalidad debido a COVID-19 con las medidas preventivas como toques de queda, aislamiento selectivo, aislamiento preventivo obligatorio, pico y cedula, cierre de escuelas, movilidad y vacunación.	69
5.3.1	Relación entre la movilidad y la tasa de exceso de mortalidad	69
5.3.2	Relación entre la vacunación y la tasa de exceso de mortalidad	78
5.3.3	Relación entre intervenciones de salud pública y la tasa de exceso de mortalidad 82	
5.3.4	Comparativo entre intervenciones de salud pública, movilidad, tasa de vacunación contra COVID-19 y tasa de exceso de mortalidad	87
6	Discusión	97
6.1	Hallazgos principales	97
6.2	Fortalezas y limitaciones del estudio.....	106
6.3	Implicaciones clínicas y en salud pública	110
6.4	Estudios futuros.....	111
7	Conclusiones	112
8	Recomendaciones	113
9	Bibliografía	116
10	Anexos	123
	○	137
	○	139

Lista de tablas

Tabla 1. Lista de medidas de Salud Pública no Farmacéuticas	23
Tabla 2. Escenarios epidemiológicos para el rastreo de contactos según el modo de transmisión del SARS-CoV-2	24
Tabla 3. Tabla de indicadores según tipo de intervención	28
Tabla 4. Variable resultado: Exceso de mortalidad	34
Tabla 5. Variables explicativas de medidas de intervención	35
Tabla 6. Variables sociodemográficas: descriptivas y explicativas	36
Tabla 7. Variables económicas: descriptivas y explicativas	37
Tabla 8. Fallecidos todas las causas por año y municipios en Valle del Cauca	45
Tabla 9. Muertes por años y tasas no ajustadas de mortalidad por cada 1.000 fallecidos Valle	46
Tabla 10. Distribución de la mortalidad según variables sociodemográficas años 2015-2021, Valle del Cauca	51
Tabla 11. Descriptivos de las tasas ajustadas de mortalidad por cada 1.000 individuos, municipios del Valle del Cauca	55
Tabla 12. Modelo de regresión múltiple tasas de mortalidad según variables sociodemográficas y económicas, municipios del Valle del Cauca	58
Tabla 13. Porcentaje de valores faltantes por municipios del Valle del Cauca	71
Tabla 14. Ajuste modelo mixto para los años 2020 y 2021 para el Valle del Cauca (Variable dependiente: tasa de exceso de mortalidad por 1.000)	74
Tabla 15. Ajuste modelo mixto año 2020 para el Valle del Cauca (Variable dependiente: tasa de exceso de mortalidad por 1.000)	76
Tabla 16. Ajuste modelo mixto año 2021 para el Valle del Cauca (Variable dependiente: tasa de exceso de mortalidad por 1.000)	78
Tabla 17. Modelos de regresión para estimar la relación de vacunación con mortalidad en los municipios (No incluye Buenaventura)	82
Tabla 18. Modelo binomial negativo, relación de las medidas preventivas implementadas en los municipios con relación a la tasa de exceso de mortalidad (2020-2021)	84
Tabla 19. Modelo de regresión binomial negativo, relación de las medidas preventivas implementadas en los municipios con relación a la tasa de exceso de mortalidad (Año 2020)	85
Tabla 20. Modelo de regresión binomial negativo, relación de las medidas preventivas implementadas en los municipios con relación a la tasa de exceso de mortalidad (Año 2021)	87
Tabla 21. Modelo de regresión binomial negativo para estimar la relación de las medidas preventivas, vacunación y movilidad con la tasa de exceso de mortalidad (año 2020 y 2021)	91
Tabla 22. Modelo de regresión binomial negativo para estimar la relación de las medidas preventivas, vacunación y movilidad con la tasa de exceso de mortalidad (año 2020)	93
Tabla 23. Modelo de regresión binomial negativo para estimar la relación de las medidas preventivas, vacunación y movilidad con la tasa de exceso de mortalidad (año 2021)	95

Lista de Figuras

Figura 1. Esquema triada epidemiológica	20
Figura 2. Muertes diarias por todas las causas en el Valle del Cauca	47
Figura 3. Muertes diarias por COVID-19 departamento del Valle del Cauca	48
Figura 4. Distribución porcentual mortalidad por sexo y grupos de edad 2015-2020, Valle del Cauca	49
Figura 5. Distribución porcentual mortalidad por sexo y grupos de edad 2020-2021, Valle del Cauca	49
Figura 6. Tasa de mortalidad específica todas las causas por año por edad y sexo, Valle del Cauca	50
Figura 7. Distribución de mortalidad por grupos de edad, sexo y año, Valle del Cauca	52
Figura 8. Tasas de mortalidad por COVID-19 específicas por edad y sexo, Valle del Cauca	53
Figura 9. Mortalidad por semana epidemiológica 2020-2021, Valle del Cauca, promedio e intervalos de confianza al 95%	59
Figura 10. Valor defunciones total y muertes esperadas 2020 y 2021 de valores globales por semana epidemiológica para el Valle del Cauca	60
Figura 11. Exceso de mortalidad por semana epidemiológica, Valle del Cauca	62
Figura 12. Variación porcentual muertes observadas versus esperadas por cada modelo, Valle del Cauca	63
Figura 13. Tasa de exceso de mortalidad por semana epidemiológica, Valle del Cauca	64
Figura 14. Tasas de exceso de mortalidad 2020 y 2021, municipios Valle del Cauca	68
Figura 15. Tasas ajustadas de mortalidad por COVID 2020 y 2021, municipios del Valle del Cauca	69
Figura 16. Valores observados versus imputados para municipios del Valle del Cauca	71
Figura 17. Variación porcentual de la mortalidad en municipios del Valle del Cauca con respecto línea base de movilidad (6 de enero al 20 de febrero año 2020)	72
Figura 18. Variación porcentual del indicador MPCA en municipios del Valle del Cauca con respecto línea base de movilidad (6 de enero al 20 de febrero año 2020)	73
Figura 19. Coeficientes de movilidad y exceso de mortalidad por municipios del Valle del Cauca	75
Figura 20. Coeficientes de movilidad y exceso de mortalidad por municipios del Valle del Cauca (año 2020)	77
Figura 21. Coeficientes de movilidad y exceso de mortalidad por municipios Valle del Cauca (año 2021)	79
Figura 22. Variación temporal de vacunación acumulada y sin acumular por semana epidemiológica por municipios Valle del Cauca (año 2021)	80
Figura 23. Porcentaje de vacunación acumulada por semana epidemiológica en municipios del Valle del Cauca	81
Figura 24. Descripción de medidas preventivas de mayor frecuencia, movilidad, mortalidad y tasa de exceso de mortalidad.	89
Figura 25. Descripción de medidas preventivas de menor frecuencia, movilidad, mortalidad y tasa de exceso de mortalidad	90
Figura 26. Efectos aleatorios por municipios y región, 2020 y 2021 (Modelo 2)	92
Figura 27. Efectos aleatorios por municipios y región, 2020 (Modelo 2)	94
Figura 28. Efectos aleatorios por municipios y región (Modelo 2)	97

Lista de Anexos

Anexo 1. Modelo de encuesta para recolección de datos de intervención (circulares, decretos)	123
Anexo 2. Avál comité de ética	123
Anexo 3. Avál institucional de la secretaria de salud departamental del Valle del Cauca	124
Anexo 4. Avál comité de postgrados Escuela de Salud Pública	127
Anexo 5. Variables mortalidad Covid-19	128
Anexo 6. Descriptivos de las tasas de privación de los municipios	129
Anexo 7. Variables sociodemográficas, tasas ajustadas de mortalidad por todas las causas y COVID-19 en los municipios del Valle del Cauca. (Fuente: Censo Poblacional 2018 y datos Secretaría Departamental de Salud 2015 a 2021)	130
Anexo 8. Exceso de mortalidad totales, año 2020	131
Anexo 9. Exceso de mortalidad totales, año 2021	132
Anexo 10. Resumen mortalidad y exceso de mortalidad por sexo y edad año 2020	133
Anexo 11. Resumen Mortalidad y exceso de mortalidad por sexo y edad año 2021	134
Anexo 12. Validación de ajuste mortalidad esperada (Values P por municipio)	135
Anexo 13. Promedio de tasa de mortalidad por año y municipio	136
Anexo 14. Exceso de mortalidad municipios año 2020	137
Anexo 15. Exceso de mortalidad municipio año 2021	138
Anexo 16. Mortalidad observada en Cali por semana epidemiológica periodos 2020 y 2021 versus promedio 2015 a 2019	139
Anexo 17. Mortalidad observada en municipios del Valle del Cauca por semana epidemiológica periodos 2020 y 2021 vs promedio 2015-2019	140
Anexo 18. Mortalidad observada en municipios del Valle del Cauca por semana epidemiológica periodos 2020 y 2021 vs promedio 2015-2019	141

RESUMEN

Introducción: El exceso de mortalidad, definido como las muertes por encima de lo esperado durante 2020-2021 debido al SARS-CoV-2, ha sido clave para evaluar las medidas preventivas. En Colombia, desde marzo de 2020, se emitieron decretos para reducir la infección y este exceso. En el Valle del Cauca, la Secretaría de Salud (SSD) monitoreó el exceso de mortalidad y aplicó medidas como aislamiento, cierre de escuelas y vacunación, cuando estuvo disponible, para contener el virus.

Objetivo: Evaluar el efecto de las medidas preventivas implementadas por los gobiernos locales en el exceso de mortalidad por la pandemia de COVID-19 en el Valle del Cauca durante 2020-2021.

Metodología: Se realizó un diseño ecológico para evaluar la relación entre el exceso de mortalidad y las restricciones de movilidad decretadas por los gobiernos municipales, como toques de queda y cuarentenas, así como la vacunación como medida preventiva. Los datos de mortalidad se obtuvieron del Registro Único de Defunciones (RUAF-ND), y se construyó una base con las medidas preventivas implementadas en municipios durante 2020-2021. Se analizaron las medidas de movilidad basadas en datos de Google y su relación con la mortalidad y variables sociodemográficas. El exceso de mortalidad se estimó comparando la mortalidad observada en 2020-2021 con los históricos de 2015-2019, utilizando un modelo binomial negativo por municipio. También se calcularon indicadores como la tasa de exceso por 1.000 habitantes y el P-score. Finalmente, se aplicó un modelo de regresión lineal generalizado mixto para analizar el efecto de las medidas preventivas, movilidad y vacunación sobre el exceso de mortalidad.

Resultados: Durante 2020 y 2021, las tasas de mortalidad más altas se registraron en personas mayores de 65 años, siendo significativamente mayores en hombres. En 2021, la mortalidad masculina casi se duplicó respecto a 2020, alcanzando 17,87 por cada 1.000, mientras que en mujeres fue de 9,85 por cada 1.000. Se registraron 72.917 muertes en total, de las cuales 19.533 superaron el promedio histórico y 12.140 correspondieron al exceso estimado por un modelo binomial negativo (BN). Las muertes por COVID-19 ascendieron a 13.304, representando el 68,1 % del exceso según el promedio histórico y el 109,6 % según el modelo BN. El exceso de mortalidad en 2020 fue de 6.113 muertes según el promedio histórico y de 3.403 por el modelo BN, mientras que en 2021 estas cifras fueron más del doble: 13.420 y 9.456, respectivamente. Cali, Buenaventura, Tuluá y Palmira registraron los mayores excesos en 2020, mientras que en 2021 municipios como Cartago, Florida y Obando también destacaron. Las medidas preventivas, como el aislamiento obligatorio y la restricción de movilidad, redujeron las tasas de mortalidad en las semanas siguientes a su implementación. Sin embargo, medidas como el pico y cédula y los aislamientos selectivos no mostraron significancia estadística. La vacunación y la exigencia del certificado de vacunación demostraron un efecto significativo en la reducción del exceso de mortalidad.

Conclusiones: Los resultados mostraron un mayor riesgo de mortalidad en hombres, especialmente en mayores de 65 años, siendo más evidente en 2021. Variables como el hacinamiento crítico y la dependencia económica tuvieron una asociación positiva con la mortalidad. En 2021, el exceso de mortalidad se duplicó respecto a 2020, y los periodos de mayor exceso se identificaron mediante diferentes métodos. En 2020, las medidas más efectivas para reducir la mortalidad fueron las restrictivas, como los aislamientos obligatorios y toques de queda. En 2021, la reducción del exceso de mortalidad estuvo asociada principalmente a la vacunación y la presentación del certificado de vacunación.

Palabras claves: COVID-19, medidas preventivas, exceso de mortalidad, diseño ecológico, movilidad, vacunación.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El panorama de exceso de mortalidad presentado en el 2020 a raíz de la aparición del virus emergente SARS-CoV 2 en la Ciudad de Wuhan, China alertó a los sistemas de vigilancia epidemiológica respecto al seguimiento de las tasas de mortalidad y su respectiva comparación con los años inmediatamente anteriores. Para enero 5 del año 2021, se reportaron 59 personas en la ciudad de Wuhan, de los que 7 estaban en condiciones críticas, mientras que para el 20 de enero de ese mismo año las autoridades habían reportado 200 infecciones y 3 muertes. Estudios iniciales mostraron que la tasa de transmisibilidad (R_0) era de 2 a 4 personas infectadas en promedio por cada persona que transmite el virus, también se incluyeron algunas métricas como el periodo de incubación y la proporción de personas a las que la infección llevaba a la muerte (1).

En las primeras semanas de 2020, los datos de los pacientes fueron limitados, a pesar de esta situación estudios epidemiológicos permitieron confirmar que el virus podría ser transmitido por personas que no presentaban síntomas y que este tenía un alto potencial pandémico. Teniendo en cuenta la evidencia científica disponible los gobiernos se enfrentaron a la realidad que esta situación podría ser más severa que lo que se anticipaba y los hospitales en el mundo tuvieron que prepararse en la atención de un alto número de admisiones de pacientes en cuidados intensivos. Al final, con pocas opciones para reducir las infecciones y muertes, sin la existencia de vacunas, muchos investigadores empezaron a modelar la efectividad de intervenciones no farmacéuticas. Los modelos sugieren que las infecciones y muertes podrían ser reducidas si las personas utilizaban máscaras, mantenían el distanciamiento social, y se quedaban en casa (1).

En Wuhan el 23 de enero se instauraron medidas de confinamiento total, y a mediados de febrero en 80 ciudades de China la movilidad fue restringida. Después de instauradas estas medidas, investigadores confirmaron que las medidas en salud pública como cierre de escuelas, reducción de movilidad y visitas en los hogares, disminuyó de manera importante la transmisión del virus. Otras investigaciones fuera de China también afirmaron que el virus se contenía cuando las instituciones educativas se cerraban y las reuniones sociales eran restringidas, además los investigadores sugieren que las restricciones debían ser prolongadas por un mayor periodo de tiempo para controlar el virus (1).

En el mundo se implementaron medidas de prevención para el control de la pandemia, tales como la detección temprana de casos y su aislamiento, seguimiento integral, cuarentena de contactos (2), y medidas de distanciamiento social y de confinamiento. Por ejemplo, en Europa la implementación del confinamiento parece haber mostrado un efecto en la disminución de fallecimientos reportados diariamente pasadas 2-3 semanas desde su inicio. Resultados del estudio de Flaxman et al (3) demostraron que existe una estrecha relación entre el número de fallecidos por COVID-19 totales y por millón de habitantes, en relación con los días transcurridos hasta el confinamiento.

En el año 2020, según cifras de la Organización Mundial de la Salud, se reportaron 1,8 millones de muertes por Coronavirus; hasta marzo de 2021 la pandemia causó 114 millones casos confirmados y alrededor de 2 millones de muertes a nivel global (4), como resultado un incremento de las cifras en la mortalidad general

En Colombia, la resolución 385 del 12 de marzo del año 2020 declaró la emergencia sanitaria por causa del COVID-19 y se empiezan a adoptar medidas frente al virus, entre ellas restricción de movilidad, con el fin de contener las cifras de contagio y reducir la carga de la atención de pacientes por COVID-19 en el sistema de salud. Las cifras reportadas de mortalidad por COVID-19 mostraron en las primeras semanas del año 2020 un ligero exceso de muertes que cayó entre las semanas 11 y 18, incluso con una leve tendencia hacia la baja por debajo del promedio histórico (5). Es a partir de las semanas 21/22 cuando se observa un cambio en la tendencia, registrando el inicio de un exceso de mortalidad general que empieza a ser notable en la semana 23 entre el 1 y 7 de junio, manteniéndose en constante crecimiento hasta el mes de agosto de 2020(5) .

Las anteriores cifras son explicadas por De la Hoz- Restrepo et al(6), en Colombia, después de implementado el confinamiento, se mantuvieron bajas incidencias y tasas de mortalidad hasta la mitad de mayo de 2020; No obstante, como la mayoría de los países mediante la apertura económica se activaron las actividades comerciales que propiciaron un incremento de casos y muertes (6).

Las intervenciones implementadas por el gobierno nacional y los gobiernos locales en el transcurso del 2020-2021 fueron modificadas empezando con enfoques de más a menos restrictivos de acuerdo a los contagios presentados y la disponibilidad de vacunas. El año 2020 se caracterizó por escenarios más restrictivos con cuarentenas totales en los primeros meses de la pandemia, mientras que para el año 2021 se abrió un poco más el comercio y los gobiernos locales fueron cediendo a enfoques menos restrictivos como alternancia y asistencia presencial en algunos puestos de trabajo que fueron prioritarios para el funcionamiento de la economía como el sector de servicios, salud y construcción.

En la tercera fase de la pandemia, la instauración del plan nacional de vacunación contra el COVID-19 fue consultado con la población en los primeros meses del año 2021. Con base en las recomendaciones se definieron los criterios de priorización de los segmentos poblacionales vacunando inicialmente a la población de mayor riesgo (adultos mayores) y la distribución resultante de las vacunas fueron aplicadas paulatinamente conforme a la disponibilidad de los biológicos. En el Valle del Cauca específicamente en la Ciudad de Cali según los reportes de vacunación de la Alcaldía Municipal para el 1 de marzo de 2022 se reportó al Ministerio de Salud más de 45.000 mil dosis, alcanzando un porcentaje de vacunación con segundas dosis del 70,4% (7) .

Previo y posterior al plan de vacunación nacional, es decir en las diferentes facetas de la pandemia, las alcaldías municipales, a partir del análisis de información de estadísticas de mortalidad con cierta regularidad implementaron medidas preventivas de mitigación como el confinamiento, restricción de movilidad para reducir el impacto de la mortalidad sobre todo en el primer año de la pandemia antes de contar con vacunas. Investigaciones

demonstraron que las medidas tomadas por los gobiernos y por individuos también influyeron en la tasa de mortalidad. Por ejemplo, ante diversas intervenciones, la tasa de mortalidad por eventos de tránsito podría declinar, pero las de suicidios podría incrementar (8,9).

Existe controversia sobre la relación que existió entre las diferentes medidas preventivas implementadas y el efecto en la reducción de la mortalidad, algunos estudios señalan que las restricciones de movilidad y estar en casa fueron medidas efectivas en el contexto de la pandemia global (10). Otros estudios encontraron que intervenciones no farmacéuticas estuvieron asociadas con bajas cifras de mortalidad por COVID-19, sin embargo, contrario a lo que se esperaba intervenciones como permanecer en casa tuvieron un menor efecto en la reducción de la mortalidad que permanecer en escuelas y lugares de trabajo (11). Por el contrario, otros estudios señalan como en los Estados Unidos a través de los datos de movilidad de Google los individuos redujeron la movilidad aún en la ausencia de la obligatoriedad de medidas preventivas sugiriendo que la respuesta de los individuos es conducida por la percepción del riesgo(12) . Adicionalmente se han realizado estudios para evaluar el efecto de medidas preventivas y el cambio en las atenciones en salud encontrando que al realizar intervenciones más estrictas se generó un incremento en las tele consultas y disminución de las atenciones presenciales(13) .

No obstante , sumado a los diferentes estudios ecológicos llevados a cabo a nivel global mayoritariamente en Reino Unido, Estados Unidos, Europa y Latinoamérica que buscaron determinar el efecto de las medidas preventivas en las diferentes fases de la pandemia, es necesario evaluar a un nivel más local en el Valle del Cauca la hipótesis de relación del exceso de mortalidad y un conjunto de medidas preventivas implementadas por las secretarías de salud y gobiernos locales, aprovechando la información disponible se pretende evaluar el efecto individual de un grupo de medidas de prevención instauradas, como toques de queda, confinamientos temporales, cierres de escuelas, disminución en la movilidad y la vacunación y su relación en el exceso de mortalidad. En este sentido, este estudio plantea como pregunta de investigación: ¿Cuál es el efecto de las medidas preventivas implementadas por los gobiernos locales en el exceso de mortalidad por COVID-19?

Desde el campo epidemiológico, el estudio contribuirá con metodologías de análisis de información de exceso de mortalidad, empleando un diseño ecológico en un contexto de pandemia que combina el conjunto de medidas que emplearon los entes gubernamentales para contener la pandemia como decretos, restricción de movilidad de personas en el territorio analizado. Evaluar el efecto de las medidas preventivas fortalecerá las acciones propias de cada uno de los actores del sistema partícipes en la toma de decisiones: sector salud y otros sectores, entidades territoriales y de academia e investigación.

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 Panorama pandemia COVID-19

La pandemia del COVID-19 ha afectado considerablemente la morbilidad y mortalidad de muchos países en el mundo. En Latinoamérica, especialmente en países como Brasil, llegó a niveles extremos, convirtiéndose por un tiempo en el epicentro de la enfermedad en el continente. Según cifras de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), el contagio en los 56 países y territorios de las Américas alcanzó los 96 millones de casos al 2 de diciembre de 2021. Durante el primer trimestre de 2021, fueron notificados más de 20 millones de casos, incluidas cerca de 500 mil defunciones en la Región de las Américas, de los cuales América del Sur, contribuyó con el 39% proporción de los casos(14) .

De acuerdo con reportes de casos confirmados a mayo de 2021, solo en Norteamérica se concentraron alrededor de 35 millones, siendo Estados Unidos el país con mayor afectación con un acumulado de 32 millones de personas diagnosticadas. Las cifras de mortalidad para toda la región de las Américas eran 1,2 millones, con Estados Unidos liderando el ranking de mortalidad con más de 500 mil fallecidos, seguido por Brasil con 400 mil muertes. Así mismo, para mayo de 2021, Colombia tenía un total de 2,9 millones de infectados, de los cuales un alto porcentaje se recuperó. Aun así, la tasa de letalidad en el país alcanzó un 2,6% (15).

En el Valle del Cauca para Diciembre 1 de 2021 se registraron un total de 5.071.817 casos, representando un 8% de los casos a nivel del país. Las ciudades con mayor contagio fueron Cali y Buenaventura con 285.770 y 10.108 casos respectivamente. El número de muertes reportadas ascendió a 7.428, correspondiendo a una tasa de letalidad del 3,1% en todo el departamento (16).

Como indicó el reporte del Grupo de Estadísticas Vitales del Ministerio de Salud en su informe de exceso de mortalidad (5) señala que en Colombia la mortalidad en tiempos de pandemia representó un constante desafío para establecer cuántas personas murieron por causa directa del COVID-19 o con la infección concomitante o por otras causas relacionadas. Para el registro y recuento diario y semanal de las muertes por COVID-19 y por todas las causas, el país cuenta con el Registro de Defunciones adscrito al Registro Único de Afiliados al SGSSS (RUAF-ND) que administra el Ministerio de Salud y Protección Social y los registros del Sistema de Vigilancia en Salud Pública (SIVIGILA) que administra el Sistema Nacional de Salud (5).

En el departamento del Valle, la Secretaria de Salud Departamental estima escenarios de excesos de mortalidad según proyecciones del COVID-19 que son generadas regularmente a través de reportes de defunciones reportadas al SIVIGILA y al RUAF-ND(17) , para ello se organizan los datos de mortalidad por semana de la defunción desde el periodo de 2015-2021, mediante metodologías estadísticas se calcula el promedio de muertes semanales y se construye un canal endémico a través de intervalos de confianza alrededor del promedio. Los

resultados del boletín a febrero 26 de 2021 periodo cercano al segundo pico epidémico evidenció que las muertes en 2020 superan el límite superior e inferior de confianza al 95%. Este exceso de mortalidad se pone de manifiesto a partir de la semana epidemiológica 27 y se mantuvo de manera continua durante todo el año.

2.2 Factores y sociodemográficos y mortalidad por COVID-19

En el estudio que explora el exceso de muertes en el contexto de la pandemia en Latinoamérica, Lima et al (18) señalan que hay una gran demanda en analizar el impacto de la infección por COVID-19 en la cantidad de muertes, pero aún hay falta de información disponible de las causas de muerte, siendo un vacío en muchos de los países en la región. De ahí que los estudios sobre el exceso de mortalidad y las variables sociodemográficas que representan un papel importante en la explicación de este fenómeno. Por otro lado, en América Latina la pandemia evidencia situaciones contextuales en las que se cuestiona la efectividad de políticas adoptadas para el control y mitigación de los efectos de la pandemia

Como lo hace notar Canales A. en el estudio la desigualdad social frente al COVID-19 en el área metropolitana de Santiago Chile(19), la desigualdad imperante en la región también ha contribuido a la expansión de la pandemia. La pobreza, la precariedad de las condiciones de vida constituyen situaciones de mayor vulnerabilidad de la población frente al virus y sus consecuencias en materia de salud y mortalidad. En función de estos planteamientos, como señala Canales A. (19) la desigualdad social frente a la muerte por COVID-19 en el área metropolitana de Santiago concentra el 55% de los casos de contagio de COVID-19 y el 62% de las defunciones por esta causa en Chile. En este contexto, encuentran que las condiciones de precariedad, pobreza, hacinamiento y mayor movilidad laboral cotidiana, que, entre otras, caracterizan el entorno social en las comunas populares de Santiago de Chile, contribuyen a que el virus se expanda más rápidamente y tenga efectos más graves en las condiciones de salud y mortalidad de poblaciones afectadas (19).

Otros estudios resaltan como la mortalidad por COVID-19 se vio afectada por factores como el hacinamiento crítico en varios países de Latinoamérica, resaltando que viviendas en condición de vulnerabilidad con individuos con mayor precariedad laboral y falta de acceso a servicios básicos presentaron mayores desafíos para la protección por el virus (20).

En Latinoamérica según el estudio denominado mortalidad por COVID-19 y las desigualdades por nivel socioeconómico y por territorio ubicó a Colombia como el tercero en exceso de muertes en 2020 y estimo que el porcentaje de personas en viviendas en situación de hacinamiento fue del 21.7%, además este mismo estudio mostró que la relación entre la mortalidad estimada a través de las estadísticas vitales y el hacinamiento crítico por la municipalidades para todos los países mostró un R^2 de 0,125 y un coeficiente significativo para la inclinación de la línea de regresión indicando una posible relación positiva entre las condiciones de hacinamiento de los municipios y la mortalidad observada en el 2020 (20). Aunque para Colombia por la heterogeneidad observada en los datos el ajuste del modelo de regresión no fue muy bueno se observó que la relación de muertes observadas versus las

esperadas fue mayor que uno en más del 50% de los municipios y que en general muestra una asociación positiva con el porcentaje de personas viviendo en hacinamiento crítico (20).

Además, el estudio de la CEPAL acerca de los impactos sociodemográficos de la pandemia de COVID-19 en América Latina y el Caribe resalta múltiples factores de riesgo tales como la urbanización, densidad poblacional, hacinamiento, déficit de acceso a servicios básicos y debilidades estructurales del sector salud, destacando que la densidad de población áreas urbanas en 2020 fue del 81%, y que el 35% de la población habitaba en ciudades con más de un millón de habitantes, representando la aglomeración poblacional un factor de riesgo en la transmisión del COVID-19 (21); Sin embargo, el estudio resalta que la difusión generalizada de la pandemia llevó los contagios a todos los territorios, incluso a los territorios rurales y pueblos originarios. En este contexto en la región se acumularon diferentes tipos de déficits considerados como factores de riesgo frente al contagio de COVID-19, como el hacinamiento, la falta de acceso de servicios básicos como saneamiento, agua y electricidad; la combinación de estos déficits afectó principalmente a la población de bajos ingresos y en la forma de habitar las viviendas donde sobresalen cifras que indican que en 2020 el 25.3% de los hogares urbanos de la región vivía en condiciones de hacinamiento, es decir más de dos personas por dormitorio, y que esta cifra alcanzaba el 47.6% de los individuos en el quintil de menores ingresos (21).

Así mismo, otros estudios destacan como a nivel mundial existieron unos factores en el riesgo de muerte por COVID-19 que prevalecieron como fue el sexo y el grupo de edad en los diferentes países. Uno de estos estudios buscó encontrar diferencias en términos de las tasas de mortalidad y en el riesgo de muerte en 73 países durante el 2020 y 2021 evidenció que en todos los países analizados se registraron 1.274.663 y 971.899 muertes en hombres y mujeres respectivamente. Adicionalmente, en este mismo estudio se encontró que la tasa de infección-fatalidad (IFR) fue más alta en hombres con 3.17% y un 2.26% en mujeres, en términos generales según este estudio los hombres presentaron un mayor riesgo de muerte por COVID-19 que las mujeres (OR, 1.22; 95% CI, 1.13-1.32; =0.00001) (22).

En Colombia, los estudios reportaron que el comportamiento de la mortalidad por sexo fue diferencial según datos reportados para el 3 de julio de 2020 de los 3.641 fallecidos, 2.258(62%) eran hombres y 1.383 (38%) mujeres, evidenciando que en los fallecimientos existió una mayor relación de muertes en hombres que en mujeres(23) . También, el mismo estudio resalta como la mortalidad es mayor a partir de los 50 años indistintamente del sexo de las personas, encontrando que la frecuencia de casos confirmados es diferente según la edad y con mayor frecuencia entre los 21 a 60 años (67%). Además, el número de fallecidos por edad es más notable, con mayor concentración en los mayores de 50 años (85.9%) (23).

A nivel local, de acuerdo al Boletín semanal 59 COVID-19 (enero 2020- julio 30 de 2021) en el departamento del Valle del Cauca se han registrado estadísticas diferenciales respecto a la mortalidad por edad y sexo, se observó que el número de fallecimientos en mujeres fue de 4.600 y en hombres 7.393, con una concentración de más del 50% de fallecimientos en edades mayores a los 60 años (24)(25). Adicionalmente, a los análisis mediante medidas de asociación se encontró que la población de 80 años tiene una oportunidad 31 veces mayor de

morir que los menores de 60 años. Así mismo, se encontró que el sexo masculino tiene 74% mayor oportunidad de morir en comparación con el sexo femenino (24) (25).

La investigación desarrollada por Bollikly et al(26) identificó mediante un análisis exploratorio de las tasas de infección y mortalidad, la relación con factores contextuales asociados con la preparación para la pandemia de COVID-19 en 177 países, desde enero de 2020 a septiembre de 2021, y consolidó resultados del Instituto de Métricas y Evaluación de la Salud con base en las estimaciones de infecciones reportadas desde la hospitalización, casos reportados y muertes que cuentan para el exceso de mortalidad debido a la pandemia de COVID-19. Este estudio contempló variables adicionales tales como métricas del sistema de salud y capacidad de respuesta y preparación para la pandemia. Adicionalmente, se incluyeron variables asociadas con la estructura de edad de la población y factores medioambientales (26). Se encontró que los factores que explicaron las mayores variaciones de la tasa de infección acumulada incluyeron la proporción de población viviendo a menos de 100 m (5.4% de la variación), el PIB per cápita (4.2%), en términos de la tasa de infección fatalidad por COVID-19 los factores de mayor variación fueron: la edad (46.7%), el PIB per cápita (3.1%) y la media nacional del BMI (1.1%) (26).

Otros estudios evidencian como la mortalidad se encontró asociada a factores de riesgo relacionados a la mayor severidad de la enfermedad como enfermedades cardiovasculares, diabetes, obesidad, hábitos de fumar o tomar, en un estudio denominado factores sociales que se relacionan con el impacto en casos y muertes de COVID-19 en municipalidades en los Estados Unidos se destacaron los factores socioeconómicos y de estilos de vida que pueden explicar el impacto del virus. El estudio a través de un modelo de panel utilizó la mortalidad como variable respuesta y encontró que la distribución de factores de riesgo tales como diabetes (1,032*), obesidad (0.968**), hábitos como la ingesta de alcohol (0.986*) y son significativos a un 5% de significancia para explicar las diferencias de mortalidad entre las ciudades. Aunque el hábito de fumar no fue significativo la asociación fue positiva con un intervalo de confianza IC 95% (0.99-1.01) (27).

Por otro lado, otro estudio que evaluó la relación de los factores sociales y económicos asociados con la mortalidad en las Américas se obtuvo que las variables envejecimiento poblacional ($r=0.35$), cobertura de salud pública ($r=0.48$) tuvieron una correlación positiva con la mortalidad, y el desarrollo humano mostró una correlación positiva fuerte ($r=0.53$). Así mismo, se encontró que la densidad poblacional tiene una correlación negativa ($r=-0.36$); mientras variables de infraestructura de salud, desigualdad económica y empleo resultaron no tener una correlación estadísticamente significativa con la mortalidad (28).

También en el estudio de factores económicos y de estilos de vida (27) se encontraron que en el modelo de regresión variables relacionadas con la mortalidad como la tasa de desempleo (0.92**), inseguridad alimentaria (0.923***), e ingresos per cápita (2.149***) y el índice de Gini (7.65**) que fueron significativas en un 5% de significancia; en los factores sociodemográficos se encontró también que el tipo de educación inferior a la educación secundaria (1.025**) y estudiar en una institución técnica (1.035**) fueron significativas en el modelo; en términos de la etnicidad se encontró que ser negro no hispano

(1.037**), asiático (0.97**), hispano (0.98**), de múltiples razas (0.961**) y nacido en el extranjero (1.037***) fueron factores asociados a la mortalidad por COVID-19 (27).

En cuanto a otras variables sociodemográficas que pueden tener relación con la mortalidad por COVID-19, el estudio tendencias de COVID-19 en las regiones de Colombia con la más alta carga de la enfermedad de Chaparro et al encontraron que las variables que se correlacionaron positivamente con la mortalidad entre los periodos de marzo a junio 2020 según el coeficiente de Spearman fueron el promedio de personas viviendo en el hogar (0.615), ser hombre (0.44), en cuanto a la pertenencia étnica destacan el ser indígena (0.56) o afrocolombiano (0,41), en los niveles educativos tener una educación primaria (0.60) o secundaria (0.55) se asocia positivamente. Otras variables demográficas que se asociaron positivamente en los dos periodos estudiados marzo- junio y marzo-septiembre se encuentran el NBI (0.89) y el Índice de Pobreza Multidimensional (0.879) (29).

2.3 Exceso de mortalidad

Uno de los referentes utilizados en este estudio fue el propuesto por el análisis desarrollado en Inglaterra y Gales en el que se modeló el exceso de mortalidad utilizando modelos lineales generalizados (GLM), que incluían población expuesta y el tiempo como un estimado de las semanas en cada una de las dos regiones estudiadas, se estimó un exceso de mortalidad de alrededor 62.000 muertes en exceso que ocurrieron en Inglaterra y Gales durante las semanas 13 a 33 del año 2020, lo cual según los resultados del artículo concordaba con los hallazgos de la oficina de estadísticas nacionales en esta región (10).

Además, se estimó aproximadamente 93.000 muertes en exceso se hubieran presentado si no se hubieran establecidos medidas para la reducción de la movilidad con intervalos de confianza de IC 95% entre 85.400 a 102.500 muertes, los estimados por regiones mostraron que los valores mínimos de exceso fueron de 3.600 en la región noreste y un máximo de 22.000 muertes en exceso en la región de Londres (10).

En un estudio realizado en Navarra España se estimó el exceso de mortalidad por COVID-19 y otras causas de mortalidad para estimar el exceso de mortalidad se agruparon las muertes por semana, sexo y grupos de edad; Adicionalmente los datos históricos del periodo 2016-2019 se utilizaron para estimar las muertes semanales esperadas utilizando para ello un modelo de regresión de conteo tipo Poisson que tenía en cuenta la tendencia temporal y la variabilidad estacional de la mortalidad (30). El exceso de mortalidad semanal en 2020 se calculó comparando los fallecimientos en cada semana de 2020 (muertes observadas semanales) versus las estimadas mediante el modelo de regresión. Adicionalmente, se calcularon los excesos de mortalidad por grupo 5 grupos de edad (0-44, 45-54, 55-64, 65-74 y los mayores de 85 años)(30). La validación del modelo comparado con un modelo básico que no ajustaba por factores estacionales mostró que el valor-p de la prueba de Diebold-Mariano fue inferior 0,05 ($p=0,007$), también se validó mediante la prueba de bondad de

ajuste Chi-cuadrado de Pearson que el valor fue igual a uno por tanto el modelo se ajustó a los datos y no se evidenció sobre dispersión (30).

Así mismo, en este mismo estudio se calcularon las tasas ajustadas de exceso de mortalidad utilizando la población estándar europea 2013 utilizando el método de directo para el ajuste de tasas de mortalidad. En el estudio se encontró que el número anual de fallecimientos en el periodo 2016-2020 en Navarra fue de 5.743, 5.849, 5.827, 5.568 y 6.669, respectivamente. Las muertes esperadas en el 2020 según el modelo Poisson correspondieron a 5.588 por lo que el exceso de muertes fue de 1.081, un 19.8% más de lo esperado (30). Se encontró que, aunque las cifras absolutas de exceso de mortalidad fueron similares entre hombres y mujeres (531 versus 550), al estimar las tasas de mortalidad ajustada por sexo y edad las tasas de exceso de mortalidad fueron más alta en hombres que en mujeres (177 versus 107 por 100.000 habitantes, respectivamente). Otro hallazgo importante fue que para el grupo de 45-54 años se registró un descenso significativo de la mortalidad con respecto a la esperada encontrando negativa de -28 muertes por cada 100.000 (30). Por otro lado, también fueron significativos los excesos de mortalidad en los mayores de 55 años y dichas tasas aumentaban con la edad. Adicionalmente, se encontró que las tasas de exceso de mortalidad eran más altas entre los hombres que en las mujeres en todos los mayores de 55 años, y que las muertes Codificadas como COVID-19 en 2020 en Navarra (1.183), superaron el exceso de fallecimientos estimado global (1.081). Sin embargo, el patrón por grupo de edad y sexo mostro que en el grupo de 55-a 64 años se estimaron 108 fallecimientos en exceso y hubo 44 muertes por COVID-19, entre las mujeres mayores a 85 años se observa una similitud con un estimado de 362 muertes en exceso y fallecimientos por COVID-19 correspondientes a 419; además el 87% de las 1.183 muertes por COVID-19 se registraron entre los mayores de 75 años. Las tasas de mortalidad por COVID-19 aumentan con la edad en ambos sexos y fueron más altas en hombres que en mujeres en todos los grupos de edad (30).

En Latinoamérica, según su informe exceso de mortalidad en población en edad de trabajar, año 2020 la Organización Panamericana de la Salud puntualiza la importancia de las pérdidas del empleo en poblaciones vulnerables que dependen de empleos informales, donde las cifras indican que en América Latina estas cifras oscilan entre el 24,1 % en Uruguay y 75,1% en Bolivia (50). Este informe estimo que el exceso de muertes en Colombia para hombres correspondió 37.743 y en mujeres 21.580. En la relación a la edad de trabajar el estudio que cuantifico que la población en edad de trabajar tuvo mayor afectación con un porcentaje de muertes entre los 15 a 69 años del 44% y 42% en hombres y mujeres respectivamente (31) .

Una de las aproximaciones metodológicas para estimar el exceso de mortalidad en Colombia fue la utilizada por el equipo de Vital Strategies de la Organización Panamericana de la Salud, esta metodología se define a partir del conteo de muertes semanales que se comparan a partir de umbrales específicos con base en promedios históricos y los límites de confianza alrededor del promedio, que se asemeja a un canal endémico, siendo los límites de confianza los valores puntuales que permiten monitorear cuando el exceso de mortalidad esta por fuera del rango de variabilidad normal. Está aproximación permitió una vigilancia rápida en la pandemia de los niveles anormalidad en el número de defunciones y tomar rápidamente medidas correctivas (5).

En una escala más regional el estudio de vigilancia demográfica de la mortalidad por COVID-19 en Colombia 2020 realizó estimados de excesos de mortalidad utilizando el promedio histórico semanal del número de fallecimientos durante todo el 2020 con fechas de corte 28 de diciembre de 2020 y 3 de enero de 2021. En los resultados se observó un ligero exceso de mortalidad en las primeras semanas del año 2020, seguido de una caída en las semanas 11 y 18 ubicándose por debajo de lo observado en el promedio histórico del mes de abril, esta caída se atribuye al inicio de los periodos de confinamiento (5).

Según el estudio de vigilancia, es a partir de las semanas 22/23 cuando se observa un cambio en la tendencia registrando el inicio de un exceso de mortalidad por todas las causas que empieza a ser notable en la semana 23 entre el 1 y 7 de junio, manteniéndose en constante crecimiento hasta alcanzar su máximo valor en la semana 31 (julio 27 – agosto 2) coincidiendo con el primer pico de la pandemia y el mayor número de muertes confirmadas de COVID-19 registrado por semana (5). Posterior al pico, se observa un decrecimiento constante hasta la semana 38 a mediados de septiembre cuando el comportamiento se torna estacionario hasta la semana 49 en la última semana de noviembre, cuando de nuevo inicia un incremento continuo durante todo el mes de diciembre, anticipando lo que sería el segundo pico de la pandemia que ha alcanzado valores máximos en el mes de enero de 2021 por encima del valor máximo del primer pico (5). Luego, de alcanzado estos dos picos, en el mes de febrero de 2021 la mortalidad desciende explicando apenas un 25% de exceso, posteriormente se observó un incremento marcado a partir del 15 de marzo de 2021 configurándose de esta forma la tercera ola de la pandemia con un aumento importante en la última semana de mayo y el pico más alto de la pandemia registrado en la semana 25 hacia finales del mes de junio (32).

En cuanto a los estimados de exceso de mortalidad en el informe de vigilancia epidemiológica se estima que el número de exceso de muertes acumulado en 2020 por encima del promedio histórico fue de 67.864 defunciones con un porcentaje de exceso acumulado de mortalidad del 29% y porcentaje del 70% debido a la mortalidad por COVID-19 (5). Además, por sexo se observa que el exceso de mortalidad se presenta de una manera marcada en los grupos de 60 años o más con una razón de exceso de 4 hombres por cada 3 mujeres. Entre los menores de 60 años el comportamiento de la mortalidad muestra un exceso moderado y estable durante el periodo analizado. En relación a las muertes por COVID-19 las muertes en hombres fueron 1,7 veces más que en las mujeres con porcentajes del 63,4% en hombres y 36,6% en mujeres, de las muertes registradas en el año 2020 (32).

Además, en el estudio de medición de mortalidad por todas la causas y COVID-19 a través de una metodología para la estimación del exceso de la mortalidad utilizando promedios históricos estimo que las muertes totales para el año 2020 y 2021 fueron de 666.582, de las cuales 202.582 estuvieron por encima del promedio histórico representando un 47,3% del exceso de mortalidad en el bienio (5); Las cifras más actualizada que presenta este informe para cada uno de los años muestran que el número de exceso acumulado en 2020 por encima del promedio histórico es de 72.044 defunciones para un porcentaje de exceso acumulado de mortalidad total de 30,8% y un porcentaje acumulado del 63% debido a la COVID-19 que contribuyen a dicho exceso; Por otro lado, en 2021 el número de muertes totales por

encima del promedio fue de 130.538 defunciones que representan un exceso de mortalidad del 56.9%, con un 65% de las muertes en exceso debidas al COVID-19 (5).

En el informe también se realizó una estimación de la distribución del exceso de mortalidad total anual acumulada por departamentos encontrando que el porcentaje de exceso de mortalidad reportado por encima del límite superior del intervalo de confianza fue del 25,9% en el 2020 y 47,5% en el 2021, este comportamiento fue diferencial entre los departamentos encontrando que los departamentos con mayor porcentaje de exceso de mortalidad son amazonas con porcentajes de 95% y 80% en el 2020 y 2021 respectivamente, le siguieron departamentos de la costa atlántica como Magdalena, Cesar, San Andrés Islas y La Guajira, la zona centro (Bogotá, Cundinamarca, Santander) y la Orinoquia (Casanare, Meta) (32). En el Caso del Valle del Cauca los porcentajes de exceso de mortalidad y de exceso por encima del umbral estuvieron en un rango no muy alto en el 2020 con un 23,4% y un 20,6%(32) . Sin embargo, en el año 2021 estos valores se incrementaron con porcentajes de exceso y por encima del límite de confianza de 46,7% y 43,5% quedando apenas debajo de departamentos como La Guajira, Antioquia y Chocó. Además, el estudio resalta que las 4 ciudades principales (Bogotá, Barranquilla, Medellín y Cali) ha concentrado los mayores picos en las diferentes olas pandémicas por COVID-19 (32).

Adicionalmente, la investigación denominada ¿ Cuantas muertes de más ocurrieron durante la pandemia por COVID-19?; presento en su boletín técnico interactivo una metodología para la estimación del exceso de la mortalidad mediante un enfoque ecológico de las defunciones que ocurrieron entre 2015-2021 reportadas por el Departamento Administrativo de Estadística utilizando variables como número de muertes por año, sexo, grupo de edad, departamentos y semanas internacionales ajustaron algoritmos de Farrington que implicaron modelos lineales generalizado (GLM) con funciones de enlace Poisson (48). El estudio estimo un exceso de la mortalidad para 2020 y 2021 de 140.970 muertes por encima de lo esperado con un promedio semanal de exceso de muertes correspondió a un 27,5% más respecto al promedio histórico; según los resultados por año en el 2020 se presentaron 43.977 (17,4%) muertes por encima de lo esperado con un promedio semanal de fallecimiento de 846 muertes, para el año 2021 se registró un incremento de 96.929 con un 37% más de lo esperado en la mortalidad equivalente a un promedio semanal de muertes de 1.345 (33).

De la misma manera, en diferentes estudios en exceso de mortalidad en Colombia como el del Instituto Nacional de Salud muestran como por sexo para el periodo de la pandemia el exceso de la mortalidad fue mayor en hombres con 90.047 muertes por encima de lo esperado, mientras que las mujeres reportaron 50.860 muertes más de las pronosticadas, estos datos también se evidencian en el porcentaje de exceso de mortalidad por año siendo en el año 2020 un 22% en hombres y un 11,8% en mujeres, este panorama fue el mismo en el año 2021 donde el porcentaje de exceso en hombres correspondió a 41,8% mientras que en las mujeres 31,7% (33). También se observó que en el cruce del exceso de mortalidad por grupo de edad mediante el acumulado del porcentaje de exceso de mortalidad no se observan diferencias importantes en la mortalidad de 2020 y 2021 entre la población menor de 60 años y la de 60 años y más (27,2% versus 27,6%) (48). Sin embargo, por años es más evidente la diferencia en los porcentajes de exceso, en 2020, el grupo de edad de 60 años y más

presentaron un exceso de 19,7% siendo mayor que en el grupo de menores de 60 años con un 12%; en el 2021 este contraste en el porcentaje fue mayor en edades de menos de 60 años con 41,7% con solo 32,6% en edades de 60 años o más (33).

Por otro lado, los resultados a nivel Colombia muestran que el comportamiento del exceso de mortalidad es diferencial por sexo, presentando una mayor afectación en los hombres que las mujeres con una relación de 1,3 hombres por cada mujer en exceso de muertes, también se observó un patrón de sobremortalidad masculina en edades de personas jóvenes (20 a 24) falleciendo 4 hombres por una mujer fallecida, lo anterior se explicó por la mayor incidencia de muertes de causas violentas en la población masculina más joven. Además, el índice de sobremortalidad por COVID-19 fue mayor en 2020 con valores máximos de 181 muertes masculina por cada 100 en mujeres. Por grupos de edad, el índice de sobremortalidad masculina mostró que en el 2020 esta mortalidad fue el doble en grupos de 30 a 64 años; No obstante, en el año 2021 esta mortalidad se incrementó en edades menores (30 a 50 años); además en las franjas de 50 a 74 años, en 2020 fallecieron 2 hombres por cada mujer, mientras que en el 2021 la relación fue de 3 hombres por cada 2 mujeres (5).

También en Colombia la mortalidad por todas las causas y COVID-19 mostró aspectos diferenciales entre la población menor a 60 años y la de 60 o más tanto en hombres como en mujeres, se encontró que tanto en hombres como en mujeres el exceso de mortalidad se encontró de manera más marcada en grupos de 60 años o más con una tendencia en la serie de tiempo de la mortalidad muy similar, pero con una razón de muertes en exceso de 4 hombres por cada 3 mujeres (5). Respecto a los 4 grupos de edad propuestos 0-39, 40-59, 60-79, y de 80 o más años se observó un comportamiento de acuerdo a lo esperado al ser implementadas las medidas de contención, como fue el bajo impacto de mortalidad en la población de niños y adultos jóvenes sanos donde los excesos de mortalidad se mantienen dentro de los límites de confianza establecidos, mientras que en grupos más avanzados de edad se observa una mayor carga de la mortalidad con una mayor afectación a población entre 60 a 79 años durante el tercer pico de la pandemia, y un leve aminoramiento en adultos mayores a 80 años posiblemente explicado por una mayor cobertura de la vacunación en este segmento de edad (5).

Por último, a un nivel más local en la investigación del exceso de mortalidad por todas las causas en el marco de la pandemia que fue desarrollada en el año 2020 en el Valle del Cauca (34), se modeló el exceso de mortalidad utilizando tres aproximaciones estadísticas para el cálculo de la mortalidad esperada: la media aritmética, modelos de regresión lineal y modelos autorregresivos de medias móviles (ARIMA) (34). Los resultados evidenciaron que para el cálculo de las tasas específicas de mortalidad por todas las causas la razón promedio fue de 1,39 muertes en hombres por cada mujer, comparando las tasas fue notorio el incremento en el año 2020 con una tasa en hombres de aproximadamente 850 por cada 100.000 y en mujeres de 540 por cada 100.000. adicionalmente, de los métodos evaluados el mayor exceso de mortalidad tanto global como por sexo se obtuvo utilizando los promedios históricos, en segundo lugar, la regresión lineal y de tercero el modelo ARIMA, los análisis muestran que el exceso promedio global de la mortalidad de los tres métodos es del 18,4%, y desagregado por sexo muestra que este es superior en hombres (23,3%) frente a el porcentaje en mujeres

(9,6%). La razón de tasas de lo observada frente a lo esperado con valores por encima de uno en los tres métodos propuestos tanto en la tasa global como por sexo (34).

Complementario, en este mismo estudio sobre el exceso de mortalidad en el Valle de Cauca (34) se realizó la comparación del exceso de mortalidad con la mortalidad por COVID-19 en relación al exceso del número de defunciones observadas registradas por el DANE en 2020 se encontró que fueron alrededor 32.708 y las esperadas fueron de 27.643, superando por 5.065 muertes la mortalidad esperada, mientras que el boletín diario COVID-19 mostró que se presentaron 4.273 muertes en el 2020 a causa del virus, por tanto en el estudio se concluye que el exceso de mortalidad por todas las causas en 2020 no se explicaba por solo por el virus del COVID-19, dado que las muertes superan en más de 700 las que ocasiono el virus (34).

2.4 Exceso de mortalidad y medidas preventivas

El estudio Basellini et al (10) vincula el exceso de mortalidad con la movilidad de los individuos durante la primera ola del COVID-19 en Inglaterra y Gales e indaga la relación entre el exceso de mortalidad y la movilidad usando un acercamiento de modelo lineal generalizado (GAM), y encontró que la tendencia general de mortalidad cambió al implementar NFI (Medidas de Intervención no Farmacéuticas según la sigla en español). La reducción de una desviación estándar en el índice de movilidad estuvo asociada con la reducción de 3,75 en la tasa de exceso de mortalidad por cada 100 mil individuos cinco semanas después; evidenciando una fuerte variación del índice de movilidad en casi 4 desviaciones estándar a través de todas las regiones como consecuencia de la introducción de NFI (10).

El modelo permitió estimar el número de muertes atribuidas a la reducción de la movilidad, simulando un escenario contrafactual en el cual se asume que la movilidad no se detiene seguido de la introducción de NFI; en este último se conserva en los niveles observados antes de la implementación de tales medidas (10). Se encontró que los resultados estaban alineados con la evidencia existente de que la restricción de la movilidad y medidas de confinamiento son medidas efectivas en el contexto de la pandemia global. Adicional, los resultados sugieren que el número potencial de exceso de mortalidad podría haber sido mucho más alto en la ausencia de intervenciones (10).

En la definición de categorías de intervención, el estudio de Ferguson Neil et al (35) evaluaron la factibilidad de estrategias de medidas preventivas para contener el COVID-19, mediante la evaluación de un amplio rango de medidas NFI. Se usó un modelo de simulación desarrollado para explorar escenarios para COVID-19, bajo el supuesto de que los individuos residen en áreas con alta densidad poblacional, los contactos con otros individuos se definen dentro del hogar, en el colegio, lugar de trabajo y en una comunidad más amplia. Los datos censales fueron utilizados para definir distribución de la edad y hogares. Se consideró el impacto de 5 diferentes intervenciones no farmacéuticas (NFI) implementadas de manera individual y conjunta (35).

En cada caso se representó la intervención mecánicamente dentro de la simulación. Se emplearon supuestos conservadores acerca del impacto de cada intervención y cambios compensatorios en contactos asociados con reducir tasa de contagios en escenarios específicos fuera del hogar. Se definieron 6 categorías de intervenciones: aislamiento en casa, cuarentena voluntaria en casa, distanciamiento social de aquellos mayores a 70 años, distanciamiento social de la población entera, cierre de escuelas y universidades. El estudio encontró que la mitigación reduce el impacto de la pandemia mediante el achatamiento de la curva, reduciendo el pico de incidencia y el promedio de muertes (35).

Otro hallazgo en el estudio, evidenció que, para mitigar la mortalidad, las intervenciones necesitan permanecer por un periodo más largo de tiempo. En Europa, el estudio de Flaxman et al (3) evaluó el efecto de intervenciones a través de 11 países para el periodo de inicio del COVID-19 en febrero de 2020 a mayo de 2020. Para cada país se modeló la tasa de infección, el número de muertes y el número reproductivo efectivo (R_t). Este número reproductivo efectivo (R_t) fue modelado como una función constante que cambia solamente cuando una intervención ocurre. Se estimaron grandes reducciones en R_t en respuesta a intervenciones no farmacéuticas combinadas. Los resultados sugieren que las intervenciones tienen conjuntamente un efecto en la transmisión, en países con las mayores tasas de infección. Se encontró que en países como Noruega y Bélgica un promedio del R_t posterior a la intervención de 0,44 y 0,82 y un promedio para todos los países de 0,66 y una reducción del 82% comparada con valores de preintervención (3).

En el estudio denominado preparación en la pandemia por COVID-19 cuyo objetivo fue el de investigar las posibles correlaciones entre las infecciones y las tasas de mortalidad de infección con factores que los tomadores de decisiones pueden administrar tales como: movilidad, indicadores de capacidad del sistema de salud, variables de gobernanza, y medidas de inequidad y confianza en los gobiernos (26), se encontró que los factores que explican la mayor variación de las tasas acumuladas de infección fueron la proporción de la población viviendo a menos de 100 metros, el GDP per cápita, y la proporción de infecciones atribuidas a la estacionalidad. Donde la mayoría de la variación de la infección entre países no pudo ser explicada.

Por otro lado, los factores que explicaron mejor la tasa de mortalidad por infección por COVID-19 (IFR) en el mismo periodo de tiempo fueron el perfil de la edad del país, el GDP per cápita y la media nacional del índice de masa corporal. Sin embargo, índices de preparación para la pandemia no se encontraron asociados con tasas de infección o IFRS. No obstante, otras medidas como confianza en el gobierno y menos niveles de corrupción estuvieron asociados con altas coberturas de vacunación en países de medianos y altos ingresos.

Adicionalmente, bajos niveles de corrupción se asociaron con grandes reducciones de movilidad, indicando que los países con mayor nivel de ingresos y nivel de confianza tienen acatar las medidas de reducir la movilidad. Adicionalmente, la cobertura de vacunación en

los países se correlacionó positivamente con la confianza en los gobiernos y la interpersonal con una correlación estadísticamente significativa para todos los países ($p=0.006$ y $p<0.0001$). La corrupción gubernamental evidenció una relación negativa que fue significativa con la reducción de la movilidad ($p=0.0001$) y positiva con la cobertura de vacunación ($p<0.0001$) (26).

Así mismo, un estudio utilizó datos de 43 países y todas las provincias en los Estados Unidos, evaluó el posible efecto de las políticas de distanciamiento social y políticas restrictivas de confinamiento. En el estudio se encontró que las políticas de confinamiento no condujeron a la reducción del exceso de mortalidad. Sin embargo, las políticas restrictivas impactaron la trayectoria de la pandemia de COVID-19, donde las regiones que implementaron las políticas de manera más temprana experimentaron menos muertes (36). A nivel de país se encontró que una semana de retraso en la implementación de políticas restrictivas de confinamiento estuvo asociada con un incremento de 9 (95% CI: -0.3 a 18.3) en el exceso de muertes por 100 habitantes en la población (36).

Adicionalmente, cuando se compararon entre estados se encontró una relación opuesta 0.4 (95% CI -7.8 a 7), con una asociación pequeña en relación al intervalo de confianza, encontrando un pequeño incremento en el exceso de muertes, sin embargo, los intervalos se traslapan. Según los resultados del estudio se encontró que, al comparar entre el panel de países, se presentó una tendencia creciente con 2.7 (95% CI 1.0 a 4.3) de incremento en el exceso de muertes por cada 100.000 habitantes, indicando que los países con mayor duración en la implementación de políticas restrictivas son los que tuvieron mayor número de exceso de muertes por cada 100.000 habitantes en las siguientes 24 semana posterior a una muerte por COVID-19. Pese a que en los Estados Unidos la asociación fue más pequeña se encontró que el incremento en la duración de las medidas restrictivas en una semana estuvo asociado con 1.3 (95% CI: -0.5 a 3.1) de incremento del exceso de mortalidad por 100.000 habitantes (36).

Otros estudio midió el efecto de las políticas de preventivas evaluando el efecto en el uso de servicios de prevención en salud mostrando que el número de visitas a oficinas de consulta se redujo en 51.3 desde la semana posterior a la primera muerte por COVID-19 con una reducción de aproximadamente el 36%, lo cual conllevó a un aumento de 53.6 atendidas por tele consultas cuando no existieron controles para COVID-19 y en 8.2 en el incremento del movimiento de personas cuando el control fue más estricto para el COVID-19. Los patrones que muestran las gráficas comparativas del movimiento antes y después de implementar las restricciones evidenciaron la reducción en la prestación de servicios de salud que posteriormente se estabilizó en los mismos niveles previamente observados, mostrando que el número de atenciones en salud posteriores a la intervención en las personas que acceden a los servicios no cambiaron de manera importante semanas posteriores a la implementación de medidas más restrictivas (37).

El estudio realizado para estudiar el efecto de intervenciones no farmacéuticas en la primera ola de mortalidad por COVID-19 en 130 países se interesó en examinar las variaciones en tiempo y grado de restricción monitoreado mediante el indicador de seguimiento de respuesta gubernamental, se utilizaron modelos de regresión multivariable controlando por variables como calidad en la infraestructura para el cuidado de la salud, demográficas e indicadores de gobernanza, en cada país se tuvo en cuenta indicadores de testeo y seguimiento de contactos. El estudio consideró una duración 14 días para correr los modelos multivariados rezagados previos y posteriores a la primera muerte de COVID-19.

Los efectos relativos de las intervenciones no farmacéuticas evidenciaron que al implementar medidas de manera temprana en las escuelas se redujo el acumulado de muertes de 27.7% a 6.2% en los 14 días previos a la introducción de las políticas y de 9.5% a 4% y 14 días posteriores a la introducción de las medidas restrictivas (11). Adicional el modelo de regresión mostró que medidas tempranas y estrictas de cierres de lugares de trabajo se asociaron con menos muertes por COVID-19 en la primera etapa de la pandemia, con menores muertes por COVID-19 con -0.26 por millón (95% CI -0.46 a -0.05). En los análisis se encontró que medidas estrictas en los cierres de escuelas se asociaron con las grandes reducciones en muertes por COVID-19 de -1.23 por millón (95% CI -2.20 a -0.27). Otras medidas como que se asociaron con bajas tasas de mortalidad en los 14 a 38 días fueron la restricción de viajes internacionales y en aglomeraciones de personas (11).

Según la revisión de literatura, se evalúa y la mortalidad por COVID-19 en presencia de intervenciones y otras variables de relevancia en los países, en algunos de los estudios como el de Ferguson y Flaxman et al (3,35) se detectan mejoras en la tasa de infección comparando escenarios pre y post intervención. En dichos estudios se manifiesta que hay un efecto de intervenciones combinadas aplicadas mayoritariamente a países de altos ingresos (Italia, Reino Unido, Estados Unidos), que pueden mantener por más largos periodos de tiempo las medidas de mitigación y confinamiento en la población (3) (35).

Es importante puntualizar en las condiciones de vida, sociales y económicas fueron diferentes en Latinoamérica comparadas con la de países con un mejor nivel de ingresos como los mencionados, y operativamente fue más dificultoso implementar restricciones de movilidad, es el caso de Colombia, un país que cuenta con limitantes de tipo social y económico; bajo este enfoque es importante evaluar la relación de las medidas preventivas y su impacto en la mortalidad. También, Basellini et al menciona como en Inglaterra y Gales han realizado comparativos entre subregiones y no solo en el ámbito del país, evaluando la relación existente entre una disminución de la movilidad y mortalidad, encontrando que las medidas resultan ser eficaces para evitar excesos de mortalidad (10).

Es así, como hay mayor evidencia de estudios en etapas más tempranas de la pandemia que evalúan la relación de las intervenciones y la tasa de positividad; y pocas investigaciones que evalúen como afectó el uso de medidas preventivas por los gobiernos locales en el exceso de mortalidad en contexto de pandemia, siendo la limitante en muchos de los estudios el acceso

de información actualizada y de calidad en las cifras de mortalidad. En el momento actual fue necesario realizar un ejercicio analítico con información más actualizada de cifras de mortalidad y comparar en una región de interés (Valle del Cauca), debido a que gran parte de los estudios de exceso de mortalidad se han desarrollado para toda Colombia.

Conforme a lo anterior, es necesario seguir indagando el efecto de las medidas preventivas a una escala más local, en este caso el departamento del Valle del Cauca, de tal forma que se logren identificar qué impacto tuvieron las intervenciones sobre el exceso de mortalidad; con el fin de orientar y fortalecer las estrategias prevención para futuras pandemias, así anticipar los efectos de medidas que tomen los gobiernos locales y proveer información que contribuya a la toma de decisiones.

3 MARCO TEÓRICO

Para el marco teórico se exponen los referentes conceptuales desde las enfermedades comunicables, la triada epidemiológica para el virus SarsCov2, la transmisión del virus y el exceso de mortalidad, una definición de las medidas no farmacéuticas normalmente usadas durante la pandemia para la prevención del contagio por COVID-19 y finalmente el modelo teórico de investigación evaluativa para determinar el efecto de las medidas preventivas en el Valle del Cauca.

3.1 Definición de endemia, pandemia y epidemia

El brote de una enfermedad es endémico cuando los casos de la enfermedad se presentan de manera consistente pero están limitados a una región particular, lo cual hace que la transmisión de la enfermedad se presente en tasas predecibles, ejemplos de enfermedades endémicas son la malaria que está presente en países endémicos del Caribe y América del sur donde el mosquito tiene mayor probabilidad de supervivencia(38).

De acuerdo con la definición del Centro de Enfermedades Infecciosas (CDC) una epidemia es un incremento inesperado en el número de casos de una enfermedad en un área geográfica específica. Algunos de los ejemplos de epidemias son la fiebre amarilla, viruela y la polio. Las epidemias también hacen referencia a enfermedades no necesariamente contagiosas, sino también debidas a comportamientos como los rápidos incrementos en obesidad, o de fumar que están por encima de lo esperado en una región o comunidad (38).

Por otra parte, la Organización Mundial para la Salud (OMS) declara que una pandemia es un incremento inusitado y exponencial de los casos de una enfermedad. Esto indica que los casos alcanzan niveles muy por encima de lo observado y que el crecimiento de los casos se presenta de manera exponencial comparado con lo observado días previos. Es por esto que cuando se declara una pandemia la diseminación del virus cubre un área geográfica más

amplia afectando varios países y poblaciones. Es por esto que a diferencia de una epidemia la pandemia se relaciona más con el grado en que la enfermedad se contagia y no con la severidad, donde una epidemia se puede convertir fácilmente en una pandemia cuando cruza fronteras internacionales, causa una gran disrupción social y pérdidas económicas (38)

El término pandemia se utilizó por primera vez en 1666 para describir una enfermedad de amplia propagación, y su significado ha evolucionado junto con términos relacionados como endemia, brote y epidemia, los cuales ahora ayudan a clasificar las enfermedades según su frecuencia y alcance geográfico. Las pandemias pueden originarse por factores como el cambio climático, el aumento del contacto entre humanos y animales, la resistencia a los antimicrobianos y la falta de preparación de los sistemas de salud. Históricamente, las pandemias han tenido graves impactos en la salud, la economía y lo social, pero también han impulsado mejoras en la preparación y respuesta ante emergencias (75).

En el control de las enfermedades infecciosas en pandemias y epidemias el umbral de inmunidad de rebaño es una medida utilizada en los programas de inmunización y erradicación. El umbral de inmunidad poblacional o comunitaria hace referencia a una protección indirecta contra la causa de una enfermedad infecciosa, que ocurre a nivel poblacional cuando cierta población es inmune a la infección a través de la vacunación o por inmunidad desarrollada a través de una infección previa (76).

La inmunidad de rebaño puede lograrse mediante la vacunación o por infección y recuperación. La vacunación permite generar inmunidad sin contraer la enfermedad, y protege también a quienes no pueden vacunarse, como los recién nacidos o personas inmunocomprometidas. Sin embargo, cuando la cobertura de vacunación es baja o la inmunidad disminuye con el tiempo, pueden ocurrir brotes. Lograr la inmunidad colectiva solo por infección implica un alto número de casos y riesgos para la salud pública, especialmente si la protección adquirida es temporal. En el caso de la COVID-19, aún no se conocía con certeza si la infección confería inmunidad duradera, y buscar inmunidad colectiva por contagio podría colapsar el sistema de salud. Por ello, se recomendaban medidas preventivas como el distanciamiento físico, la higiene de manos y el uso de mascarillas (77).

3.2 Enfermedades comunicables, triada epidemiológica y transmisión de la enfermedad

Las enfermedades infecciosas son causadas por agentes infecciosos (bacterias, virus, parásitos, hongos y sus productos tóxicos). Muchas enfermedades infecciosas son también enfermedades comunicables, lo que significa que pasan de una persona u animal a otra. La transmisión puede ocurrir directamente (a través del contacto con sangre u otros fluidos del cuerpo) o indirectamente (por comida contaminada, agua o superficies), o por medio de vectores (mosquitos) (39).

Triada epidemiológica

La triada epidemiológica permite comprender la diseminación de la enfermedad mediante tres componentes: el agente, el medio ambiente y el hospedero. Un gran número de modelos de causación de la enfermedad han sido propuestos, entre los más simples está el de la triada epidemiológica, siendo un modelo tradicional para una comprensión de la transmisión de la enfermedad infecciosa. La triada consiste en un agente externo, un hospedero susceptible, y un ambiente que conjuga el hospedero y el agente juntos. En este modelo la enfermedad resulta de la interacción entre el agente y el hospedero susceptible, en un ambiente que soporta la transmisión del agente desde la fuente a un hospedero (40).

En el contexto de COVID-19, el agente es el síndrome respiratorio agudo severo coronavirus 2 (SARS-CoV-2), que incluye la patogenicidad y virulencia de varias cepas. En el medio ambiente están los factores extrínsecos que afectan al agente y las oportunidades de exposición, como las gotas respiratorias y las superficies contaminadas. El huésped es cualquier persona no infectada y sus características individuales de susceptibilidad (p. ej., edad, sexo y comorbilidades). Minimizar las interacciones entre estos componentes reduciría la propagación de COVID-19(41).

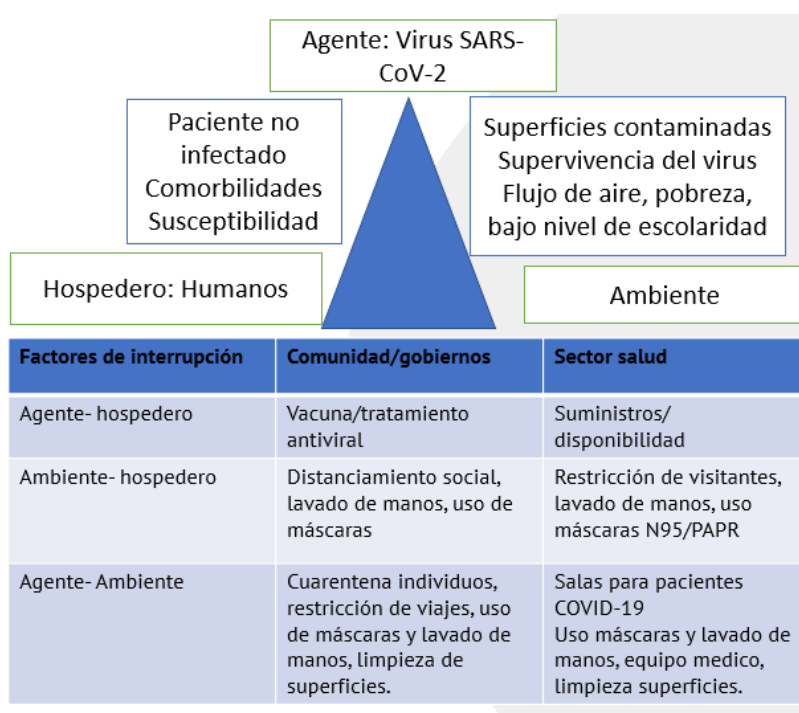


Figura 1. Esquema triada epidemiológica

Fuente: Tomado de Coronavirus Disease 2019: Epidemiological Factors During Aerosol-Generating Medical Procedures

Transmisión del virus SARS-CoV2

Según un estudio de enero de 2021 (42) en términos de la transmisión respiratoria del SARS-CoV2 y la transmisión entre cierto tipo de animales domésticos y otros casos más escasos de transmisión vertical, también como otras formas de contacto directo o transmisión por contacto con otros objetos. De acuerdo con la evidencia, el virus de COVID-19 es transmitido a través del aire como fuente transmisión por gotas, contacto con superficies contaminadas, secreciones orales y fecales. También otros estudios han señalado modos de transmisión, de persona a persona y de contacto directo con animales (43) (44).

TRANSMISIÓN A TRAVÉS DEL AIRE

El descriptor a través del aire puede ser usado para describir el modo de transmisión de partículas respiratorias infecciosas que viajan a través del aire (44).

Transmisión aérea/inhalación: ocurre cuando las partículas contaminadas son expulsadas en el aire y entran a través de inhalación al aparato respiratorio de otra persona y puede potencialmente causar una infección. La forma de transmisión puede ocurrir cuando el agente infeccioso viaja por cortas o largas distancias desde una persona infecciosa. El portal de entrada de una partícula infecciosa con tejido de tracto respiratorio durante la transmisión aérea puede ocurrir en cualquier punto del tracto respiratorio humano, y los sitios de entrada del patógeno pueden variar e incluso la distancia a la que viaja depende de muchos factores como: el tamaño de la partícula, el modo de expulsión y las condiciones medioambientales tales como la humedad, temperatura, ventilación y como fluye el aire (44).

Deposición directa: Ocurre cuando el agente infeccioso es lanzado al aire siguiendo una trayectoria corta, y entonces se deposita directamente en las mucosas faciales expuestas como son la boca, nariz y ojos, posteriormente entra en el tracto respiratorio vía estos portales causando infección (44).

Transmisión de contactos: las superficies contaminadas se generan cuando las partículas infecciosas son arrojadas al aire sobre una superficie, o cuando una persona infectada transfiere las secreciones respiratorias infecciosas tocando su boca, nariz o ojos y luego tocando una superficie o teniendo contacto con otra persona (44).

TRANSMISIÓN RESPIRATORIA

La primera ruta de transmisión (por gotas) ocurre cuando una persona está muy cercana, menos de un metro de distancia a otra persona quien tiene síntomas respiratorios (por ejemplo, toser o estornudar), por tanto, está en riesgo de tener sus mucosas expuestas a un potencial riesgo de una infección respiratoria por gotas, considerándose que son $> 5-10 \mu\text{m}$ en diámetro. La transmisión por gotas también puede ocurrir a través de objetos contaminados en el medio ambiente donde existe una persona infectada (45).

La ruta dominante de transmisión del SARS-Cov2 es respiratoria, la evidencia muestra que el virus puede ser encontrado en aerosoles en muestras de aire exhalado (42), es bastante probable que, bajo ciertas circunstancias, incluidas las procedimientos de generación de

aerosol, mientras se canta, o se está en espacios abiertos o de poca ventilación, el virus puede ser transmitido a distancia.

Hay suficiente evidencia que la proximidad es un determinante clave del riesgo de transmisión. Por ejemplo, en estudios de rastreo de contactos de pasajeros de un tren que incluye 2.334 casos índice y 72.093 contactos, se encontró que la tasa de ataque estuvo ligada a la distancia entre las sillas y la duración del viaje compartido. Otros, experimentos señalan como ejercicios deportivos en salones con mucha aglomeración en Corea del Sur generan mayor riesgo de contagio respecto a clases con menos participantes que no evidenciaron casos secundarios. Por tanto, cuanto más próximos dos individuos el riesgo de la infección a través de la transmisión por gotas se da con más frecuencia que la transmisión por aerosol (42).

CONTACTOS DIRECTOS CON SUPERFICIES CONTAMINADAS O PERSONAS

No existe evidencia suficiente para relacionar la transmisión del virus en humanos por el contacto directo con objetos contaminados. Estudios sugieren que la transmisión a través de fómites puede ser circunstancial, es el caso de infecciones ligadas a 119 casos confirmados con el virus en un hospital en África donde la hipótesis de una transmisión por fómites fue propuesta dada la amplia distribución de los casos en las salas del complejo hospitalario. Sin embargo, posteriormente se evidenció que el hospital no contó con una política universal de uso de máscaras en el tiempo, no hubo una buena ventilación, y la carga de infección entre trabajadores de la salud fue substancial (42).

1.1 Medidas de prevención farmacéuticas y no farmacéuticas para prevención del contagio por COVID-19

MEDIDAS DE PREVENCIÓN FARMACÉUTICAS

La vacunación fue una medida farmacéutica que busco impactar la mortalidad individual siendo una estrategia potencial para prevenir excesivas demandas en el sistema de salud. En los inicios de la pandemia, en etapas tempranas del 2020, más de 50 compañías desarrollaron las primeras vacunas contra el SARS-CoV-2, entre ellas Pfizer-BioNTech BNT162b2 (Diciembre 2 de 2020) y Oxford-AstraZeneca (Diciembre 20 de 2020), luego para enero 8 de 2021 se tuvo la vacuna Moderna(46).

La vacunación contra el SARS-CoV-2 plantea múltiples desafíos únicos que no se encuentran en muchos otros programas de vacunación. Para el SARS-CoV-2, existió una carrera entre la infección y la vacunación: la infección puede crecer exponencialmente, mientras que las tasas de vacunación están inherentemente restringidas por el suministro y la logística. Sin embargo, la tasa de infección se puede reducir mediante diversas intervenciones no farmacéuticas (INF), mientras que una vacuna se dirige a sectores de la población donde tendrá el mayor impacto. Por lo tanto, el control del SARS-CoV-2 dependió de formas complejas y no lineales, de la prevalencia inicial de la infección, la fuerza de las INF y la tasa

de crecimiento o disminución de la infección, la velocidad con la que se pudo implementar la vacuna, la focalización y la aceptación de la vacuna, y las características de la vacuna(46).

MEDIDAS DE PREVENCIÓN NO FARMACÉUTICAS

Las medidas preventivas no farmacéuticas hacen parte del grupo de medidas de prevención primordiales y se abordará en el proyecto como medidas que implementan los individuos, la propia comunidad y los gobiernos. En los comienzos de la pandemia no existieron vacunas disponibles para tratar o prevenir infecciones, los países respondieron a la incidencia de la infección y la mortalidad por COVID 19 implementando algunas medidas de prevención llamadas NFI (49).

Las NFI son un conjunto de medidas enfocadas en reducir la transmisión por medidas de protección personal o del medio ambiente como la higiene de manos y el uso de tapabocas como medidas esenciales y fundamentales; reducir la transmisión en las comunidades como el aislamiento, cierre de escuelas y cancelación de reuniones grupales; limitando la transmisión global en viajes a través del chequeo en los viajes y restricción de viajeros; y consejo público a la comunidad (49)(28).

Las medidas NFI son medidas a nivel de población de intervención en la salud pública implementadas con el fin de reducir la transmisión a partir de cambios de comportamiento. Es por esto que, algunas medidas de comportamiento individual como el uso de mascarar y el lavado de manos en sus inicios fueron medidas indispensables para la reducción de contagios decretadas como un mandato general por los gobiernos y declararlas como regulaciones no farmacéuticas (47).

Tabla 1. Lista de medidas de Salud Pública no Farmacéuticas

NFI	Definición
Medidas de protección personal	Reducen el riesgo de adquirir enfermedades infecciosas dentro un área (lavado de manos y uso de tapabocas).
Medidas medio ambientales	Son medidas de higiene ambiental para reducir el riesgo de contagio de una enfermedad infecciosa.
Medidas de distanciamiento social	Medidas sociales que reducen el riesgo de transmitir el virus en diversos escenarios (hogares, lugares de trabajo, colegios, centros de salud)
Medidas relacionadas a viajes	Medidas que contemplan el escrutinio de viajeros, provisión de consejería en salud a los viajeros y restricción a los viajeros.

1.2 Normatividad nacional asociada a las medidas preventivas frente a la pandemia de COVID-19

Para llevar a cabo el control de la propagación del virus y como consecuencia reducir la mortalidad los entes gubernamentales establecieron diferentes estrategias para mitigar los efectos de la pandemia entre las que estuvo la búsqueda de contactos, medidas preventivas frente a la pandemia y la vacunación.

Definición de contacto

El estudio y seguimiento de los contactos estrechos tiene como objetivo realizar un diagnóstico temprano en los contactos estrechos que inicien síntomas y así evitar la transmisión (50)

Estrategias rastreo de contactos

Según el informe de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) sobre el rastreo de contactos en el contexto de la COVID-19 en la región de las américas la transmisión del virus se caracteriza en cuatro escenarios epidemiológicos (51):

Tabla 2. Escenarios epidemiológicos para el rastreo de contactos según el modo de transmisión del SARS-CoV-2

Escenario Epidemiológico	Descripción
Ningún caso	Se debe seleccionar y preparar un equipo de rastreo de contactos bien capacitado y tenerlo listo para su despliegue y ampliación (es decir, tener los medios necesarios) para responder a los primeros casos
Casos esporádicos	El rastreo exhaustivo de los contactos y la investigación de todos los casos es indispensable para cortar rápidamente la transmisión. Se puede optar por la posibilidad de hacer rastreo retrospectivo de contactos (backward contact tracing)
Conglomerados de casos	El rastreo de contactos es esencial para reducir la transmisión del virus dentro de los conglomerados y reconocer los factores que la aumentaron. De esta manera, se pueden aplicar las medidas de salud pública y sociales para reducir la aparición de esos factores.
Transmisión comunitaria	El rastreo de contactos es una actividad importante en zonas con incidencia elevada, donde la capacidad de rastrear y realizar un seguimiento de todos los contactos puede estar al límite. Las actividades de rastreo de contactos deben concentrarse de manera específica, sin abandonarlas. Es posible otorgar prioridad al seguimiento de contactos con mayor exposición al riesgo en función de la capacidad.

Fuente: Adaptado de la Organización Mundial de la Salud. *El rastreo de contactos en el marco de la COVID-19: orientaciones provisionales, 1 de febrero de 2021*. Ginebra: OMS; 2021. Disponible en <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/339600/WHO-2019-nCoV-Contact-Tracing-2021.1-spa.pdf>.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) en su informe (52). explica las diferentes modalidades para la notificación de contactos, en la primera el caso se encarga de notificar al contacto, la segunda es que el sistema de salud notifica a la empresa donde trabaja el contacto y la estrategia de los equipos de investigación de llamar al contacto o hacer una visita provisional (51). En nuestro país se implementó el programa PRASS de prueba, rastreo y aislamiento de contactos de los casos probables o sospechosos de COVID-19 que se implementó a nivel nacional (53).

La cuarentena se define como la práctica de separar a las personas que han tenido contacto con alguien cercano con COVID-19 para determinar si desarrollan síntomas o dan positivo en la prueba para SARS- Cov2 (51). Por otro lado, el aislamiento consistió en la práctica de separar a las personas enfermas o que han presentado síntomas para que no contagiaran a otros individuos (51). Para disminuir los riesgos de transmisión, la OMS recomendó mantener cuarentenas durante 14 días a partir del último contacto con un caso confirmado (51).

El cumplimiento de las cuarentenas se ve obstaculizado por diferentes factores, las personas que reciben la orden de cuarentena pueden mostrarse reacias a adherirse a directivas del gobierno, debido a las modificaciones que las limitaciones de movimiento crean en su vida diaria (51). Entre las limitantes se encuentran las barreras que encuentran en la educación y el conocimiento sobre la infección y el periodo de cuarentena, el compromiso colectivo con la aplicación de normas sociales, otra muy común fue la necesidad de trabajar para proveer el sustento para sus familias y por tal motivo se vieron forzadas a interrumpir las cuarentenas y salir a trabajar (51).

Medidas preventivas no farmacéuticas frente a la pandemia en Colombia

Las medidas que se adoptaron frente a la pandemia se clasificaron en tres fuentes primordiales como fueron las medidas sanitarias y de emergencia sanitaria, medidas de emergencia social, económica y ecológica y medidas de orden público y de carácter ordinario, con algunas relaciones estrechas entre grupos de normas (54).

Medidas de sanitarias y de emergencia sanitaria: estas medidas fueron fundamentadas en resoluciones impartidas según lineamientos de las leyes 1751 de 2015 y reglamento sanitario internacional 2005. Las medidas buscaron controlar la entrada de pasajeros provenientes del extranjero, declarar la emergencia sanitaria en todo el territorio nacional, tramitar recursos para la atención de población vulnerable y establecer protocolos de bioseguridad para los diferentes tipos de población con mayor exposición al virus (54).

Medidas de emergencia económica, social y ecológica: Estos documentos normativos se basan en decretos emitidos por la presidencia de la república junto a los ministros teniendo en cuenta la gravedad y afectaciones de la emergencia sanitaria en el devenir social, económico, político, cultural, se determinó mediante el decreto 417 de 2020, que era necesario acudir al estado de excepción regulado en el artículo 215 y la constitución política y en la ley 137 de 1994. Teniendo en cuenta el decreto 417 se expidieron normas con fuerza de ley para hacer frente a la situación e impedir la extensión de sus efectos (54).

Normas de orden público y otras ordinarias: En este grupo de medidas se encontraron dos tipos de medidas significativas, las primeras asociadas al orden público que tienen como fuente regulatoria los artículos 189, numeral 4°, de la Constitución Política y 198 y 199 de la Ley 1801 de 2016. Entre estas medidas está la de Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio. De otro lado, las medidas aduaneras que se expiden con base en las facultades del artículo 189, numeral 25, de la Constitución Política y la Ley 7 de 1991, sobre comercio exterior (54).

1.3 Exceso de mortalidad

Desde el campo de la demografía, el concepto de exceso de mortalidad alude a la forma en que el nivel de mortalidad actual supera el nivel esperado, de acuerdo con la tendencia observada en períodos anteriores. En el contexto de la pandemia de COVID 19, representa una medida del incremento en la mortalidad total que puede atribuirse tanto a sus efectos directos (defunciones efectivamente atribuidas al COVID 19) como indirectos (defunciones atribuidas a afecciones físicas, psicológicas o sociales, producidas o agravadas a raíz de las medidas de aislamiento social obligatorio, los cambios económicos y disrupciones en el acceso, uso y provisión de servicios de salud) (48).

Los estimados de exceso de mortalidad son un insumo importante concerniente a la carga de la enfermedad asociada con la pandemia de COVID-19. Los estimados de exceso de mortalidad permiten la visualización semanal y por localización geográfica del evento de muerte, normalmente las muertes se comparan con las tendencias históricas para determinar si las muertes observadas son más altas que las esperadas (49).

Metodológicamente se establece el conteo de todas las causas de muerte, incluyendo las muertes asociadas al COVID-19. Lo anterior se realiza según la metodología del Centro Nacional de estadísticas del centro para el control y prevención de enfermedades (CDC) (48). Para la estimación se incluyen todas las causas de mortalidad, esto es porque muchas de las muertes asociadas a COVID-19 comúnmente están asociadas a otras causas de muerte, e incluso no son mencionadas en el certificado de mortalidad. Existen otros escenarios en los modelos para estimar el exceso de mortalidad uno que incluye todas las causas de muerte excepto aquellas asociadas con COVID-19, y otro que incluye todas las causas de mortalidad. La primera evidencia como fue el exceso de mortalidad debido al COVID-19, y el segundo reporta cuanto del exceso de mortalidad se debe a otras causas de muerte. Las causas de muertes se escogen basadas en las condiciones de mortalidad más prevalentes reportadas en el certificado de mortalidad, siendo el COVID-19 es una de las causas de muerte. Se definen algunas de las causas de muerte asociadas más comunes como las enfermedades respiratorias, circulatorias, Alzheimer y demencia, a excepción de lesiones de causa externa y causas desconocidas (49).

Los estimados de exceso de mortalidad se abordan mediante el uso de múltiples metodologías estadísticas, y éstas varían dependiendo del ajuste más conveniente de los datos y los

supuestos relacionados al número muertes que se espera que ocurran (49). Usualmente, se utilizan distribuciones para modelar datos de conteo como la distribución Poisson y Binomial Negativa.

Una de las aproximaciones para medir el exceso de mortalidad durante la pandemia de COVID-19, fue la utilizada por Charlie G et al (50) donde se ajustó de un modelo de regresión para cada región mediante las muertes históricas durante 2015 a 2019 para estimar el número de muertes esperadas durante 2020-2022. De esta forma, el exceso de mortalidad se midió como la diferencia absoluta entre el número de muertes reportadas en una semana o mes definido en 2020-2022 y el estimado de muertes esperadas con base en las cifras reportadas en las que la pandemia por COVID-19 no estaba vigente (50).

Mediante los estimados de exceso de mortalidad es posible incluir varias métricas adicionales, la primera es llamada P-score que mide el porcentaje de la diferencia entre las muertes reportadas y las muertes esperadas, y permite hacer comparaciones entre diferentes regiones (50). Otra medida utilizada es el exceso de la tasa de mortalidad per cápita que se calcula como el exceso de muertes por la cantidad de personas expuestas en una región específica en una semana del año determinada, esta tasa de mortalidad per cápita puede ser ajustada también a través del cálculo del promedio de muertes esperadas entre 2015 a 2019 (10). Adicionalmente, el CDC define varios umbrales de estimaciones a partir del número de muertes como la diferencia entre el conteo observado y uno o dos umbrales: el primero puede ser definido como un valor promedio y el segundo como un límite superior de tolerancia por semana y región (49). En la investigación se utilizará el promedio y los intervalos de confianza definidos como el promedio más o menos la desviación estándar, para observar valores por encima del umbral en las estimaciones del exceso de mortalidad en el Valle del Cauca.

1.4 Modelos evaluativos

Con el fin de evaluar el impacto del uso de medidas preventivas sobre el exceso de mortalidad, se utilizó la aproximación teórica de los modelos evaluativos en salud pública que son útiles después de implementada una intervención o un programa. Rychetnik et al. (51) definió una intervención como un conjunto de acciones con un objetivo coherente para generar cambios o un resultado identificable. Estas acciones pueden incluir políticas, iniciativas reguladoras, proyectos de una única estrategia o programas de múltiples componentes. En ese mismo orden de ideas, las intervenciones en salud pública están destinadas a promover o proteger la salud o prevenir comunidades o poblaciones enfermas. De igual importancia, el contexto se refiere al ambiente social, político y organizacional en el cual la intervención fue evaluada, o en el cual es implementada (51).

Así mismo, Rychetnik et al. (51) establece que la evaluación es un proceso para determinar el valor o merecimiento de algo mediante la contrastación con estándares predeterminados y explícitos. Como señala Cuadra Ch. (52) el objeto de estudio de la investigación evaluativa es un programa o proyecto, “su problema consiste en determinar, mediante un procedimiento

científico en qué grado dicho plan de acción logró conseguir los cambios buscados y que efecto produjo” (30).

En este orden de ideas, de acuerdo con Habitch et al. (53), el principal objetivo de una evaluación es para influenciar decisiones. La complejidad y precisión de la evaluación depende en quien es el tomador de decisiones, diferentes tomadores de decisiones demandan no solo diferentes tipos de información, pero también varían en los requerimientos de la precisión en los hallazgos. Basado en el tipo de decisión, el marco de referencia de diseños evaluativos es propuesto para decidir acerca de un apropiado diseño de evaluación.

La clasificación evaluativa se basa en dos ejes de análisis. El primero se refiere a los indicadores, es decir, si se está evaluando el desempeño de una intervención o su impacto en salud o indicadores de comportamiento, en la Tabla 1 se resumen los interrogantes que se plantean los diseñadores y tomadores de decisiones al definir los indicadores de monitoreo. En este primer eje, el evaluador debería escoger los indicadores con base en la discusión con tomadores de decisiones. La complejidad de los diseños de evaluación y la recolección de datos que dependerá en el uso que se pretenda con los resultados. Alcaldes locales pueden necesitar datos de provisión, utilización y mejora dentro de un centro de salud o distrito, mientras que agencias internacionales o nacionales evalúan la cobertura o impacto para futuras inversiones en programas (54).

Según Habitch et al. (53) la evaluación de provisión puede ser evaluada realizando visitas o monitoreando sistemas de información; para el caso de cobertura e impacto casi siempre se requiere recolección de datos con implicaciones de costos (53). El segundo eje se refiere al tipo de inferencia que se utilizara (adecuación, plausibilidad y probabilidad), incluyendo la confianza que tiene el tomador de decisiones que algún efecto observado sea debido a la intervención. Dentro de las **evaluaciones de adecuación** se tiene en cuenta la comparación del desempeño de un proyecto con base un criterio cuantitativo definido con antelación.

En las **evaluaciones de plausibilidad** se requiere una mayor confianza de que los mayores cambios observados se deben al programa, como lo plantea Habitch et al. (53) estos diseños intentan controlar la influencia de factores de confusión, empleando grupos de control antes de que la evaluación comience. Finalmente, las **evaluaciones de probabilidad** buscan asegurar que solo una pequeña probabilidad sea debida a factores de confusión, sesgo, o al azar cuando se compara entre un programa y áreas de control. Estas evaluaciones requieren de aleatorización de actividades de tratamiento y control para la comparación de grupos, siendo el patrón estándar de oro utilizado para determinar la eficacia académica en la investigación. Los tres enfoques de valoración (adecuación, plausibilidad o probabilidad) utilizan evaluaciones de desempeño e impacto.

Tabla 3. Tabla de indicadores según tipo de intervención

Indicador	Pregunta
Provisión	¿Están los servicios disponibles?
Utilización	¿Están los servicios accesibles?
Cobertura	¿Los servicios están siendo utilizados?
Impacto	¿Estuvieron las mejoras en patrones de salud y enfermedad relacionados a comportamientos en la población?

En este mismo sentido, se encuentran los modelos evaluativos de impacto que determinan si los indicadores comportamentales o de salud han mejorado entre una población objetivo como conjunto. La evaluación puede ser transversal o longitudinal. Una de las ventajas de estos modelos es que pueden usar datos secundarios, entonces la evaluación de costos es mucho más reducida. En este tipo de evaluaciones se pueden llevar a cabo comparaciones de desempeño o impacto del proyecto, siendo las formas de seguimiento reflejadas en un criterio absoluto o un criterio relativo, como por ejemplo el cambio porcentual en los indicadores de un programa. De acuerdo con Habitch et al. (53), es posible que los objetivos específicos aún no sean claramente definidos en términos del alcance de la intervención y sea necesaria una mezcla entre evaluaciones de impacto o de desempeño.

Adicionalmente, dentro de estos modelos evaluativos se encuentran criterios de evaluación de desempeño que resultan ser pertinentes para los tomadores de decisiones cuando evalúan programas, como por ejemplo resultados de eficiencia de los trabajadores de la salud que han sido entrenados, cuantos niños usan la cobertura de salud en un servicio dado. La evaluación puede ser llevada a cabo de manera transversal, en una única ocasión, durante o al final del programa. También puede ser longitudinal, requerir datos de línea base, o incluir medidas repetidas para detectar tendencias (54).

Para el desarrollo de este trabajo se abordará el tipo de inferencia de **evaluación de adecuación** de impacto que pretende evaluar en términos de las metas establecidas por una intervención si se lograron los resultados esperados en la reducción de la mortalidad. Como establece Habitch et al.(53) acorde con la **valoración de adecuación** en los resultados de una intervención o programa dependen de la comparación del desempeño o impacto del proyecto con el criterio de adecuación previamente definido.

En este trabajo se evaluará efectos de mortalidad en los resultados de salud, por tanto, el modelo evaluativo elegido fue el de valoración de adecuación utilizando indicadores de salud y comportamiento, siendo el que mejor se ajusta para el proyecto de investigación. Entendiendo como fue la tendencia de mortalidad en periodos en el que las medidas preventivas como toques de queda, cuarentenas y cierre de escuelas y universidades fueron empleadas con mayor intensidad en el Valle del Cauca, permitirá definir periodos de crecimiento y decrecimiento de la mortalidad, de esta forma determinar la adecuación de las medidas que se usaron usando como referente para la evaluación el exceso de mortalidad en el periodo 2020-2021.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de las medidas preventivas implementadas por los gobiernos locales en el exceso de mortalidad por la pandemia de COVID-19 en el Valle del Cauca durante 2020-2021

2.2 Objetivos Específicos

Describir la mortalidad según las variables sociodemográficas (edad, nivel educativo, acceso a la salud y etnia) , económicas (pobreza multidimensional, dependencia económica, hacinamiento crítico e informalidad laboral e informalidad laboral) en la población de estudio.

Estimar el exceso de mortalidad debido al COVID 19 en el departamento del Valle del Cauca y en sus municipios durante los años 2020 y 2021.

Identificar la relación entre el exceso de mortalidad debido a COVID-19 con un conjunto de medidas: preventivas, de movilidad y vacunación en los años 2020 y 2021.

3 METODOLOGÍA

3.1 Tipo de estudio

Se llevó a cabo un estudio de análisis de datos rutinarios de los registros de defunción disponibles en el Sistema de Estadísticas Vitales RUAF-ND y de la información del Sistema de Vigilancia en Salud Pública SIVIGILA suministrada por parte de la Secretaría de Salud de Valle del Cauca. La investigación corresponde a un estudio ecológico con un enfoque de diseño cuasi experimental, que para el fin de la investigación evaluativa se utilizó un análisis de regresión, con la variable dependiente exceso de mortalidad y las independientes grupo de medidas preventivas, movilidad y vacunación (52). Según Rothman et al. (54) el tipo de diseños de estudio se enfocan en la comparación de grupos en vez de individuos, tienen diferentes ventajas entre los que se destacan la limitación de datos a nivel individual; “En la epidemiología ambiental y otras áreas de investigación no se mide frecuentemente exposiciones de interés o dosis al nivel individual para gran número de individuos por las limitantes de tiempo y recursos (Morgenstern, 1982; Morgenstern and Thomas, 1993)” (54).

Por otro lado, estos estudios son convenientes cuando se cuentan con fuentes de datos secundarias como registros de mortalidad, registros de población y grandes encuestas, donde la información necesaria para el análisis puede ser utilizada a un nivel agregado. El análisis ecológico consideró como variable dependiente el exceso de mortalidad por COVID-19 y las variables independientes correspondieron a las intervenciones de restricción de movilidad decretadas por los gobiernos municipales (toques de queda, cuarentenas), complementario se analizará variación de la movilidad en cada municipio con la medida de movilidad de Google, siendo la unidad de análisis los municipios y la semana epidemiológica.

El nivel de medida fue el resumen de las métricas mediante el uso de los datos agregados por municipios (tasas, índices o porcentajes). Para efectos de este proyecto, el diseño de estudio ecológico, de acuerdo con Rothman et al. (54) por un lado, combina un diseño de múltiples grupos en donde se compararán las mortalidades de diferentes regiones, y a su vez se explora un estudio de series de tiempo o tendencias que involucre un análisis del exceso de mortalidad en el tiempo en una población definida geográficamente.

3.2 Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el departamento del Valle del Cauca, se analizó la mortalidad en tiempos de COVID-19 (pandemia), secundario al impacto en el exceso de mortalidad para COVID-19 y otras causas, y el contexto del incremento en este indicador a nivel departamental. En cuanto a la población del Valle, esta asciende a 4,47 millones de habitantes, según los resultados del último censo de población (DANE 2018); siendo 1,09 millones afrocolombianos que están distribuidos en municipios como: Cali, Buenaventura, Buga, Candelaria, Cartago, Dagua, El Cerrito, Florida, Guacarí, Jamundí, Palmira, Pradera, Rio Frio, Tuluá, Yumbo y Zarzal. Para este estudio es importante esta área debido a que fue una de las regiones que se vio más afectada en relación con la mortalidad por COVID-19 en

Colombia, alcanzando tasas de letalidad de aproximadamente el 3%, adicionalmente ha tenido uno de los mayores impactos por la pandemia a nivel social y económico en poblaciones vulnerables étnicas y de menor nivel adquisitivo.

3.3 Población y muestra

Definición de caso muerte por COVID-19 : Se definirá como casos por mortalidad por COVID-19 hayan sido clasificados o codificados como muerte por COVID-19, de acuerdo con metodología implementada por el Instituto Nacional de Salud, la Secretaría Departamental de Salud del Valle y codificación de la causa básica de defunción (Códigos: U071,U072, U109, O985 de muertes maternas por COVID-19).

Definición casos muertes por todas las causas: Los casos por mortalidad por todas las causas se clasificaran como aquellas otras causas de mortalidad aparte de las mortalidad por COVID-19.

Definición de población utilizada para el ajuste de tasas: Se utilizó la proyección poblacional disponible de los registros demográficos del Departamento Administrativo de Estadística (DANE) proporcionado para el año 2020 .

Población para ajuste: La población de ajuste fueron la cantidad de individuos en la proyección poblacional para el Valle del Cauca 2020.

El total de la población se encuentra constituida por la registrada en el registro único de Defunciones en el Valle del Cauca adscrito al Registro Único de Afiliados al sistema de SGSSS (RUAF-ND) para el año 2020 y 2021, sistema que es administrado por el Ministerio de Salud y Protección social, siendo un registro en línea que se actualiza en tiempo real con una oportunidad de captura de al menos el 95%, con un nivel de subregistro bajo a nivel departamental. Para el acceso a la información se solicitó formalmente los registros de defunciones, los reportes del SIVIGILA y los reportes de vacunación que provee la secretaria de Salud del Valle del Cauca y el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Adicionalmente se construyó en Excel una base de datos de intervenciones en la que se registró la ubicación geográfica, nombre de la intervención, fecha en que se instauró la medida y fecha de finalización. Se tuvo en cuenta que muchas de estas intervenciones se aplicaron de manera escalada en todos los municipios. Complementario a lo anterior, se analizó cómo había sido el movimiento de las personas en cada uno de los municipios a través de variables de proximidad de Google (Google Mobility), en la que tuvo en cuenta si la movilidad había disminuido o incrementado en los subperiodos de análisis.

3.4 Criterios de inclusión

- Se incluyeron defunciones por COVID 19 y otras causas de ambos géneros, grupos étnicos y grupos de edades.
- Fallecimientos registrados en el registro RUAF-ND (con causas no codificadas) y las estadísticas vitales publicadas por el DANE (con causas básicas de muerte codificadas con la CIE-10 U07) entre marzo 2020 a diciembre de 2021.
- Personas fallecidas con certificado de defunción en plataforma RUAF-ND y las estadísticas vitales publicadas por el DANE, que hayan sido clasificados o codificados como muerte por COVID-19, de acuerdo con metodología implementada por el Instituto Nacional de Salud, la Secretaría Departamental de Salud del Valle y codificación de la causa básica de defunción (Códigos: U071,U072, U109, O985 de muertes maternas por COVID-19) .
- Personas fallecidas por otras causas con certificado de defunción en plataforma RUAF-ND y las Estadísticas Vitales publicadas por el DANE incluyendo los fallecimientos por causa externa como accidentes de tránsito y suicidios.
- Los datos para el periodo de comparación comprenden el periodo 2015-2019 e incluirán los fallecimientos por múltiples causas incluyendo muertes ocasionada por causa externa de las plataformas del RUAF-ND y las Estadísticas Vitales publicadas por el DANE.

3.5 Criterios de exclusión

- Casos notificados como probables o con resultado negativo según lo reportado en el SIVIGILA y fuentes de estadísticas oficiales como el DANE o RUAF-ND.
- Registros incompletos en la base de RUAF-ND del Ministerio de Salud y Protección Social.
- Datos de pacientes fallecidos en los registros de estadísticas vitales o RUAF-ND que sean inferiores al año 2015 y superiores al periodo 2021.
- Municipios pequeños, con baja densidad poblacional y reporte bajo de casos y fallecidos. Municipios que en el transcurso de la pandemia evidencien tasa de letalidad y de ataque inferiores al 2%.

3.6 Variables

La variable respuesta es el exceso de mortalidad se define como la diferencia entre la mortalidad esperada y la mortalidad observada en el periodo comprendido entre marzo 2020 y diciembre de 2021.

$$\text{Exceso mortalidad}_{\text{semana } i} = \text{mortalidad observada}_{\text{semana } t} - \text{mortalidad esperada}_{\text{semana } t}$$

- La primera componente del exceso describe la mortalidad observada como el número de muertes que se observaron en el periodo de la pandemia 2020-2021
- La segunda componente de la formulación estima la mortalidad esperada para un periodo de tiempo determinado teniendo en cuenta el histórico de la mortalidad entre los 5 años previos a la pandemia (2015-2019)

A continuación, se listan las variables de acuerdo a cada una de las variables en términos de su clasificación: variables respuestas, explicativas y descriptivas.

Tabla 4. Variable resultado: Exceso de mortalidad

Variable resultado: Exceso de mortalidad				
Variable	Definición operacional	Tipo de variable	Valores posibles	Métodos de recolección
Número de muertes observadas	Número de muertes observadas por semana calendario durante el periodo marzo 2020 a diciembre 2021	Cuantitativa-Discreta	Valores en los reales positivos.	Bases de Mortalidad, Estadísticas Vitales, RUAF-ND
Número de muertes esperadas	Número de muertes estimadas con base a la mortalidad observada en los 5 años previos en los que la pandemia no ocurrió.	Cuantitativa-Discreta	Valores en los reales positivos.	Bases de Mortalidad, Estadísticas Vitales, RUAF-ND
Exceso de Mortalidad	Diferencia del número de muertes observada en el año 2020 y 2021 comparado con respecto al número de muertes esperadas con base a los años 2015 a 2019	Cuantitativa-Continua	Valores en los reales	Bases de Mortalidad, Estadísticas Vitales, RUAF-ND

Tabla 5. Variables explicativas de medidas de intervención

Variables de medidas de intervención: Explicativas				
Variable	Definición operacional	Tipo de variable	Valores posibles	Métodos de recolección
Aislamiento selectivo individual	Presencia o ausencia de cuarentenas parciales, también se incluye aislamiento voluntario en casa, totales u otras medidas de intervención para algunos individuos de la población (mayores de 60 años y niños).	Categórica-Nominal	Presencia o ausencia de la medida.	Páginas web municipio y Ministerio de Salud Colombia.
Toques de queda	Restricción de salidas a los fines de semana o días en los que la población no pudo hacer sus labores normalmente.	Categórica-Nominal	Presencia o ausencia de la medida.	Páginas web municipio y Ministerio de Salud Colombia.
Aislamiento preventivo obligatorio	periodo de aislamiento prolongado o distanciamiento social del total de la población.	Categórica-Nominal	Presencia o ausencia de la medida.	Páginas web municipio y Ministerio de Salud Colombia.
Pico y cedula para compra en establecimientos comerciales.	días en los que se instaure la medida de pico y cedula	Categórica-Nominal	Presencia o ausencia de la medida.	Páginas web municipio y Ministerio de Salud Colombia.
Cierre de escuelas y universidades	Semana, día o mes a partir de la cual se instauran medidas de cierres de colegios y universidades.	Categórica-Nominal	0, 1...,36 semanas	Páginas web municipio y Ministerio de Salud Colombia.
Tiempo duración de las medidas preventivas	Tiempo transcurrido desde la instauración de la medida preventiva hasta su finalización.	Razón-Continua	Valores en los reales positivos.	Calculo con las fechas consultadas en páginas web.
Movilidad	Variación porcentual movilidad entre los visitantes a parques, lugares de trabajo, zonas residenciales. en un día del periodo de pandemia respecto al día del periodo de referencia (El día de referencia es el valor medio del periodo de 5 semanas comprendido entre el 3 de enero y el 6 de febrero del 2020.)	Cuantitativa-Continua	Tasa o proporción	paginas Google mobility.
Vacunación	Número de dosis de vacunas aplicada en un municipio determinado	Cuantitativa-Continua	Proporción	Bases de datos Secretaria de Salud

Tabla 6. Variables sociodemográficas: descriptivas y explicativas

Variables sociodemográficas y económicas: descriptivas y explicativas				
Variable	Definición operacional	Tipo de variable	Valores posibles	Métodos de recolección
Variables Sociodemográficas				
Edad	Edad de los individuos en cada uno de los municipios.	Cuantitativa-Discreta	0,1, 2.,100	Censo Poblacional 2018/ Bases de mortalidad RUAF
Sexo	Sexo con el que se identifica la persona en el municipio	Categorica-nominal	Femenino, Masculino	Censo Poblacional 2018/ Bases de mortalidad RUAF
Educación	Nivel educativo.	Categorica-nominal	Primaria, Secunda	Bases mortalidad COVID-19, Bases mortalidad RUAF, Censo poblacional 2018
Privación bajo logro educativo	Personas en el municipio mayores de 15 años que tienen un acumulado de años de estudios menor a 9 años sobre el total poblacional.	Cuantitativa-Continua	Proporción	Censo poblacional 2018
Privación por analfabetismo	Porcentaje de hogares en el municipio con al menos una personas mayor de 15 años que no saben leer y escribir sobre el total de la población.	Cuantitativa-Continua	Proporción	Censo poblacional 2018
Privación en barreras para el acceso a la salud	Personas en el municipio que tuvieron una enfermedad, accidente y que no acudió al personal médico sobre el total de población	Cuantitativa-Continua	Proporción	Censo poblacional 2018
Etnia	Predominancia étnica hogares del municipio	Categorica-Nominal	Ninguna, indígena, ROM, Raizal, Palenquero, Negro	Censo Poblacional 2018/Bases de mortalidad RUAF, Censo poblacional 2018

Tabla 7. Variables económicas: descriptivas y explicativas

Variables sociodemográficas y económicas: descriptivas y explicativas				
Variable	Definición operacional	Tipo de variable	Valores posibles	Métodos de recolección
Variables económicas				
Pobreza multidimensional	Índice de pobreza multidimensional del municipio	Cuantitativa-Continua	Tasa o proporción	Censo poblacional 2018
Privación en acceso a la salud	Conteo de personas en el municipio con edades mayores a 5 años sin aseguramiento al sistema de salud por hogar	Cuantitativa-Continua	Proporción	Censo poblacional 2018
Privación por hacinamiento crítico	Porcentaje de hogares en el municipio que habitan en viviendas con tres personas o más personas por cuarto (sin incluir cocina, baños y garajes).	Cuantitativa-Continua	Proporción	Censo poblacional 2018
Privación en el acceso adecuado a la eliminación de excretas	Personas en el municipio presentan barreras en el cuidado a la primera infancia sobre el total	Cuantitativa-Continua	Proporción	Censo poblacional 2018
Privación en el acceso de aguas mejoradas	Un hogar en el municipio se considera privado cuando no tiene servicio público de acueducto en la vivienda	Cuantitativa-Continua	Proporción	Censo poblacional 2018
Privación por dependencia económica	Población económica activa en el municipio mayor a 12 años que se encuentran desocupados en el último año	Cuantitativa-Continua	Proporción	Censo poblacional 2018
Privación por empleo informal	Población en el municipio mayor de 18 años que no son empleados de larga duración. Se consideran empleados informales aquellos que no estén afiliados a seguridad social.	Cualitativa-continua	Proporción	Censo poblacional 2018

3.7 Recolección de la información

Para este estudio, se tuvo en cuenta varias fuentes secundarias como bases de datos de mortalidad, SIVIGILA y actos administrativos que se encuentran en las páginas web de las alcaldías de los municipios y del departamento. Se realizaron reuniones con contactos institucionales a quienes se les socializó el proyecto con presentación del mismo que incluía los objetivos del estudio, metodología previa y utilidad del mismo. Lo anterior, para acceder a los permisos institucionales para el uso de las fuentes de información que están bajo custodia de la Secretaría Departamental de Salud del Valle y del DANE.

Paralelamente, se realizó la recolección de otras fuentes secundarias como actos administrativos como decretos, resoluciones, medidas de movilidad a través del proxy Google (Mobility Google), y bases de datos secundarias como censos poblacionales y encuestas, que permitieron compilar información de variables socio demográficas y económicas en el departamento, lo anterior se logró haciendo la búsqueda en los sitios web de las alcaldías municipales o mediante solicitud a entidades oficiales.

Para la recolección y análisis de los datos de intervenciones en salud pública que se instauraron en los municipios en el Valle del Cauca en el periodo analizado de la pandemia: año 2020 y 2021, se construyó un formulario de Google Forms en la que se compilo la información de los decretos, circulares y resoluciones. Con base en la información compilada se construyó una base de datos con alrededor de 900 decretos, circulares y resoluciones que contienen la información de la fecha de implementación de la medida y fecha final de la medida, el tipo alcance de la medida (si fue una medida de orden nacional, departamental o municipal) y un identificador del municipio.

3.8 Manejo y control de calidad de los datos

En relación con el control y manejo de los datos, se realizó un tratamiento y transformación de los datos mediante la agregación en acumulados de la mortalidad por semana. Se utilizaron las fuentes de estadísticas vitales y de RUAF-ND. Se validó la información tratando de integrar inconsistencias encontradas en las bases de datos, escalando inquietudes con las entidades encargadas del suministro de la información. Para la compilación y validación de la información se usaron herramientas como paquetes estadísticos como R, Stata, SPSS.

3.9 Análisis estadístico

Con la finalidad de lograr los objetivos propuestos en el actual protocolo de investigación, se llevó a cabo los siguientes análisis

Objetivo específico 1:

Para los registros de fallecimientos por todas las causas y de mortalidad por COVID-19 fueron entregados en archivos en Excel, no se realizó eliminación de registros debido a que la base fue depurada previamente por la persona encargada de estadísticas vitales en la Secretaria Departamental de Salud del Valle del Cauca de acuerdo a los criterios de exclusión mencionadas.

Para la caracterización de la población de cada municipio se trabajó con las métricas asociadas a las variables socio demográficas edad, sexo, etnia y nivel educativo a nivel agregado (ecológico) utilizando tasas o proporciones, para el cálculo estos indicadores, se utilizaron como referente a las proyecciones poblacional del Censo Poblacional del año 2018. También se caracterizaron las tasas de mortalidad por COVID-19 en cada municipio teniendo en cuenta la población DANE del censo poblacional con cruce por edad y sexo.

Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis de regresión múltiple donde las variables dependientes fueron las tasas COVID y de todas las causas para los dos años y su relación con las variables demográficas. Posteriormente, se seleccionaron aquellas variables con mayor significancia estadística mediante un método de selección de variables de paso a paso (stepwise) donde se van agregando y quitando las variables de acuerdo a su significancia estadística en el modelo de regresión.

Objetivo específico 2:

Posteriormente, se estimó el exceso de mortalidad por municipio como la diferencia entre el número de muertes reportadas en una semana epidemiológica en el año (2020-2021) y el resultado de muertes que se esperaba para la semana en que la pandemia no ocurrió como resultado de una estimación puntual, para este análisis se tomó el número de muertes de años previos al inicio de la pandemia. El modelo usado para calcular las muertes esperadas es basado en el modelo Binomial negativo o Poisson para conteo de datos teniendo en cuenta el grado de ajuste mediante la verosimilitud del modelo.

Así mismo, se estimó el valor observado de muertes utilizando el promedio de los conteos de muertes semanales de 2015 a 2019, calculando los intervalos de confianza al 95%, acompañado de los conteos de mortalidad desde la semana epidemiológica 1 a 53 para los dos años 2020 y 2021. Previo a la estimación de la mortalidad esperada se calculó el coeficiente de variación de la variable número de muertes en el periodo comprendido entre 2015 a 2019 para las semanas epidemiológicas, esto con el fin de verificar el supuesto de equidispersión en el conteo de fallecimientos; se asume que la varianza es igual a la media $VART(Y)=E(Y)$. Se evaluó la propuesta de Lindsey 1995 en la cual propone aplicar el coeficiente de variación(CV). Teóricamente si $VART(Y)=E(Y)$ el coeficiente de variación

debería ser igual a 1. Así, las desviaciones respecto a 1 indican que posiblemente la distribución de ajuste no sea Poisson

Se comparó el modelo Poisson con el modelo Binomial Negativo, a través de la diferencia en verosimilitudes de los dos modelos. De esta forma, se seleccionó el modelo con mayor verosimilitud.

En el modelo ajustado de mortalidad esperada en el Valle del Cauca, se encontró que la verosimilitud del modelo de Binomial Negativo, utilizando un parámetro adicional ('log Lik.' = -2479.895, con 54 grados de libertad), es mayor que la del modelo de Poisson ('log Lik.' = -1256.036, con 53 grados de libertad). Además, el parámetro asociado a la sobredispersión fue $\Theta = 892$, lo que indica un fuerte indicio de sobredispersión, dado su valor significativamente superior a 10.

Adicionalmente, se realizó la prueba de devianza residual del modelo para evaluar el desempeño global del modelo. Para ello, se comparó la devianza del modelo actual con la máxima devianza obtenida en un modelo ideal, en el cual los valores predichos son idénticos a los observados. De este modo, la prueba estadística se diseñó para demostrar que, cuando la diferencia entre ambos es pequeña, la prueba de Chi-cuadrado no resulta estadísticamente significativa, lo que indica un buen ajuste del modelo.

El modelo Binomial Negativo presentó un mejor ajuste al conteo de fallecimientos semanales con una diferencia residual muy pequeña siendo la prueba estadísticamente no significativa (P value=0,53). Los valores observados de los estimados del modelo Binomial Negativo señalan que el intercepto y los coeficientes de suavización para el ajuste del modelo son estadísticamente significativos (P value <0,001), el R cuadrado ajustado corresponde a un 51,4% de la variabilidad explicada por la mortalidad esperada obteniendo un porcentaje de la devianza explicada de un 61,9%.

El modelo fue implementado en R con el nombre de mgcv. Consiste en un modelo lineal generalizado (GLM), este modelo tiene en cuenta una función de enlace logarítmica y factores de ajuste por covariables en el tiempo, se ajustó a la muerte semanal por todas las causas según un período de referencia móvil que abarcó de 2015 a 2019 (34). Los modelos fueron ajustados para el departamento en general y en cada uno de los municipios. El modelo de ajuste es expresado como:

$$\ln_{\mu_t} = \ln \ln(e_{w,t}) + f(x_{w,t}) + \alpha_0 + \alpha_w$$

Donde:

μ_t valor esperado de muerte modelado con una distribución Poisson o Binomial Negativa según corresponda por cada semana.

$e_{w,t}$ denota la exposición al riesgo muerte

α_w capturan el patrón de mortalidad en la semana t

α_0 Es el intercepto del modelo

$f(.)$ corresponde a una función de suavización sobre las observaciones $x_{w,t}$

Para cada municipio, se modelaron los datos del periodo de prepandemia (2015-semana 1 a 2019-semana 53) y se predijo el número de muertes esperadas $\hat{d}_{semana\ t}$ para el periodo de COVID-19 analizado.

El total de exceso de muertes se calculó para las semanas correspondientes del año 2020 y 2021 como la diferencia entre los valores esperados y observados, como sigue:

$$Exceso\ mortalidad_{semanai} = d_{semana\ t} - \hat{d}_{semana\ t}$$

Con esta estimación de exceso de mortalidad se llevó a cabo un análisis descriptivo por municipio, describiendo el exceso de mortalidad a través de métricas como las siguientes:

- Exceso de muertes por 1000 habitantes para cada municipio

Este indicador permitió estimar la tasa de exceso de mortalidad per cápita dividiendo el exceso de mortalidad por municipio en una semana determinada del año de evaluación (2020 o 2021 según corresponda).

$$\hat{y}_{semana\ i} = \frac{Exceso\ de\ mortalidad\ en\ la\ semana\ i}{Población\ expuesta\ en\ la\ semana\ i} * 1000$$

- Exceso de muertes como porcentaje anual de la mortalidad de la línea de base

Esta medida también llamada P-score en la literatura representa el porcentaje de la diferencia entre las muertes entre las muertes reportadas y las muertes esperadas en una semana específica para un municipio determinado. Esta métrica se calcula como:

$$P - score = \frac{Muertes\ observadas\ en\ la\ semana\ i - Muertes\ esperadas\ semana\ i}{Muertes\ observadas\ en\ la\ semana\ i}$$

Objetivo específico 3:

Para evaluar la influencia de las medidas preventivas en el exceso de mortalidad por COVID 19, se incluyeron las medidas preventivas de reducción de movilidad clasificadas como cuarentenas parciales y totales, toques de queda, prohibición de consumo de bebidas alcohólicas, pico y cédula vinculando la duración en tiempo de las medidas, se utilizaron escalas de presencia o ausencia (0,1) y se llevó a un nivel agregado por semana epidemiológica.

Se realizó un procesamiento, de la información de la base de datos, se recodificó con cero o uno los tipos de medidas implementadas y se transformó la matriz de datos en formato de base de datos, con la fecha inicio y fin de cada tipo de medida y los tipos de medidas se repitieran durante el tiempo en que fue implementada la medida.

Luego de la transformación de la base de datos, se ajustaron modelos lineales generalizados mixtos donde la variable respuesta fue el exceso de mortalidad con un factor de ajuste offset

por población expuesta por semana epidemiológica. Se ajustaron tres (3) modelos con diferentes combinaciones de variables: el primero fue el modelo nulo solo con el efecto de las variables de medidas preventivas sin tener en cuenta los efectos mixtos, el segundo modelo tiene en cuenta todas las medidas preventivas e incluye los efectos aleatorios de la variación intrínseca en los municipios incluyendo intercepto y pendiente aleatoria, y un tercer modelo que tiene en cuenta el ajuste a través de la función de auto correlación parcial de los residuales que ajusta por una función armónica por los 4 residuales que se encontraron por fuera de las bandas de la gráfica de auto correlación parcial.

Por otra parte, otra variable aproximada a la reducción de la movilidad por las medidas tomadas por los gobiernos locales es la relacionada con la medición de movilidad que realiza Google disponible en la web que refleja el efecto combinado de las medidas de contención en el tiempo a diferentes lugares de aglomeración tales como supermercados parques, lugares de trabajo, zonas residenciales, lugares de tránsito y tiendas.

El análisis incluyó datos de movilidad de un 64% de los municipios con un total de 26 municipios de los 42 municipios del Valle del Cauca se evaluó la representatividad de la cantidad de datos faltantes en cada municipio por categoría de movilidad excluyendo un total de 6 municipios que tenían 100 % de valores faltantes en cada una de las variables, pese al subregistro en los 20 municipios considerados, se realizó imputación de datos para complementar la información, garantizando que el proceso de imputación representará la menor variación en la serie de tiempo de valores estimados por la aproximación y que dichos valores fueran muy similares a la tendencia observada en los valores observados. Para completar los datos faltantes de la movilidad en los municipios, se utilizó una aproximación de completitud de series de tiempo utilizando la librería de R ImputeTS, completando los datos faltantes con algoritmo de Kalman y el método de series de tiempo del modelo Arima (55).

Con los índices de movilidad se construyó un indicador conjunto a partir de la reducción de la dimensionalidad utilizando un análisis de componentes principales (MPCA) del efecto combinado de las categorías o lugares de aglomeración por municipio y tiempo, el análisis de componentes principales tuvo en cuenta los indicadores de movilidad que presentaron el mayor porcentaje de variabilidad acumulada (un porcentaje del 30%) como la movilidad en parques, lugares de trabajo y zonas de venta y recreación, y lugares de trabajo. Se realizó un análisis de sensibilidad sobre los parámetros evaluando diferentes valores del tiempo de rezago escogiendo el modelo con menor valor de AIC y BIC, dado que el efecto de la movilidad pudo verse reflejado en la disminución de la mortalidad en las semanas siguientes, se estableció un tiempo de rezago de cinco (5) semanas que corresponde al tiempo necesario para que el cambio en movilidad tenga un efecto en la mortalidad. Lo anterior se realiza para la modelación de la relación con el exceso de mortalidad según los resultados del artículo de Basellini et al(10).

Se utilizó el indicador de movilidad para determinar la relación con las tasas de mortalidad utilizando la aproximación de modelo mixtos, se agregaron los datos diarios de movilidad utilizando la semana epidemiológica y se unieron con los datos de tasas de exceso de

mortalidad de la misma semana epidemiológica. Se introdujeron cinco (5) semanas de rezago en la movilidad para de esta forma tratar de explicar el tiempo necesario para que el cambio en la movilidad, tenga un impacto en la mortalidad. La variable respuesta fue el exceso de mortalidad y las predictoras fueron la movilidad, el efecto mixto incluye el ajuste un intercepto aleatorio y pendiente aleatoria para la movilidad en cada municipio y nueve (9) parámetros B de suavización polinomial para modelar la tendencia de la mortalidad en el tiempo.

También se tuvieron en cuenta las estadísticas de personas vacunadas por semana epidemiológica, considerando que la vacunación fue una medida que tuvo mayor repercusión en el año 2021.

Posteriormente con todos los datos organizados por columnas, se realizó el ajuste de un modelo lineal generalizado (GLM) por cada grupo de intervenciones: preventivas, de movilidad y de vacunación, usando la aproximación de efectos mixtos para todos los municipios teniendo en cuenta el tiempo (semana epidemiológica), con la siguiente formulación matemática:

$$y_{i,j} = \beta_0 + \beta_k + \beta_l + u_i + (\tau_0 + \tau_l) * g_{i,j-x} + \sum_{s=1}^n \beta_s * B_s(j) + \varepsilon_{i,j}$$

$y_{i,j}$: Denota la tasa de exceso de mortalidad para un municipio dado en la semana i

β_0 : Valor promedio del exceso de mortalidad común para todos los municipios

β_k : aumento o disminución en el riesgo de exceso de mortalidad al implementar cada intervención.

β_l : aumento o disminución en el riesgo de exceso de mortalidad por unidad de cambio en la tasa de vacunación.

u_i : Interceptos aleatorios por municipio

τ_0 : Cambio per capita del exceso de mortalidad por unidad de cambio en el indicador de movilidad.

τ_l : son pendientes aleatorias que modifican el efecto del cambio de movilidad en el municipio i durante la semana j-x

La tendencia de mortalidad base fue modelada usando una aproximación no paramétrica basada en bases B-spline Bs, siendo β_s los coeficientes asociados. Por último, $\varepsilon_{i,j}$ es el vector de residuales, distribuido como $\varepsilon_{i,j} \sim N(0, \sigma^2)$ que son independientes a los efectos aleatorios u_i and τ_i .

Para el anterior modelo se utilizó el ajuste del exceso de mortalidad por 1.000 habitantes en cada municipio como variables respuesta y las intervenciones como predictoras. Se estimó

la significancia estadística de cada una de las variables predictoras relacionadas con intervenciones no farmacéuticas como toques de queda, aislamiento preventivo obligatorio, restricción de movilidad de vehículos y personas, cierre de escuelas, paro, prohibición de eventos con aglomeración de personas, prohibición de consumo de bebidas alcohólicas, movilidad y vacunación.

4 CONSIDERACIONES ÉTICAS

Este estudio se basó fundamentalmente en análisis de bases de datos secundarias proporcionadas por la Secretaría de Salud Departamental. Por lo tanto, esta investigación no requiere el procedimiento del consentimiento informado, dado que los análisis se basaron en fuentes de datos rutinarios. No obstante, este estudio consideró de riesgo mínimo conforme a la declaración de Helsinki del 2015 y la resolución 8430/93 del ministerio de Salud y Protección Social de Colombia.

El investigador es responsable de la información y el procesamiento y no la entregará a terceros, la información fue anonimizada y en caso de aparecer datos sensibles estos fueron reemplazados por códigos. Los resultados de la investigación serán de acceso público garantizando la confidencialidad de los datos.

Esta investigación cuenta con el aval institucional de la Secretaría Departamental de Salud del Valle del Cauca para la utilización de los datos y desarrollo del proyecto (ver anexo 1) y aval de comité de postgrados (ver anexo 2) y del comité de Ética Humana de la Universidad del Valle (ver anexo 3).

5 RESULTADOS

5.1.1 Mortalidad en municipios del Valle del Cauca

A continuación se presenta el número de fallecidos en el Valle del Cauca por todas las causas y COVID-19, se observó que el municipio de Cali representó la mayor cantidad de población fallecida en los dos años .

Tabla 8. Fallecidos todas las causas por año y municipios en Valle del Cauca

Mortalidad	Personas que fallecieron por todas las causas Valle del Cauca		Personas que fallecieron por COVID-19 Valle del Cauca	
Año	2020	2021	2020	2021
Personas fallecidas	32.805	40.112	4.391	8.913
Municipios	Mortalidad todas las causas en municipios		Mortalidad Covid-19 en municipios	
Cali	17.397	20.281	2.803	4.800
Alcalá	144	210	12	18
Andalucía	190	218	11	45
Ansermanuevo	124	194	7	48
Argelia	36	37	2	7
Bolívar	101	119	1	11
Buenaventura	1.710	2.013	196	318
Bugalagrande	176	253	6	47
Caicedonia	214	278	14	70
Calima	108	144	6	32
Candelaria	566	649	60	106
Cartago	1.132	1.577	115	348
Dagua	260	342	28	60
El Águila	56	62	1	3
El Cairo	41	48	1	5
El Cerrito	400	472	48	90
El Dovio	77	89	2	13
Florida	378	519	52	136
Ginebra	119	145	9	26
Guacarí	224	341	21	52
Guadalajara de Buga	972	1.194	120	257
Jamundí	845	1.116	78	193
La Cumbre	93	116	7	15
La Unión	234	315	17	70
La Victoria	113	126	7	30
Obando	87	115	15	35
Palmira	2.554	3.374	284	871
Pradera	291	464	38	76
Restrepo	110	150	8	27
Riofrío	101	149	8	25
Roldanillo	255	320	22	98
San Pedro	103	134	7	16
Sevilla	277	413	19	72
Toro	107	134	8	15
Trujillo	121	148	4	26
Tuluá	1.834	2.269	206	530
Ulloa	41	38	3	4
Versalles	62	67	1	5
Vijes	79	93	9	21
Yotoco	103	152	7	26
Yumbo	672	870	91	191
Zarzal	298	364	37	75

5.1.2 Mortalidad general y por COVID-19 en municipios del Valle del Cauca

A continuación, se presenta la población de fallecidos en el Valle del Cauca durante los años 2015-2021, según los datos de mortalidad proporcionados por la Secretaría de Salud del departamento. Se muestra tanto la distribución de fallecimientos por todas las causas como por COVID-19.

Tabla 9. Muertes por años y tasas no ajustadas de mortalidad por cada 1.000 fallecidos Valle del Cauca

Año	Proyección población DANE*	Muertes	Muertes Covid-19	Tasa mortalidad	Tasa Covid-19
2015	4.397.194	26.449	0	6,01	NA
2016	4.414.569	25.797	NA	5,84	NA
2017	4.432.549	25.759	NA	5,81	NA
2018	4.475.886	26.707	NA	5,97	NA
2019	4.506.768	27.756	NA	6,16	NA
2020	4.532.152	32.805	4.391	7,24	0,97
2021	4.556.752	40.112	8.913	8,80	1,96

*Población proyectada 2020 para el Valle del Cauca según DANE

En la Tabla 8, se evidencia una tendencia ascendente en los índices de mortalidad en el departamento, llegando a un pico de 40.112 fallecidos en el año 2021. Al analizar la proporción de muertes por COVID-19 en relación con el total de fallecimientos en 2020, se observa que dichos decesos representan el 13,3%. En el año 2021, las muertes atribuidas al COVID-19 contribuyen al 22% de todas las causas de mortalidad.

Las tasas de mortalidad por cada 1.000 habitantes indican que la mortalidad durante los años 2020 y 2021 ha mostrado una tendencia al alza, con cifras de 7,24 y 8,8 fallecidos por cada mil individuos, respectivamente. Por otro lado, en cuanto a las tasas de fallecimientos por COVID-19, el año 2021 registró la tasa más elevada, con 1,96 muertes por cada mil habitantes en todo el departamento.

Además, la tendencia de las muertes desde el año 2015 ha mostrado ciertas fluctuaciones. Se observan algunos valores que superan ligeramente las 100 muertes diarias en 2015, pero en su mayoría se mantienen por debajo de las 90 muertes diarias entre 2015 y 2019. Sin embargo, a partir del año 2020, las cifras de mortalidad experimentaron un aumento importante, con fluctuaciones que superan el promedio de muertes registradas en años anteriores.

En particular, se identificaron tres puntos máximos en la serie de mortalidad. El primero ocurrió desde principios de mayo hasta agosto de 2020, donde el valor máximo se alcanzó el 21 de julio de 2020, con 163 muertes. Posteriormente, entre agosto de 2020 y febrero de 2021, se produjo una segunda ola con valores máximos en enero 21 de 2021, llegando a casi

150 fallecimientos. Por último, se registró un tercer pico máximo entre mayo y julio de 2021, alcanzando aproximadamente 198 muertes el 5 de julio de 2021.

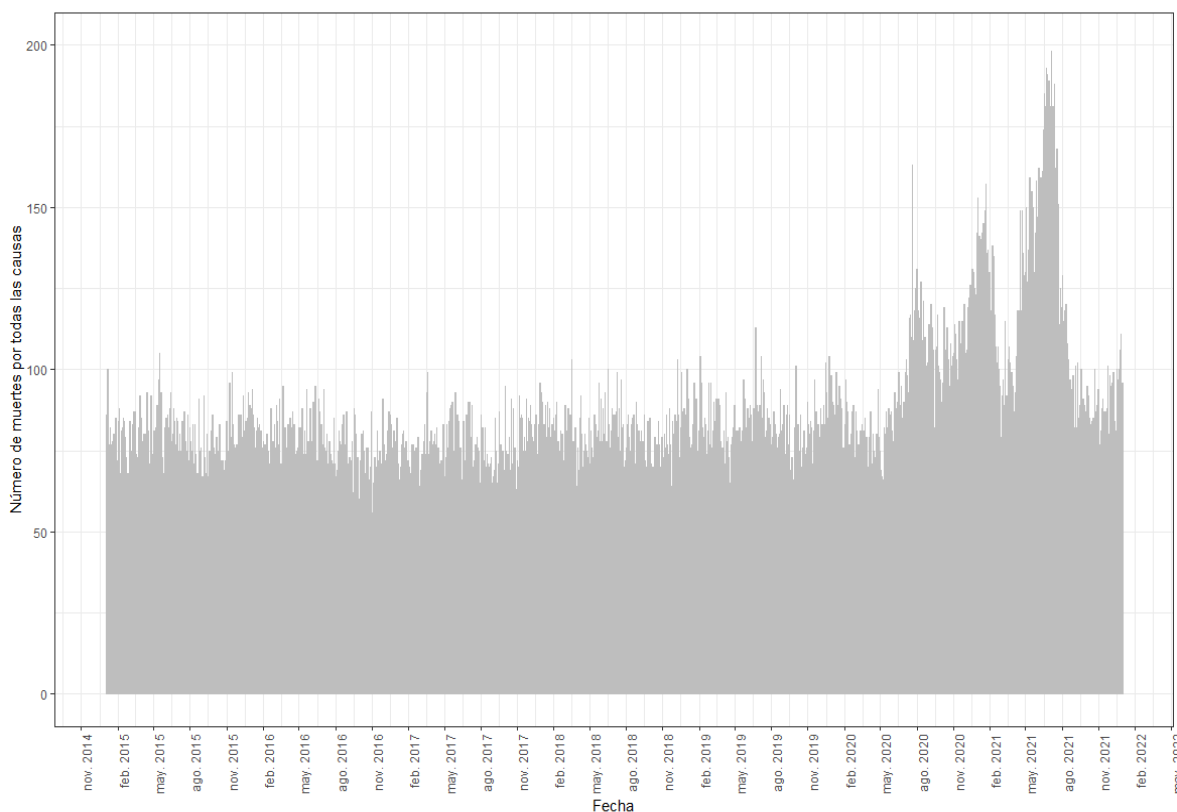


Figura 2. Muertes diarias por todas las causas en el Valle del Cauca

Además, en la Figura 3 se muestra la distribución de las muertes atribuidas al COVID-19 durante los años 2020-2021, incluyendo datos preliminares del 2022. La tendencia en el recuento de muertes revela múltiples picos en los fallecimientos por COVID-19. Inicialmente, se observaron valores máximos en los meses de julio a agosto de 2020, alcanzando hasta 30 fallecimientos por día. Posteriormente, este número disminuyó en agosto, situándose entre 15 y 20 fallecimientos.

Luego, desde septiembre de 2020 hasta finales de febrero de 2021, se produjo un segundo incremento en la mortalidad por COVID-19, con un máximo de 55 muertes registradas el 16 de enero de 2021. A partir de marzo de 2021, los valores de mortalidad comenzaron a disminuir. Sin embargo, entre abril y agosto de 2021, se presentó una tercera ola de mortalidad, con picos superiores a 75 fallecimientos en las primeras semanas de julio de 2021.

En los últimos meses del año 2021, se observó una tendencia de mortalidad más baja en comparación con años anteriores. Finalmente, se evidenció un cuarto pico hacia finales de enero de 2022, con un promedio aproximado de 67 fallecimientos diarios.

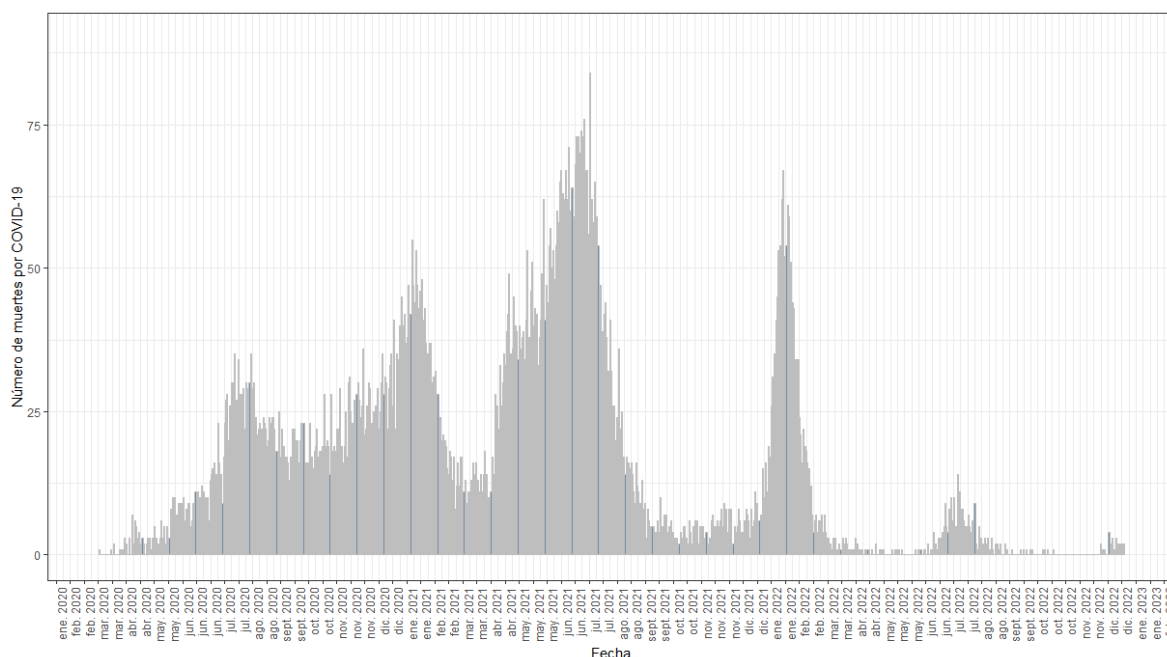


Figura 3. Muertes diarias por COVID-19 departamento del Valle del Cauca

5.1.3 Mortalidad general según variables sociodemográficas en el departamento del Valle del Cauca

La distribución porcentual de la mortalidad por sexo y edad en cada año revela que la mayor concentración de fallecimientos se encuentra en el grupo de personas mayores de 65 años, tanto para hombres como para mujeres.

Durante los últimos dos años de la pandemia, se observa un leve incremento en la distribución porcentual en el grupo de mujeres. En el año 2019, este porcentaje era de 56,3%, mientras que en el 2020 aumentó a 60,1%. Por otro lado, la concentración porcentual en el grupo de hombres en ese mismo rango de edad se ha mantenido más estable. Sin embargo, se ha observado una tendencia al aumento en el grupo de 45 a 64 años durante los años 2020 y 2021 tanto para hombres como para mujeres. En el año 2019, en los hombres de 45 a 64 años la mortalidad representaba el 17,8%, mientras que en el año 2021 ha aumentado a un 19,9%. En las mujeres para este mismo grupo de edad paso de un valor de 21,2% en el 2019 a un 22,6% en el año 2021. Para los grupos poblacionales de menores edades (menores a 44 años) la proporción de mortalidad en ambos sexos se redujo ligeramente en los años 2020 y 2021 si se hace la comparación con los años 2015 a 2019.

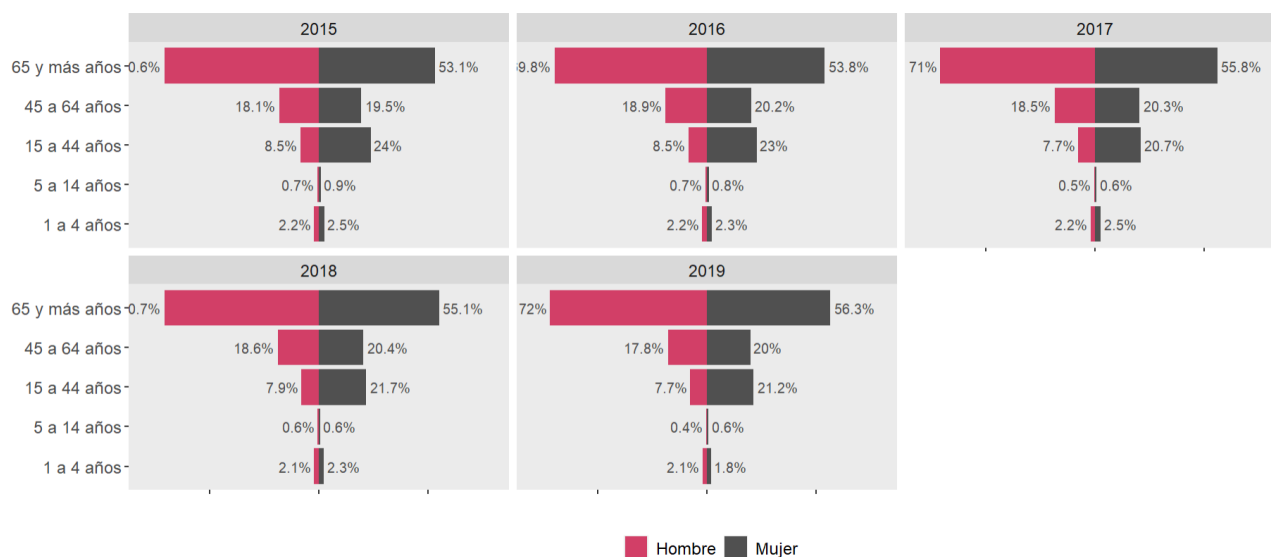


Figura 4. Distribución porcentual mortalidad por sexo y grupos de edad 2015-2020, Valle del Cauca

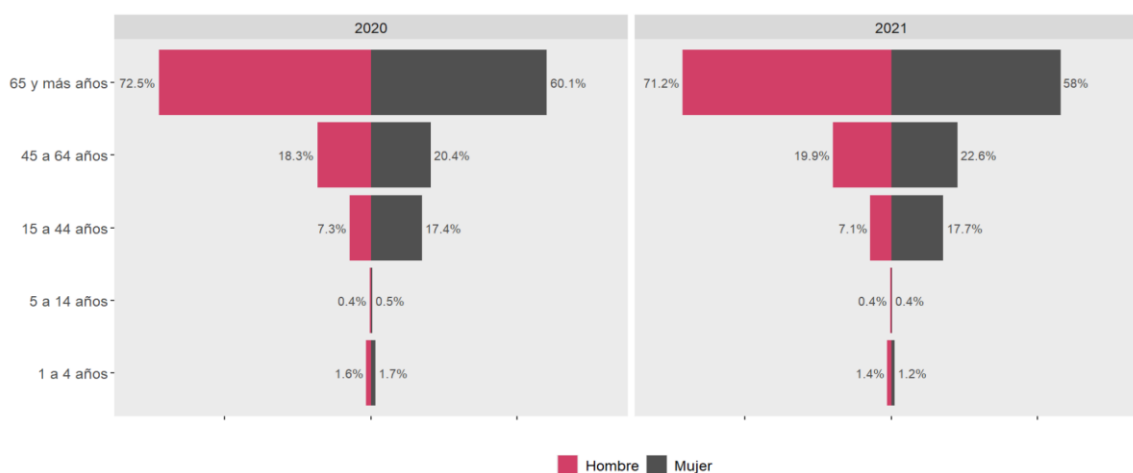


Figura 5. Distribución porcentual mortalidad por sexo y grupos de edad 2020-2021, Valle del Cauca

En cuanto a las tasas específicas de mortalidad por sexo y grupos de edad (ver Figura 6), se han observado valores elevados durante los periodos de pandemia, siendo más altas en los hombres que en las mujeres. Durante los períodos previos a la pandemia, las tasas brutas máximas de mortalidad en la población mayor de 65 años no superaban las 48,94 muertes por cada 1000 individuos en hombres y las 35,5 muertes en mujeres. Sin embargo, durante los periodos de pandemia, específicamente en el año 2021, se alcanzaron las tasas más altas para este mismo grupo de edad: 67,68 por cada mil individuos fallecidos en hombres y 54,27 en mujeres. Estos valores representan los máximos observados en todo el período temporal analizado.

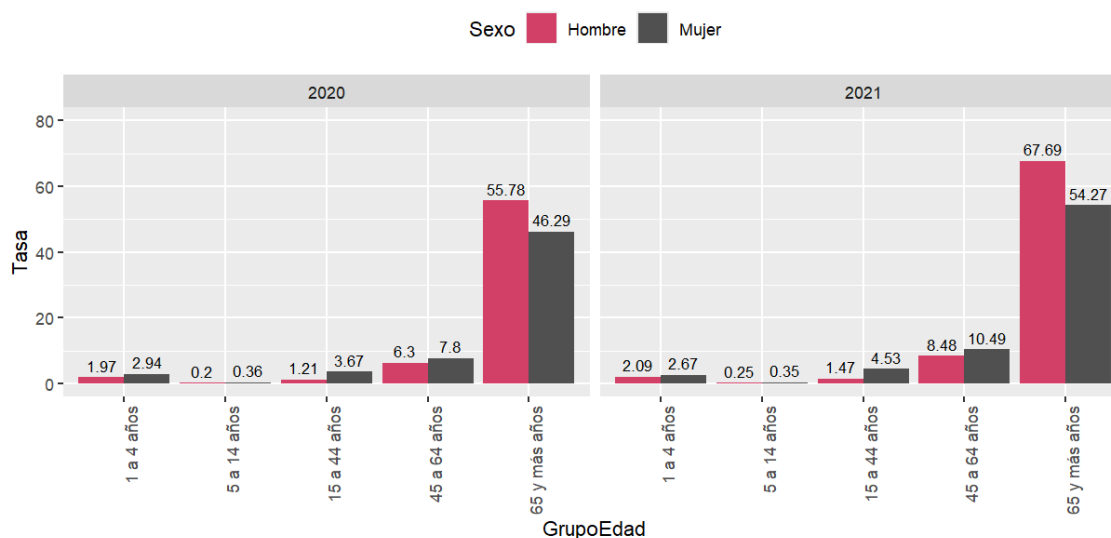


Figura 6. Tasa de mortalidad específica todas las causas por año por edad y sexo, Valle del Cauca. Años 2020 y 2021

En la Tabla 9 se presenta la frecuencia de las variables sociodemográficas para cada año analizado. Se realizó la prueba de Chi-cuadrado para evaluar la relación entre estas variables, y se encontró que existe una asociación significativa entre las categorías de las variables en los distintos niveles y el año de ocurrencia del fallecimiento.

La proporción de fallecimientos según el sexo y el año revela que, las mujeres, tienen una distribución porcentual mayor comparada con los hombres que se atribuye a la mayor cantidad de mujeres en la población. Por otro lado, en el caso de los hombres, esta proporción disminuye levemente en el año 2020 en comparación con los años anteriores, alcanzando un 42,6%. Sin embargo, se registra un incremento en el año 2021 en comparación con el año anterior, llegando al 43%.

Respecto a los grupos de edad, se observa que la mayor concentración de fallecimientos se encuentra en el grupo de 65 años y más, representando un 62,8% del total de muertes analizadas en todos los años. En este mismo segmento de edad, este porcentaje se elevó al 65,4% en 2020 y al 63,7% en 2021.

Con respecto a la educación se encontró que la proporción más alta de fallecidos corresponde al segmento de básica primaria, con un porcentaje aproximado del 41,4%, seguido de aquellos con información no disponible y los de nivel educativo secundario.

Por último, en cuanto a la información étnica, se observa que la mayoría de las personas fallecidas no tienen una pertenencia étnica identificada. Sin embargo, se destaca un porcentaje significativo, que varía entre el 8% y el 14% entre los años 2015 y 2021, de fallecidos que se autoidentifican como negro(a), mulato(a) o afrocolombiano.

Tabla 10. Distribución de los casos de mortalidad según variables sociodemográficas años 2015-2021, Valle del Cauca

Variable	Año 2015 (n=26.449)	Año 2016 (n=25.797)	Año 2017 (n=25.759)	Año 2018 (n=26.707)	Año 2019 (n=27.756)	Año 2020 (n=32.805)	Año 2021 (n=40.112)	P valor	Total
Sexo n (%)									
Femenino	14.817(56,0%)	14.541(56,4%)	14.280(55,4%)	14.787(55,4%)	15.405(55,5%)	18.838(57,4%)	22.854(57,0%)	6,4E-06	115.522(56,2%)
Masculino	11.632(44,0%)	11.253(43,6%)	11.478(44,6%)	11.920(44,6%)	12.351(44,5%)	13.967(42,6%)	17.258(43,0%)		89.859(43,8%)
Grupo edad n (%)									
Menor de 1 año	530(2,0%)	500(1,9%)	519(2,0%)	494(0,4%)	446(0,3%)	448(0,2%)	420(0,2%)	0,00E+00	3.357(1,6%)
1 a 4 años	88(0,3%)	77(0,3%)	91(0,4%)	97(15,5%)	90(15,2%)	82(13,1%)	96(13,2%)		621(0,3%)
5 a 14 años	212(0,8%)	187(0,7%)	152(0,6%)	159(19,6%)	143(19,0%)	143(19,5%)	155(21,4%)		1.151(0,6%)
15 a 44 años	4.551(17,2%)	4.290(16,6%)	3.852(15,0%)	4.152(0,6%)	4221(0,5%)	4291(0,4%)	5.280(0,4%)		30.637(0,6%)
45 a 64 años	4.984(18,8%)	5.064(19,6%)	5.014(19,5%)	5.234(62,0%)	5.285(63,3%)	6.393(65,4%)	8.601(63,7%)		40.575(19,8%)
65 y más años	16.077(60,8%)	15.672(60,8%)	16.129(62,6%)	16.571(0,0%)	17.571(0,0%)	21.448(0,0%)	25.560(0,0%)		129.028(62,8%)
Edad desconocida	7(0,0%)	7(0,0%)	2(0,0%)	0(1,8%)	0(1,6%)	0(1,4%)	0(1,0%)		16(0,0%)
Educación n (%)									
Básica primaria	11.295(42,7%)	10.609(41,1%)	10.612(41,2%)	11.295(42,3%)	11.860(42,7%)	13.682(41,7%)	15.726(39,2%)	0	85.079(41,4%)
Doctorado	6(0,0%)	18(0,1%)	9(0,0%)	13(0,0%)	12(0,0%)	13(0,0%)	17(0,0%)		88(0,0%)
Especialización	65(0,2%)	62(0,2%)	77(0,3%)	62(0,2%)	72(0,3%)	99(0,3%)	113(0,3%)		550(0,3%)
Maestría	16(0,1%)	26(0,1%)	28(0,1%)	39(0,1%)	40(0,1%)	34(0,1%)	55(0,1%)		238(0,1%)
Media	2.135(8,1%)	2.134(8,3%)	2.244(8,7%)	2.560(9,6%)	2.704(9,7%)	3.117(9,5%)	4.095(10,2%)		18.989(9,2%)
Ninguno	2.830(10,7%)	2.897(11,2%)	2.921(11,3%)	2.845(10,7%)	2.897(10,4%)	2.899(8,8%)	3.077(7,7%)		20.366(9,9%)
Normalista	57(0,2%)	54(0,2%)	53(0,2%)	70(0,3%)	57(0,2%)	77(0,2%)	68(0,2%)		436(0,2%)
Preescolar	430(1,6%)	460(1,8%)	413(1,6%)	512(1,9%)	518(1,9%)	605(1,8%)	721(1,8%)		3.659(1,8%)
Profesional	790(3,0%)	810(3,1%)	819(3,2%)	998(3,7%)	1.049(3,8%)	1.246(3,8%)	1.707(4,3%)		7.419(3,6%)
Secundaria	3.229(12,2%)	3.185(12,3%)	3.026(11,7%)	3.161(11,8%)	3.485(12,6%)	4.168(12,7%)	5.241(13,1%)		25.495(12,4%)
Sin información	5.231(19,8%)	5.152(20,0%)	5.111(19,8%)	4.614(17,3%)	4.545(16,4%)	6.215(18,9%)	8.402(20,9%)		39.270(19,1%)
Técnica	365(1,4%)	390(1,5%)	446(1,7%)	538(2,0%)	517(1,9%)	650(2,0%)	890(2,2%)		3.796(1,8%)
Etnia n (%)									
Indígena	0(0,3%)	71(0,3%)	72(0,3%)	76(0,3%)	70(0,3%)	88(0,3%)	107(0,3%)	4.67e-189	573(0,3%)
Negro(a), mulato(a), afrocolombiano(a)	3.790(14,3%)	3.175(12,3%)	2.368(9,2%)	2.536(9,5%)	2.618(9,4%)	3.019(9,2%)	3.295(8,2%)		20.801(10,1%)
Ninguna de las anteriores	21.795(82,4%)	21.676(84,0%)	23.172(90,0%)	24.068(90,1%)	25.038(90,2%)	29.668(90,4%)	36.688(91,5%)		182.105(88,7%)
Palenquero de San Basilio	23(0,1%)	5(0,0%)	9(0,0%)	6(0,0%)	7(0,0%)	6(0,0%)	7(0,0%)		63(0,0%)
Raizal	29(0,1%)	12(0,0%)	10(0,0%)	0(0,0%)	6(0,0%)	8(0,0%)	4(0,0%)		69(0,0%)
Room	27(0,1%)	24(0,1%)	13(0,1%)	16(0,1%)	17(0,1%)	16(0,0%)	11(0,0%)		124(0,1%)
Sin información	696(2,6%)	834(3,2%)	115(0,4%)	5(0,0%)	0(0,0%)	0(0,0%)	0(0,0%)		1.650(0,8%)

5.1.4 Mortalidad por COVID-19 en el valle del Cauca según variables sociodemográficas

La distribución de la mortalidad por grupos de edad y sexo en las personas fallecidas por COVID-19 destaca la mayor proporción en el grupo de 65 años y más, el cual ha mantenido esta tendencia en los últimos dos años de la pandemia. En el año 2020, la distribución porcentual por sexo y edad muestra una mayor proporción de mujeres mayores de 65 años, representando el 75,7%. Para el grupo de 45 a 64 años la mayor proporción se encuentra en hombres con un 24,8% cuando se compara con la proporción observada en mujeres. En relación con el grupo de 15 a 44 años las muertes no superaron el 5% en ambos sexos.

En el año 2021, se observa la misma tendencia, con una mayor proporción en el grupo de 65 años y más, que representa el 66,8% de los fallecimientos en mujeres y el 61,1% en hombres. En lo referente al segmento de 45 a 64 años, se evidencia un incremento en el 2021 en comparación con el 2020, alcanzando un 31,1% en hombres y un 26,7% en mujeres. Para el año 2022, se cuentan con cifras preliminares que muestran una mayor proporción en el grupo de adultos mayores de 65 años en comparación con años anteriores, así como un incremento en los fallecimientos en la población masculina, llegando al 85,2%.

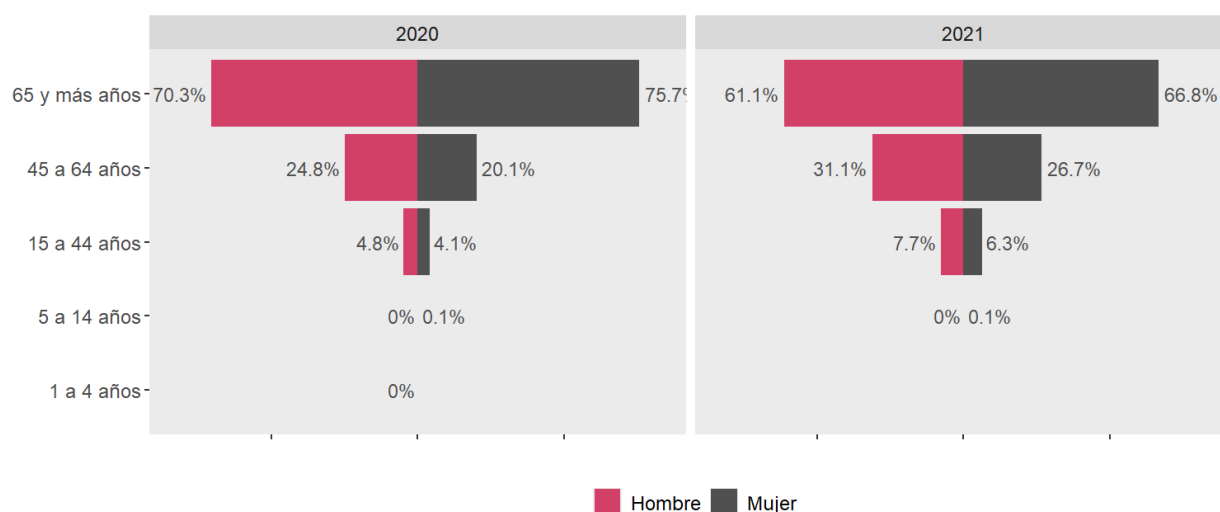


Figura 7. Distribución de mortalidad por grupos de edad, sexo y año, Valle del Cauca

En la Figura 8 se presenta la distribución de las tasas de mortalidad por año y grupo de edad, expresadas por cada 1.000 individuos. En el año 2020, se registraron las tasas más altas en hombres y mujeres mayores de 65 años, con valores de 11,02 y 4,79 respectivamente. En el grupo de 45 a 64 años, las tasas de mortalidad fueron de 1,74 en hombres y 0,63 en mujeres por cada mil personas.

En el año 2021, se observó un aumento en las tasas de mortalidad en la población mayor de 65 años. En hombres, la tasa se incrementó casi dos veces en comparación con el año 2020, alcanzando 17,87 por cada 1.000 individuos, mientras que en mujeres fue de 9,85. Las segundas tasas más altas en el 2021 correspondieron al grupo de 45 a 64 años, con 4,08 en hombres y 1,95 en mujeres por cada 1000 individuos fallecidos. En los grupos de edad menores de 44 años, las tasas de mortalidad no superaron 1 fallecido por cada 1000 individuos.

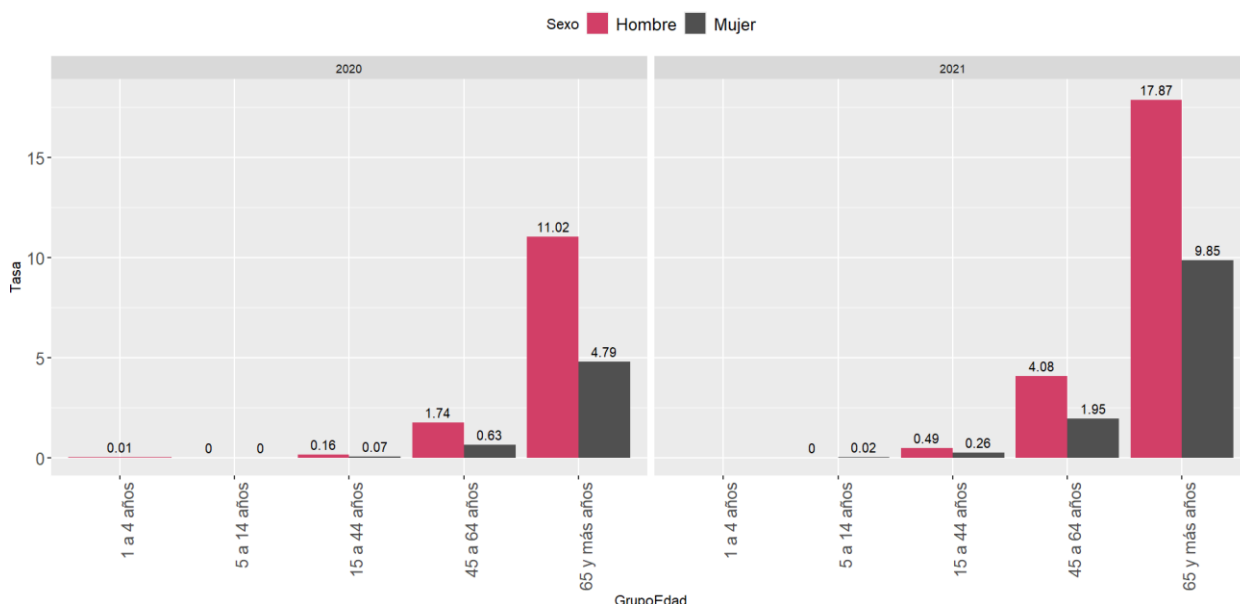


Figura 8. Tasas de mortalidad por COVID-19 específicas por edad y sexo, Valle del Cauca

En la Tabla Anexos 5 se presenta la distribución porcentual de fallecimientos por COVID-19 para los años 2020-2022, por variables sociodemográficas como sexo y grupos de edad. En cuanto al sexo, se observa que los hombres presentan una mayor proporción de fallecimientos por COVID-19, alcanzando un máximo del 64,8% en el año 2020.

En relación con los grupos de edad, se destaca que el mayor porcentaje de fallecimientos se registra en el grupo de 65 años y más, con porcentajes que oscilan entre el 62% y el 84%. El segundo grupo de edad con mayor mortalidad corresponde a las edades comprendidas entre 45 y 64 años, registrando los valores más altos durante los años 2020 y 2021, con un 23,1% y un 29,3% de los fallecimientos respectivamente.

Durante los años de la pandemia, se observa que entre las enfermedades más frecuentes en la población de fallecidos por COVID-19 destacan aquellas que presentan comorbilidades como la hipertensión, enfermedad cardiovascular, diabetes y cáncer. Estas condiciones médicas muestran porcentajes significativos de fallecimientos, lo cual llama la atención.

Otras comorbilidades, como el hipertiroidismo, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, enfermedad cerebrovascular y enfermedad renal, también son relevantes en la distribución porcentual de fallecimientos. En el año 2020, tener enfermedad renal y fallecer por COVID-19 representó el 9,8% de los pacientes, mientras que tener enfermedad pulmonar obstructiva crónica representó el 8,2% de los fallecimientos por COVID-19. Sin embargo, se observó que otras enfermedades, como las enfermedades autoinmunes, asma y dislipidemia, tuvieron porcentajes de mortalidad inferiores al 1% durante los años analizados. Además, el hábito de fumar mostró porcentajes cercanos al 1% en el año 2021 y al 0,4% en el año 2020.

5.1.5 Análisis ecológico de la mortalidad según variables sociodemográficas y económicas en el departamento del Valle del Cauca

En la Tabla 10 se presentan los descriptivos de las tasas ajustadas de mortalidad por todas las causas por cada 1.000 mil fallecidos para los años 2015 a 2021 y por COVID-19 para los años 2020 y 2021. Las tasas de mortalidad ajustadas por todas las causas evidencian que estas tasas han ido en aumento, alcanzado valores promedio para el año 2021 de 8,48. Adicionalmente, con un coeficiente de variación del 20% el año 2021 presenta una mayor variación en las tasas de mortalidad ajustadas para los municipios con un valor mínimo de 4,9 en el municipio de La cumbre y un máximo de 14,65 para el municipio de Alcalá. De acuerdo con al valor promedio de 2020 este corresponde a la segunda mayor tasa con 6,71 fallecidos por cada mil individuos, en este año se observó un valor mínimo de 4,03 que corresponde al municipio de La Cumbre y un máximo de 9,83 correspondiente al municipio de Alcalá.

En relación con las tasas COVID-19 los valores medios distan entre los dos años de análisis encontrando que este valor es de 0,59 por cada 1.000 individuos en el 2020 mientras que en el año 2021 asciende a 1,49 por cada 1.000. Sin embargo, la variación de la mortalidad parece estar más dispersa entre los municipios en el año 2020 con un coeficiente de variación del 63% mientras que en el 2021 está alcanzo un 40%. El valor mínimo de la tasa de mortalidad por COVID-19 en el año 2020 correspondió a Bolívar con un 0,05 y la máxima tasa observada fue de 1,22 correspondiente a la ciudad de Cali. Las tasas de COVID-19 para el año 2021 muestran el valor mínimo fue de 0,29 correspondiente al municipio del Águila y un 2,65 al municipio de Ansermanuevo. Los coeficientes de simetría y curtosis señalan que la distribución de las tasas de mortalidad es asimétrica mostrando comportamientos alejados de la normalidad (Ver Tabla 10).

Tabla 11.Descriptivos de las tasas ajustadas de mortalidad por cada 1.000 individuos, municipios del Valle del Cauca

Tasas/Año	Media	Mediana	Desviación estandar	Mínimo	Máximo	Rango	Asimetría	Curtosis	Coefi variación
Tasa 2015	5,53	5,53	0,94	3,37	83	3,89	-0,16	-0,7	0,17
Tasa 2016	5,60	5,47	1,1	3,52	14,65	5,68	0,96	1,68	0,20
Tasa 2017	5,50	5,57	1,17	2,94	1,22	7,52	1,56	5,88	0,21
Tasa 2018	5,85	5,65	1,12	3,21	8,86	5,65	0,44	0,9	0,20
Tasa 2019	6,1	5,96	1,26	3,25	9,94	6,69	0,55	1,05	0,21
Tasa 2020	6,71	6,77	1,07	4,03	9,83	5,8	0,29	0,91	0,16
Tasa 2021	8,48	8,49	1,66	4,9	14,65	9,75	0,95	3,05	0,20
Tasa Covid 2020	0,53	0,48	0,3	0,05	1,22	1,18	0,42	-0,68	0,63
Tasa Covid 2021	1,49	1,49	0,59	0,29	2,65	2,36	-0,02	-0,76	0,40

En cuanto a los porcentajes de privación promedio (Ver Tabla Anexos 6) se observa que en los municipios del Valle del Cauca resalta deficiencia en indicadores por falta de alfabetismo, trabajo informal y tasa de dependencia económica. El mayor indicador de privación es la tasa de analfabetismo con un valor medio de 0,59 y una desviación de 0,13, y valores mínimos de 0,33 y máximos de 0,81. Entre los menores valores de privación en los municipios se encuentran en indicadores como el acceso a barreras a la salud y baja privación por no acceso a fuentes de agua mejorada, sin embargo la variación de los municipios representada por el coeficiente de variación resulta ser una de las más altas con un 80% de variación en estos dos indicadores. La tasa de privación por inadecuada eliminación de excretas resulta ser en promedio baja, pero la variación porcentual es la más alta entre los municipios con una variación de 113%.

Entre los indicadores con menor variación en los municipios destacan el trabajo informal con valores promedios altos de aproximadamente 86%, pero baja variación entre los municipios con un 5%. La tasa de dependencia económica presento variaciones bajas en los municipios con un 15% y la no seguridad en salud con un 19%. El hacinamiento crítico y el bajo logro educativo muestran valores promedios que pueden llegar a mostrar mayor dispersión entre los municipios, con municipios con un porcentaje de privación menor como Cali, Palmira y Jamundí y otros municipios con resultados no muy favorables como El Dovio, Argelia y Buenaventura. La pobreza multidimensional que agrupa el conjunto de los indicadores mencionados muestra que la variación entre los municipios es del 33% y que existen municipios con porcentaje de privación de más del 40% como son Buenaventura y El Águila (Ver Tabla 7 Anexos).

Entre los municipios con mayores tasas de privación en las variables sociodemográficas se encuentran Alcalá, Ansermanuevo, Bolívar, El Águila, El Cairo y Buenaventura (Ver Tabla 7 Anexos). En términos de la pobreza multidimensional se observa que el municipio con menor índice de pobreza es Palmira seguido de Cali y Guadalajara de Buga. Los municipios con un mayor valor del índice de Pobreza multidimensional se encuentran el Águila (0,43), Buenaventura (0,41), El Dovio (0,37).

Indicadores como el hacinamiento crítico también pueden tener una influencia en que más personas fallecieran a causa de enfermedades infecciosas como el COVID-19 en el Valle del Cauca entre los municipios más afectados en términos de vivir en espacios pequeños están

Buenaventura, Pradera, El Dovio. En el acceso a barreras de la salud se encuentran municipios como La Cumbre, la Unión y el Dovio. Entre los municipios con menos problemas en términos de acceso a la salud se encuentran Vives, Ulloa, Andalucía, Ginebra, Restrepo. De los municipios con mayores tasas de mortalidad y que podrían relacionarse con bajo logro educativo se encuentran Alcalá, Ansermanuevo y El Dovio (Ver Tabla 7 Anexos).

En la Tabla Anexos 7 se muestran los valores en detalle por municipio de las tasas de mortalidad ajustadas por sexo y edad utilizando el método directo y una población de referencia del Valle del Cauca a partir de la distribución porcentual por las mismas variables de estratificación. La tabla presenta tasas más reducidas en el periodo de referencia 2015 a 2019 si se comparan con las tasas observadas en el periodo de la pandemia por COVID-19, el rango de valores en el periodo de referencia 2015-2019 contempla mínimos de 1,81 y máximos de 7,20. Los municipios que destacan con mayores tasas de mortalidad son Caicedonia (7,20), Ansermanuevo (6,43), Alcalá (6,34), Cali (6,25).

Se observa que para el año 2020 las tasas ajustadas por todas las causas de muerte reflejan mayores valores para algunos municipios ubicados en el Norte del Valle como Alcalá (9,83) y El Dovio (8,97), con tasas de mortalidad por encima de 8 personas fallecidas por cada 1.000, y en tercer lugar Buenaventura (8,49). En el año 2021, las tasas de mortalidad conservan valores altos en estos mismos municipios destacándose municipios como Alcalá (14,65), Ansermanuevo (11,6), El Dovio (10,28) y Pradera (10,23) que tuvieron un incremento importante en la mortalidad si se compara con la observada en el año 2020 (Ver Tabla 7 Anexos).

También resaltan municipios con las más bajas tasas de mortalidad por todas las causas durante los años 2015-2019 y el periodo de la pandemia como los municipios de Vives, La Cumbre, Ginebra. En las tasas de mortalidad por COVID-19, se observa que en el año 2020 Cali (1,22), Obando (1,14) y Buenaventura (1,05) tienen las tasas más altas ajustadas de COVID-19 por cada 1.000 habitantes, mientras en el año 2021 la distribución en los municipios cambio con municipios con mayor afectación como fueron Ansermanuevo (2,65), Obando (2,53), Roldanillo(2,28), Palmira (2,31), Tuluá (2,27) y Cartago(2,18). Se observó municipios con un cambio incremental más importante en términos de diferencias en las tasas de mortalidad por COVID-19 como Ansermanuevo (2,28) , Roldanillo (1,79), Palmira (1,56), Andalucía (1,36), Caicedonia (1,55), La unión y Cartago (1,46), Bugalagrande(1,43), La Victoria y Obando (1,40), Tuluá(1,37) (Ver Tabla 7 Anexos) .

En el primer modelo para las tasas ajustadas para el año 2020 por todas las causas de mortalidad se observa que el modelo reducido por selección de variables, el valor promedio de muertes semanales representado por el intercepto fue de 41,9 muertes. El incremento en la privación por analfabetismo fue de 11,9 en la tasa de muerte. Además, las tasas se relacionó positivamente con la privación de barreras de acceso a la salud, sin seguridad en acceso a la salud con valores estadísticamente significativos.

Para las tasas ajustadas para el año 2021, se evidencia un aporte de 44,1 en la mortalidad por cada unidad de aumento en las tasas de analfabetismo en los municipios. Otras variables demográficas de importancia con una relación positiva fueron la privación por no tener seguridad en el acceso a la salud y barreras en el acceso a la misma. Igualmente, ser de raza indígena o afrocolombiano se relacionó positiva y significativamente con la mortalidad en el 2021.

Entre las variables asociadas positivamente con tasas de COVID-19 en el año 2020 se encontraron aquellas asociadas con el nivel educativo, hacinamiento crítico, y la edad.

Para el año 2021, las tasas de COVID-19 estimadas promedio fueron mayores a las observadas en el año 2020 (42,9 versus 34,9), las variables que se observan más correlacionadas se encuentra la privación por falta de acceso a aguas mejoradas, municipios de la cabecera y el nivel educativo (básica secundaria y primaria) . Variables que no marcaron una relación directa significativas con las tasas COVID-19 tanto el 2020 como 2021 fueron la privación por analfabetismo y pertenecer a una etnia determinada.

Tabla 12. Modelo de regresión múltiple tasas de mortalidad según variables sociodemográficas y económicas, municipios del Valle del Cauca

Modelo regresión múltiple	Tasas ajustadas todas las muertes 2020	Tasa ajustada todas las muertes 2021	Tasa ajustadas COVID-19 2020	Tasa ajustada COVID-19 2021
Variables	Modelo reducido	Modelo reducido	Modelo reducido	Modelo reducido
Intercepto	41,9 (**)	-2,45	34,9 (***)	42,9(*)
Analfabetismo	11,9	44,1 (**)	-5,2	-2,7
Bajo logro educativo	11,9 (*)		7,2 (*)	
Básica primaria			7,6	9,05
Básica secundaria	-41,7 (*)	-88,7	8,1 (*)	4,86 (*)
Universitario		27,7		
Barreras de acceso a la salud	8,8 (*)	20,9 (**)		
Sin seguridad en acceso a la salud	11,57 (*)	29,9 (**)		
Hacinamiento crítico	-27,8 (*)		3,98 (*)	8,6 (*)
Inadecuada eliminación de excretas	6,33	11,08		-5,8(**)
Sin acceso a agua mejorada	-6,97			6,16 (***)
Pobreza multidimensional	-16,11		1,63 (*)	
Tasa de dependencia económica		6.93	-2,15 (*)	
Trabajo informal		-22,6 (*)	-2,6	
Rural disperso	-16,13	-41,9 (*)		1,57
Cabecera	-13,5	-36,0 (*)	-0,5	2,2 (**)
Centro poblado	-17,3	-38,3 (*)	-1,3 (*)	
Hombre			-10,5 (*)	-17,2 (*)
Mujer				
Edad 30 a 39 años				-32,3 (*)
Edad 40 a 49 años	-86,2(**)	-173,0 (***)	10,8 (*)	- 22,9 (*)
Mayores a 50 años	-44,4 (***)	-59,9 (**)	12 (*)	-13,3 (*)
Indígena	-7,3	107(*)	-29,7 (**)	-18,5
Afrocolombianos	1,37	115 (**)	-28,1 (**)	-21,3
Ningún grupo étnico		114 (**)	-28,2 (**)	-20,9
R cuadrado	0,69	0,73	0,75	0,74

5.2 Exceso de mortalidad en el periodo COVID 19 en el departamento y municipios del Valle del Cauca

5.2.1 Estimación del exceso de mortalidad en el departamento del Valle del Cauca

En la semana 23 del año 2020, se observan 576 fallecimientos por todas las causas ubicadas por encima del límite superior del intervalo de confianza, aproximadamente en la semana 31 se alcanza un punto máximo de 833 fallecimientos este valor tiende a decrecer en las semanas siguientes manteniéndose por encima de los 600 fallecimientos, para paulatinamente crecer en la semana 47 a 730 fallecimientos. Luego, en la semana 53 del año 2020 las muertes se reducen de manera importante alcanzando 624 muertes, sin embargo, continúa estando por encima del límite superior del intervalo.

Con respecto al año 2021 en las primeras tres semanas se alcanzan valores de hasta 1.000 muertes que tienden a decrecer y mantienen una volatilidad hasta la semana 15 donde esta mortalidad tiene un ligero incremento hasta alcanzar un máximo de 1.219 muertes en la semana 27. Posteriormente, se evidencia una caída de los fallecimientos oscilando en aproximadamente 600 muertes desde la semana 33 a la 49. En todo el año 2021 el conteo de fallecidos superó el límite superior de confianza al 95% a excepción las semanas 52 y 53 donde la mortalidad disminuyó a un mínimo de 291 fallecimientos.

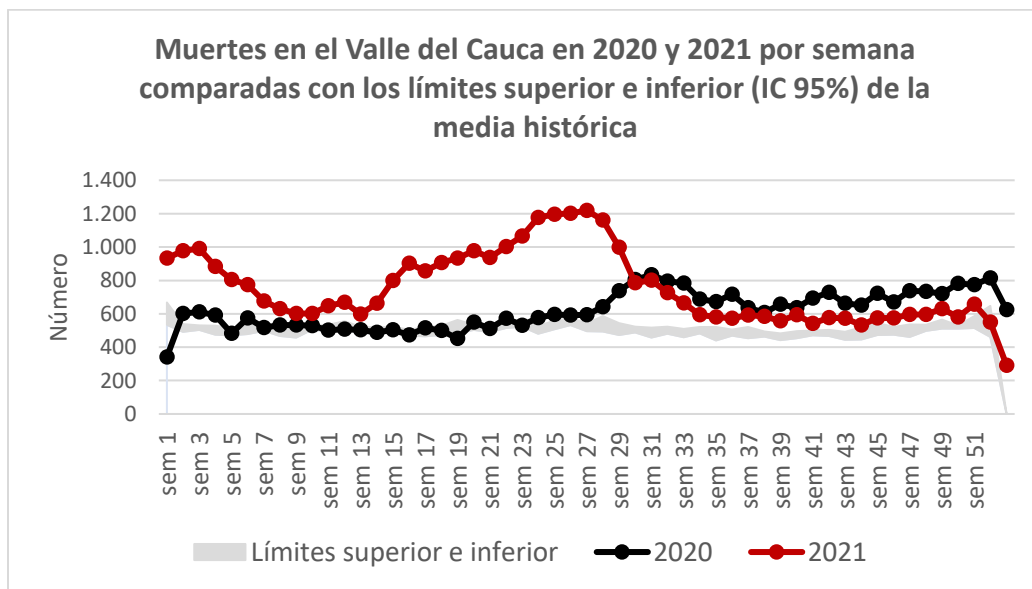


Figura 9. Mortalidad por semana epidemiológica 2020-2021, Valle del Cauca, promedio e intervalos de confianza al 95%

En la Figura 10 se presenta el valor observado de defunciones por semana epidemiológica, contrastadas con las muertes por COVID-19 y el estimado de exceso de mortalidad. A su vez, se presentan los valores temporales en términos de las muertes mediante el estimado del

promedio de cada semana epidemiológica y el valor estimado utilizando el modelo Binomial Negativo.

En términos de las muertes promedio por todas las causas, estas oscilan entre 248 y 600 por semana; en el segundo modelo, los valores tienden a ser un poco más altos, con cifras de mortalidad esperada que van desde 285 hasta 689 fallecimientos. Con respecto a las muertes por COVID-19, la estimación refleja una tendencia baja de fallecimientos en las primeras semanas del año 2020, con leves descensos en los conteos entre las semanas 13 y 23. Este fenómeno se debe posiblemente a los períodos de confinamientos donde posiblemente hay menos contagios y por ende menos muertes.

Posteriormente, en la semana 26, el número de muertes por COVID-19 y por todas las causas coinciden en el período en el que se evidencia el exceso de mortalidad, alcanzando su valor máximo aproximadamente en la semana 30 del año 2020. Las muertes tienden a estabilizarse para alcanzar un segundo valor de exceso de mortalidad en la semana 3 de 2021, y este valor coincide con un pico de mortalidad por COVID-19.

A partir de la semana 8 de 2021, las muertes por COVID-19 y el estimado de exceso de mortalidad alcanzan valores tan bajos como los observados al inicio de la pandemia. Mientras que en la semana 15 de 2021, la tendencia de crecimiento se mantiene constante, alcanzando valores máximos de mortalidad por COVID-19 en la semana 27 de 2021, que coincide con valores pico de exceso de mortalidad. Finalmente, desde la semana 35, la mortalidad por COVID-19 y el estimado de exceso decrecen de manera importante, con un promedio de 30 fallecimientos semanales.

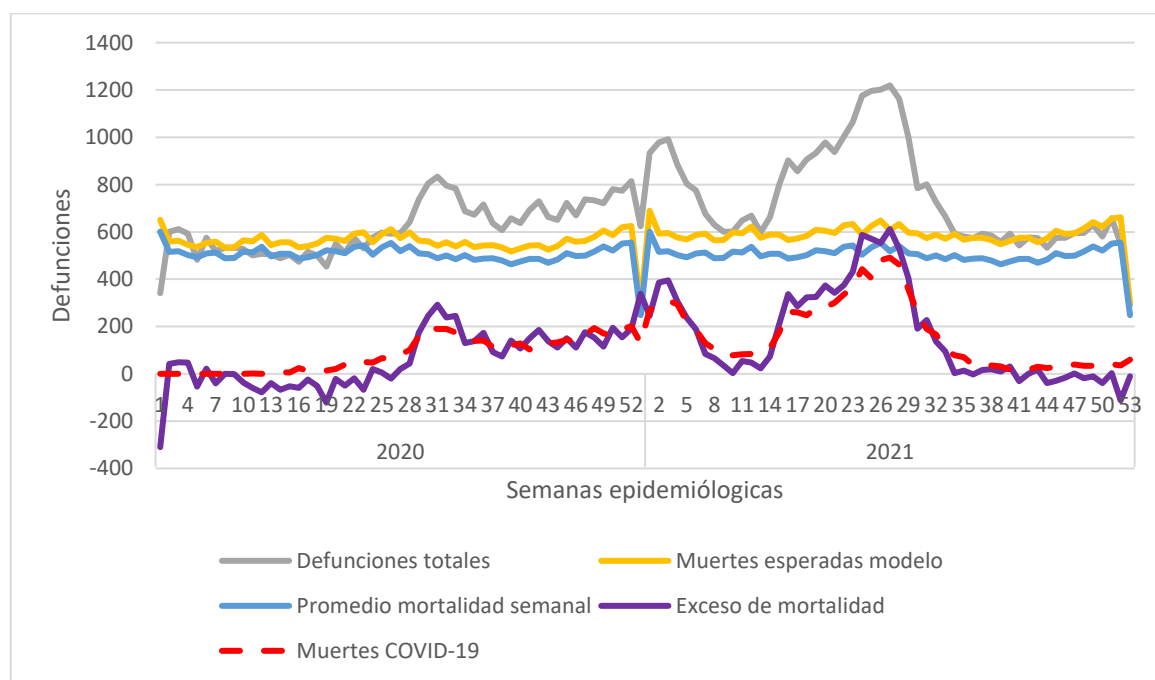


Figura 10. Valor defunciones total y muertes esperadas 2020 y 2021 de valores globales por semana epidemiológica para el Valle del Cauca

El total de muertes observado para los años 2020 y 2021 asciende a 72.917 fallecimientos de los cuales 19.533 muertes estuvieron por encima del promedio histórico y 12.140 por encima de lo que el modelo Binomial negativo presupuesto en exceso de mortalidad. Por otro lado, el número de muertes por COVID-19 alcanzaron las 13.304 personas en los dos años, de estas muertes el 68,1 % son atribuidas a las muertes por COVID-19 en relación al exceso de mortalidad estimado a partir del promedio histórico, mientras un 109,6% de estas muertes de COVID-19 se atribuye a la estimación del exceso de mortalidad según la estimación que se realizó por el modelo. Esta última estimación estaría indicando que el exceso de mortalidad estimada por el modelo fue menor a las muertes por COVID-19.

En la Tabla 8 en anexos se puede observar que el número de muertes en exceso para el año 2020 por encima del promedio histórico fueron de 6.113 fallecimientos con un porcentaje de exceso de mortalidad acumulado del 22,9% con respecto al promedio histórico, cuando se realiza la estimación del porcentaje de exceso del modelo está estimación decrece a un 11,6% debido a que el exceso de mortalidad estimado es menor en aproximadamente 2.710 fallecimientos. Adicionalmente, las muertes por COVID-19 en el año 2020 contribuyen al porcentaje de exceso de mortalidad según el promedio histórico y el estimado por el modelo Binomial negativo en un 71,8% y 103,4% respectivamente.

Se observa que desde la semana 11 aparecen los primeros casos correspondientes al COVID-19, representando el 16% de la mortalidad general acumulada desde esa fecha en adelante. En las primeras semanas epidemiológicas del año 2020 las estimaciones de exceso de mortalidad tanto por el promedio como por el modelo Binomial negativo muestran ciertas fluctuaciones tendiendo a valores negativos, lo anterior se refleja en que los porcentajes de muertes estimado por el modelo y mediante el promedio aritmético empiecen a mostrar valores consecutivos positivos a partir de la semana 27.

En la Tabla 9 en anexos, se presentan los valores de defunciones para el año 2021 y los estimados de exceso de mortalidad por semana epidemiológica se observa que el exceso de muertes promedio fue de más de 2 veces que el presentado en el año 2020, con un estimado promedio de 13.420 en el exceso de mortalidad, mientras que el estimado de mortalidad por el modelo Binomial Negativo fue de 9.456 defunciones. Este exceso de mortalidad equivale a un porcentaje de un 50% de mortalidad acumulado con respecto al promedio histórico y un 31% de lo estimado con el modelo Binomial Negativo.

Respecto a las muertes por COVID-19 en el año 2021 éstas contribuyen en 66,4% según el valor promedio histórico y un 100,7% al exceso de mortalidad. Las defunciones de COVID-19 de las primeras 33 semanas epidemiológicas corresponden al 20,6% de la mortalidad general observada y el 92% de la mortalidad por total de fallecimientos de COVID-19 durante el 2021, y el porcentaje en mortalidad aportado por COVID-19 en las 53 semanas observadas contribuyó en un 20,4%.

En las primeras semanas del 2021 los porcentajes de exceso de mortalidad por encima del promedio muestran que estos porcentajes excedieron el 50%, estos valores tendieron a disminuir durante las semanas 8 a la 13 alcanzando valores promedios del porcentaje de que no sobrepasan el 23%, posteriormente estos porcentajes aumentan drásticamente alcanzando

un máximo de 135% en la semana 27. Se observan valores superiores al 50% del porcentaje durante las semanas 29 a 33, para disminuir a valores alrededor del 20% del exceso de mortalidad, luego entre las semanas 34 a las 51 estos porcentajes decrecen sustancialmente.

Los indicadores de exceso de mortalidad para el departamento muestran como ambas estimaciones de exceso de mortalidad tienden a ser muy similares, sin embargo, el estimado de exceso de mortalidad del valor promedio supera el estimado mediante el modelo Binomial Negativo, principalmente en la última semana del año 2021 donde se observan diferencias mucho más importantes. En la primera semana el estimado de exceso de mortalidad es negativo con un aproximado de -300 muertes, este valor oscila entre valores positivos y negativos hasta la semana 26, para posteriormente oscilar en valores positivos alcanzando 3 valores máximos alrededor de la semana 31 del año 2020. El valor de exceso promedio durante las semanas 29 a la 31 corresponde a 291, con un valor máximo en la semana 31 de 345 de muertes en exceso. A partir de la semana 2 del año 2021 se observa un incremento pronunciado en el exceso de mortalidad con un valor de exceso de 473 muertes en la semana 3 la tendencia de la serie muestra un leve descenso en la mortalidad que alcanzo un mínimo de 83 muertes en la semana 10, para posteriormente incrementarse el valor de exceso en la semana 16, incrementando su valor drásticamente en la semana 24 del año 2021 con valores promedios de 661 en exceso de mortalidad entre las semanas 24 a 28 que superan los picos máximos observados durante el año 2020.

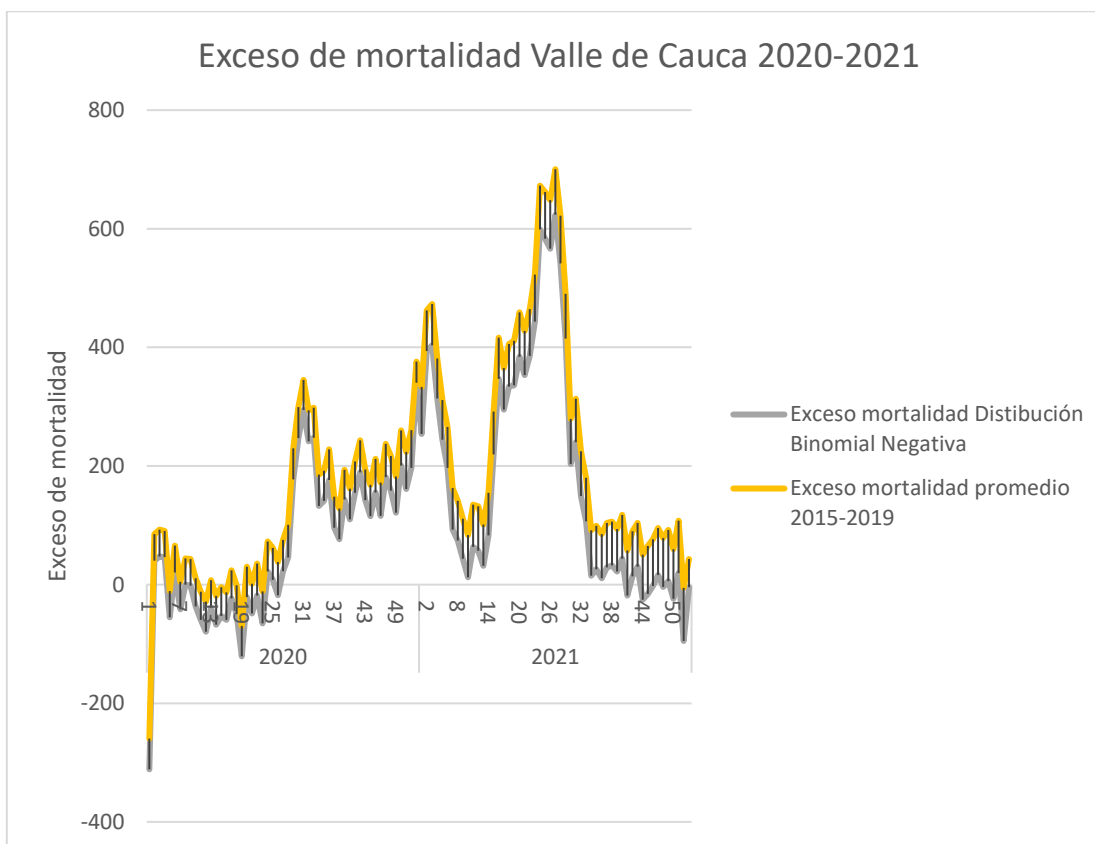


Figura 11.Exceso de mortalidad por semana epidemiológica, Valle del Cauca

Por otro lado, se muestran las estimaciones de las variaciones porcentuales entre las muertes observadas y esperadas por semana epidemiológica mediante el P-score 1 (Estimación modelo Binomial Negativo) como el P-score 2 (promedio histórico), el valor estimado muestra que las variaciones fueron negativas hasta aproximadamente la semana 26 del año 2020 con una variación promedio aproximada del -9%. Posteriormente esta variación tiende a mostrar que en promedio las muertes proyectadas hasta la semana 52 fueron un 20% más altas de lo que se observó realmente en este periodo de tiempo, siendo la semana 53 la que representa el mayor valor con un 53% de la variación atribuida a las muertes esperadas para esa semana específica. Luego, en el año 2021 la variación porcentual llega a valores tan bajos como el 5% para el P-Score1 y 13,9% para el P-score2 en la semana 10, posteriormente, el porcentaje atribuidos en la variación porcentual de las muertes esperadas se incrementa a partir de la semana 16 alcanzando valores tan altos como 50,2% para el Pscore1 y 57,5% para el Pscore2 en la semana 27. La brecha en la estimación entre los dos modelos se hace más evidente a partir de la semana 33 con variaciones porcentuales atribuidas a las muertes esperadas menores en el modelo Binomial negativo con un promedio porcentual de -1,1% mientras que para el promedio estimado entre 2015 a 2019 este esta variación porcentual más alta es del 14,8%.

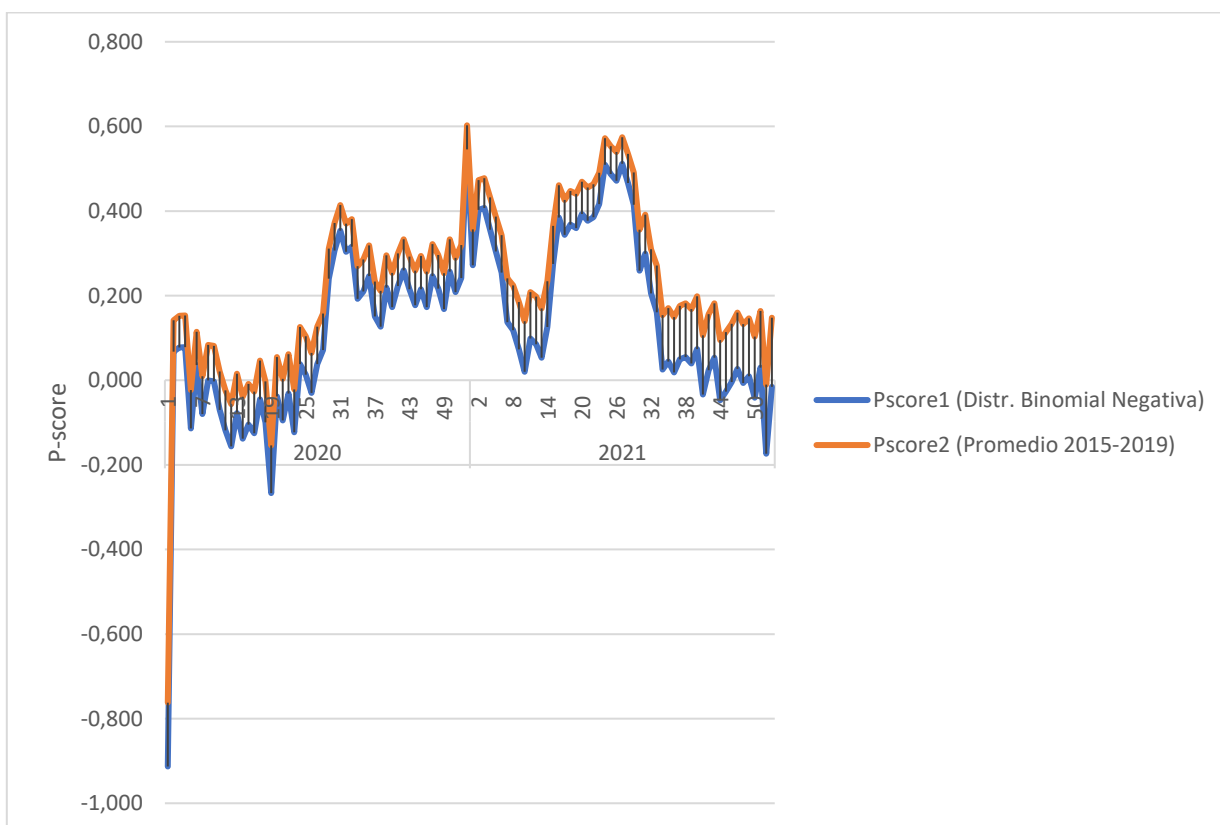


Figura 12. Variación porcentual muertes observadas versus esperadas por cada modelo, Valle del Cauca

Las tasas de exceso de mortalidad para el Valle del Cauca por tipo de modelo ajustado de muertes muestran una tendencia similar al exceso de mortalidad de COVID para los dos años

respectivos. Se presentaron las tasas más altas entre las semanas 31 a 34 alcanzando valores máximos de aproximadamente 4 fallecimientos en exceso por cada 1.000 fallecidos en el año 2020 en la estimación del exceso con el promedio observado en el periodo 2015 a 2019.

En los inicios del año 2021 se observa con un elevado número de fallecimientos en la semana 3 con una tasa de exceso fue de aproximadamente 5 fallecimientos por cada 1.000 fallecidos en la tasa promedio 2015-2019. El tercer pico se observa en la semana 27 con una tasa aproximada de 8 y 7 fallecimientos por cada 1.000 habitantes utilizando el método del promedio histórico y el modelo Binomial Negativo respectivamente.

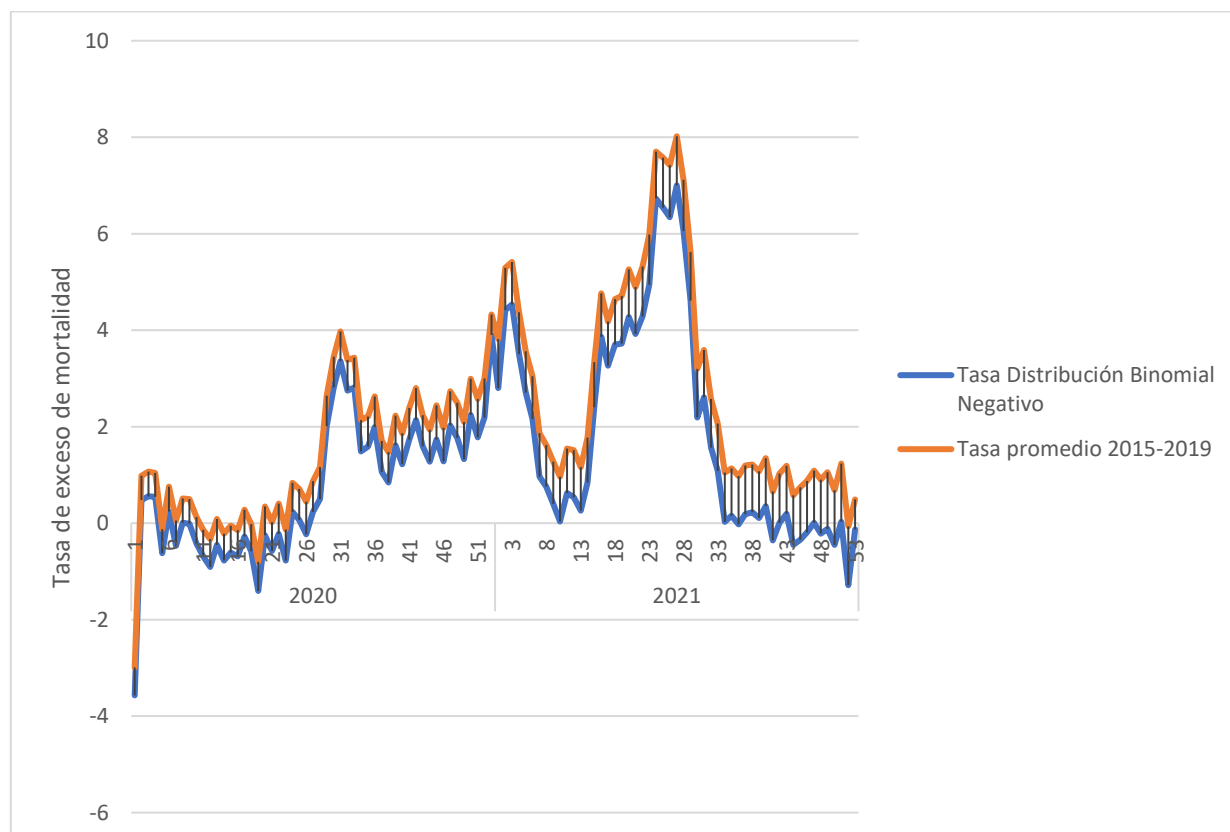


Figura 13. Tasa de exceso de mortalidad por semana epidemiológica, Valle del Cauca

En la Tabla 10 en anexos se presenta el resumen de la tasa de exceso de mortalidad estimada para el año 2020, las tasas estimadas de exceso de mortalidad por todas las muertes muestran que según los grupos de edad estas tasas fueron más altas en edades tempranas para las mujeres, siendo los intervalos de confianza relativamente estrechos pero conforme avanza la edad se hacen más amplios, en adultos mayores a los 85 años se observó que el intervalo de confianza está entre las 26 y 31 muertes por cada 1.000 individuos hombres, mientras que para las mujeres estuvo entre las 23 y 26 muertes por cada 1.000 individuos con una estimación puntual de 24 muertes mientras en los hombres fue de 29 muertes, lo que indica que existió una mayor mortalidad en este grupo para hombres.

Adicionalmente, se observa que por sexo las tasas de mortalidad por COVID-19 ajustada por grupos de edad fue superior en los hombres, y a medida que la edad incrementa las tasas

tienden a ser mayores las tasas ajustadas de COVID-19 al compararse con las tasas de muertes por todas las causas. En el caso de las mujeres estas tasas de COVID-19 fueron inferiores a la tasa de exceso de mortalidad en todos los grupos especialmente en los grupos más avanzados de edad (Mayores de 60 años).

En la Tabla 11 en anexos, se observan las tasas ajustadas de exceso de mortalidad en el año 2021, se observa que hasta edades en rangos entre 45 a 49 años la tasa ajustada de mujeres que supera ligeramente la de hombres, sin embargo, conforme la edad se va incrementando estas diferencias tienden a emparejarse, donde para el último rango de edad en hombres estas tasas son casi el doble alcanzando las 62 muertes por cada 1.000 individuos para mayores de 85 años. Respecto a las tasas por COVID-19 estas parecen ser el doble de lo observado en el año 2020. A medida que avanzan los grupos de edad se observa un cambio importante en la tasa de fallecimientos, se observó que a partir de los 75 a 79 años en hombres la tasa fue de 16 por cada 1.000 individuos fallecidos, mientras que para las mujeres en este mismo grupo de edad esta tasa es de 8 por cada 1.000 fallecidos. La máxima tasa observada tanto en hombres como en mujeres en edades de mayores de 85 años, corresponde a 30 fallecimientos y los 18 fallecimientos por cada 1.000 respectivamente.

5.2.2 Estimación del exceso de mortalidad por municipio

Se analizan las tendencias de mortalidad de los municipios de acuerdo con la semana epidemiológica para los años 2020, 2021 y el promedio del histórico para los años 2015 a 2019. Se encontró que Cali fue el municipio con mayor mortalidad tanto en el periodo de referencia (2015-2019) y en el periodo de la pandemia 2020 a 2021, la mortalidad observada en este municipio hasta aproximadamente la semana 30 del año 2020 fluctuó en valores muy similares al promedio observado en el periodo de referencia, sin embargo es notable como la mortalidad se eleva por encima de los límites evidenciados a partir de la semana 31 con 489 muertes y manteniéndose en valores altos las semanas restantes.

Por otro lado, en las primeras semanas de año 2021 la mortalidad alcanza valores superiores a las 500 muertes lo cual no se había observado en los históricos, esta mortalidad tiende a decrecer en las semanas consecutivas decreciendo durante la semana 10 y volviendo a incrementarse con subidas y bajadas que oscilaron entre las 290 a 360 muertes.

Posteriormente, en la semana 14 esta tendencia muestra que la mortalidad se incrementa de manera importante alcanzando un pico alrededor de 460 muertes, en las semanas siguientes estos valores continúan oscilando entre valores de 430 a 550 muertes, alcanzando picos de mortalidad máximos con un rezago de 4 semanas en lo que respecta al 2020, superando la mortalidad observada en los periodos observados con un valor de fallecidos de 613 individuos. (Ver Figura 16 en Anexos)

En la Tabla 13 en anexos se presentan los descriptivos del coeficiente de variación cuyo resultado muestra que en el periodo 2015 a 2019 según el valor del cociente 11 municipios presentan sobre dispersión. Entre los municipios con mayores coeficientes de variación se

encuentran Buenaventura, Caicedonia, Cali, Candelaria, Cartago, Guacarí, Guadalajara de Buga, Jamundí, Palmira, Pradera y Yumbo alcanzando valores por encima de 1.

Por otro lado, en el año 2020 se observaron 18 municipios con índices de sobre dispersión y en el año 2021 un total de 27 municipios con un valor superior a 1 en este indicador. En estos dos últimos dos años de la pandemia resaltan municipios con alta variación en la mortalidad como Buenaventura, Cali, Cartago, Guadalajara de Buga, Palmira cuyos valores se incrementaron en más de una unidad en la variación de muertes semanales en los dos últimos años de análisis.

Dado el resultado proporcionado en la Tabla 12 en anexos los modelos con mejor ajuste fueron el Binomial Negativo y el Quasipoisson para el ajuste del número de muertes esperadas, realizando pruebas basadas en la verosimilitud.

En la Tabla 14 en anexos se presenta el exceso de mortalidad para municipios en el año 2020, se observó que en algunos municipio como Ansermanuevo, Caicedonia, El Águila, Ginebra y Sevilla el ajuste del exceso de mortalidad fue negativo, siendo un indicio de no exceso de mortalidad en el año tanto para el ajuste realizado mediante el modelo Binomial Negativo como para el exceso utilizando el promedio histórico 2015-2019, en el modelo alterno de Farrington estos valores puntuales son positivos pero no muy alejados de cero.

En el año 2020, las ciudades principales como Cali, Buenaventura, Tuluá, Palmira son las ciudades con un mayor valor absoluto de exceso de mortalidad, siendo Cali la Ciudad con mayor exceso de muertes. Sin embargo, respecto a las tasas de mortalidad por miles de habitantes se destacan municipios como Alcalá, Andalucía, Candelaria, El Cerrito y Trujillo. Las tasas de exceso para municipios como Cali y Palmira guardan correspondencia con respecto a las altas tasas de COVID-19 en este año. Tanto en municipios como Cartago, Zarzal, Buga, Palmira las tasas de mortalidad por COVID-19 y el exceso de muertes atribuidas a la pandemia presentan el segundo rango de valores de tasas más altos.

En algunos municipios la afectación fue ligeramente inferior en los dos indicadores analizados: exceso de mortalidad por la pandemia de COVID-19 y tasa de exceso de mortalidad estos son en su orden: El Águila, Bolívar, Sevilla, Caicedonia, Riofrio, Calima, Yotoco, La Cumbre, Viges y Dagua. En algunos municipios el modelo de Farrington tiende a sobrestimar el exceso de mortalidad por lo cual se toma como un referente complementario a los otros dos métodos de estimación.

Respecto al análisis de exceso estimado para el año 2021 en la Tabla 15 en anexos se presentan el tres métodos de estimación de las muertes esperadas , para los métodos utilizando el promedio histórico 2015-2019 y el ajuste de modelos de regresión a través de distribuciones de conteo como Binomial Negativa o Quasipoisson, se encontró que el valor absoluto de las estimaciones de tasas de exceso de mortalidad son muy similares para ambas aproximaciones.

Al contrastar las tasas de exceso de mortalidad en el año 2021 por todas las causas con las observadas en 2020 en los municipios, estás evidencian que para el 2021 los municipios

tuvieron tasas más elevadas alcanzando máximos no observados en años anteriores, por ejemplo en el municipio de Alcalá se presentó un promedio de 6,40 muertes en exceso.

Al comparar las intensidades de contraste en las tasas de exceso de mortalidad del 2021 de COVID-19 se observa que en municipios como Alcalá, Ansermanuevo, Cartago, Palmira, Tuluá, Florida, Cali, Roldanillo y Obando se podría atribuir más el exceso de mortalidad a otras causas de mortalidad, con tasas de exceso mayor a las observadas por COVID-19.

Los municipios en la segunda posición de mayor intensidad son Buenaventura, Yumbo, Calima, Restrepo Bugalagrande, Andalucía, La Unión, La Victoria, Buga, Pradera, Caicedonia y El Cairo. Por otro lado, municipios como Dagua, Ansermanuevo, El Cairo, Caicedonia Guacarí, Zarzal, Sevilla, Trujillo, Alcalá, Candelaria, El Dovio, Argelia y El Cerrito tuvieron el tercer rango de importancia en las tasas de mortalidad por COVID-19.

Se observa que municipios con las menores tasas de muertes de COVID fueron El Águila, Versalles, Toro, Bolívar, Ginebra, San Pedro, La Cumbre, y Ulloa. Lo anterior se relaciona con el exceso de mortalidad en tres grandes grupos de municipios: los del noreste del departamento como Ansermanuevo, Cartago, Alcalá, Obando, La Unión y cercanos; Otros municipios ubicado en el centro oeste como Tuluá, Bugalagrande, Andalucía y Buga; y tercero los municipios cercanos a Cali o Buenaventura y con la mayor densidad de población en cabeceras municipales como fueron Palmira, Yumbo, Pradera, Dagua, Restrepo, Calima, Jamundí. (Ver Mapas 1 y 2)

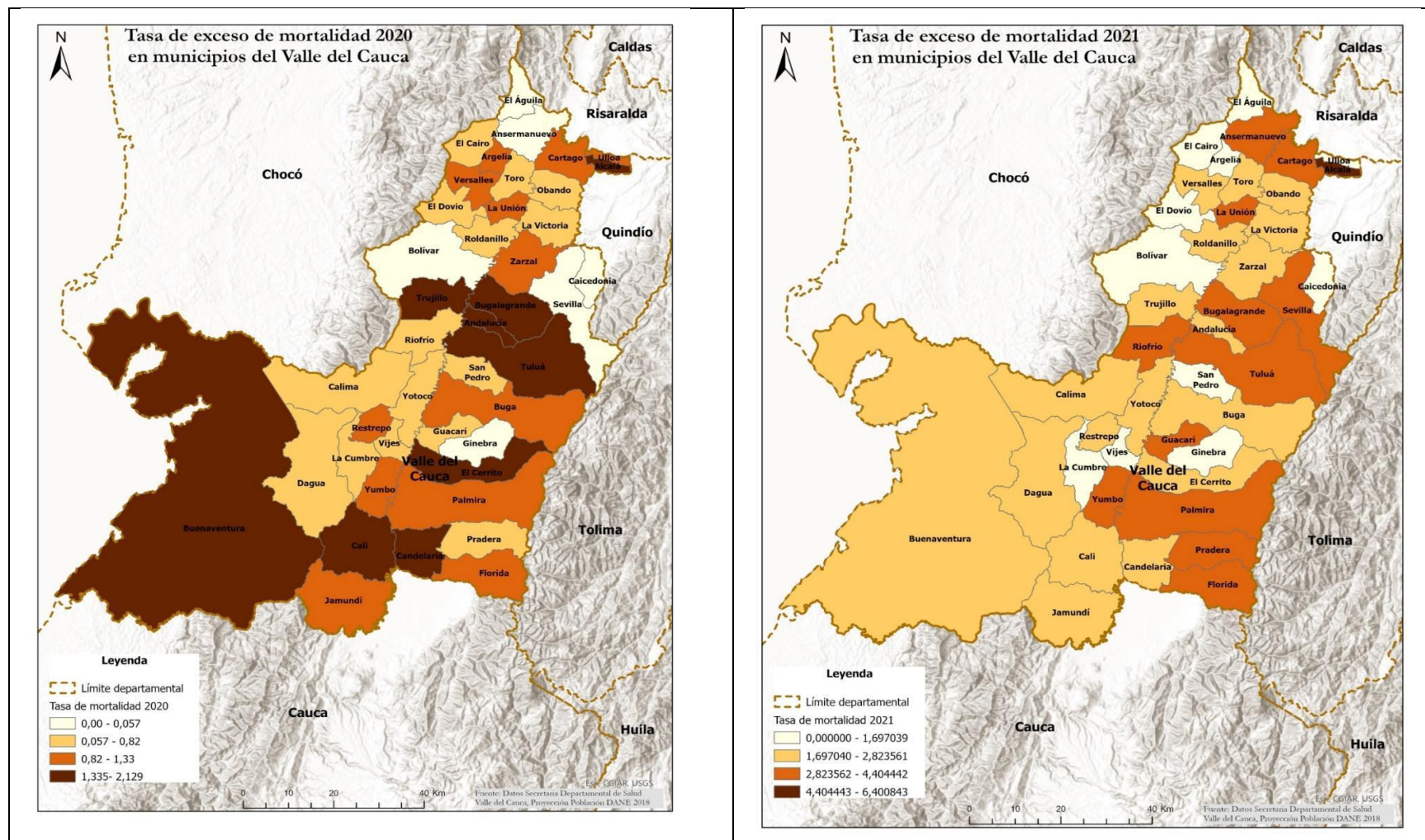
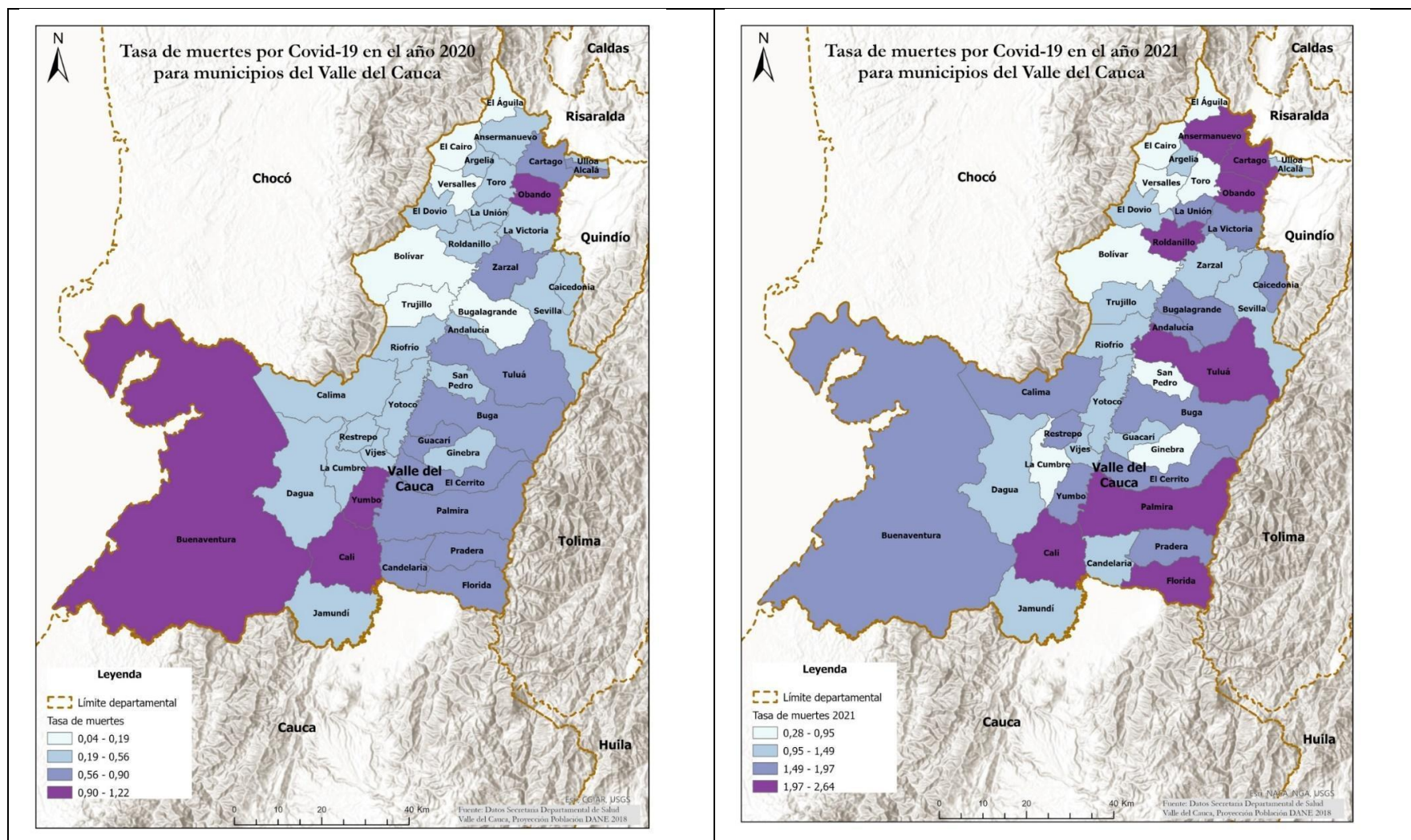


Figura 14. Tasas de exceso de mortalidad 2020 y 2021, municipios Valle del Cauca



5.3 Relación entre el exceso de mortalidad debido a COVID-19 con las medidas preventivas como toques de queda, aislamiento selectivo, aislamiento preventivo obligatorio, pico y cedula, cierre de escuelas, movilidad y vacunación.

5.3.1 Relación entre la movilidad y la tasa de exceso de mortalidad

Para el análisis de movilidad se tomaron los datos de movilidad publicados por Google para los años 2020 y 2021 contando con 23.199 registros para los dos años, los datos midieron el cambio relativo de movilidad observada en el día analizado con respecto a días en la línea base antes que la pandemia empezará, para la línea base se definió la mediana de la movilidad diaria en las 5 semanas del periodo desde el 6 de enero al 20 de febrero del año 2020.

En el análisis realizado se encontró que de los 42 municipios analizados solo 26 contaban con información disponible. Los datos faltantes en total por categoría de análisis mostraron que la categoría con mayores valores de datos faltantes fue la de estaciones de tránsito con un 84%, seguida de la categoría de tiendas y farmacias con un 63,36%, ventas y recreación con un 58,76% y zonas residenciales 56,78%. Por otro lado, categorías con mayor completitud de datos fueron parques y lugares de trabajo con porcentajes de valores perdidos de 16.53% y 9,50% respectivamente.

Ahora, analizando los valores faltantes por municipio, se encontró que la distribución de valores faltantes no es igual en los municipios, y que existen municipios con valores que superan el 50% de valores faltantes en las diferentes categorías de análisis como es el caso de Bugalagrande, Dagua, La Cumbre, La Victoria, Pradera y San Pedro, como se aprecia en la Tabla 12.

Tabla 13. Porcentaje de valores faltantes por municipios del Valle del Cauca

Municipio	Parques	Lugares de trabajo	Estaciones de tránsito	Tiendas y farmacias	Ventas y recreación	Zonas residenciales
Andalucía	48%	22.83%	100%	100%	100%	100%
Buenaventura	0.30%	2.56%	100%	2.56%	2.56%	0.10%
Bugalagrande	96.58%	4.85%	100%	100%	95.66%	100%
Caicedonia	4.69%	19.27%	100%	100%	100%	100%
Cali	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Calima	1.05%	48.15%	100%	100%	100%	100%
Candelaria	2.56%	0.30%	100%	15.09%	23.51%	2.05%
Cartago	0%	0.30%	52.66%	2.56%	2.56%	1.43%
Dagua	74.60%	2.73%	62.59%	100%	70.17%	100%
El cerrito	0%	0%	100%	100%	30.87%	29.71%
Florida	0.10%	0%	100%	99.89%	100%	32.45%
Ginebra	46.11%	15.98%	100%	100%	100%	100%
Guacarí	0.21%	3.05%	100%	100%	100%	100%
Buga	2.56%	0.30%	100%	2.56%	2.56%	1%
Jamundi	1.12%	0.30%	100%	2.25%	2.56%	0%
La cumbre	0%	99.70%	100%	100%	100%	100%
La Unión	0%	6.11%	100%	100%	100%	100%
La Victoria	0%	100%	100%	100%	100%	100%
Palmira	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Pradera	100%	0%	100%	100%	100%	99.9%
Roldanillo	0.36%	1.05%	100%	100%	82.71%	100%
San Pedro	75.66%	19.36%	100%	100%	100%	100%
Sevilla	0.31%	3.38%	100%	100%	100%	100%
Tulúa	1.12%	0.30%	10.98%	0%	0.92%	0%
Yumbo	1.95%	0.30%	100%	2.56%	2.56%	0.92%
Zarzal	0%	0.52%	100%	100%	97.15%	99.68%

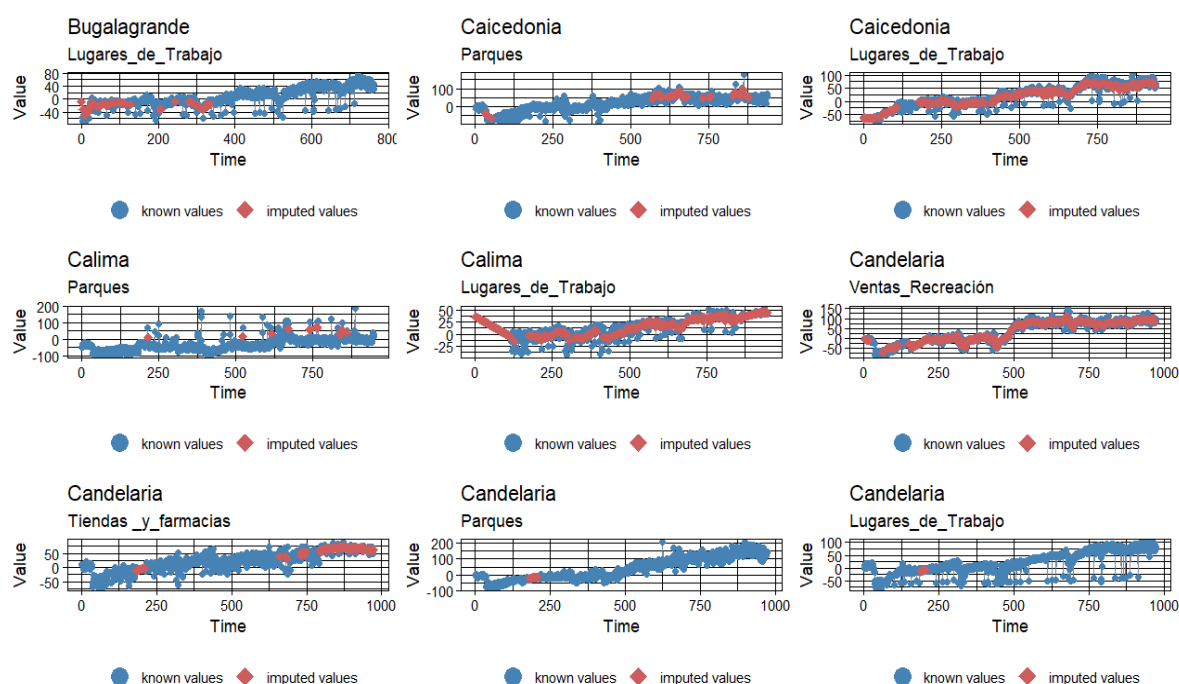


Figura 16. Valores observados versus imputados para municipios del Valle del Cauca

En la Figura 16 se presenta el comparativo de los valores imputados respecto a los observado en algunas categorías y municipios de análisis.

Luego, los datos resultados de la imputación muestran una mejora de los indicadores faltantes con reducción en los porcentajes de valores perdidos: un 3,85% en lugares de trabajo, un 4,03% en parques, en ventas y recreación un 42,56%, en tiendas y farmacias un 62%,

estaciones de tránsito un 79% y zonas residenciales un 49,93%. Se excluyeron los municipios que tuvieran variables con más del 50% de datos faltantes posterior a la imputación en total se excluyeron 6 municipios: Bugalagrande, Dagua, La Cumbre, La Victoria, Pradera y San Pedro. Se utilizaron las categorías de movilidad que tuvieron mayor completitud de datos mediante la imputación como son lugares de trabajo, movimiento en parques, ventas y recreación y zonas residenciales.

En la Figura 17 se muestran los 20 municipios que se utilizaron en la estimación y el comportamiento en el tiempo de las categorías de movilidad, se observa una tendencia creciente de la movilidad, en inicios del 2020 la movilidad fue alta, pero decrece de manera importante con fluctuaciones de decrecimiento al final del año y ya en el año 2021 la movilidad se incrementa notablemente. En la movilidad de zonas residenciales la tendencia tiende a ser diferente a las anteriores categorías, la movilidad en el primer año decrece de manera importante, sin embargo, en las primeras semanas epidemiológicas del año 2021 tienden a incrementarse, para posteriormente decrecer en un mayor valor que el observado de la movilidad en el año 2020, tendiendo a normalizarse en las últimas semanas del año 2021 alcanzando niveles de movilidad similares a los observados en el inicio de la pandemia.

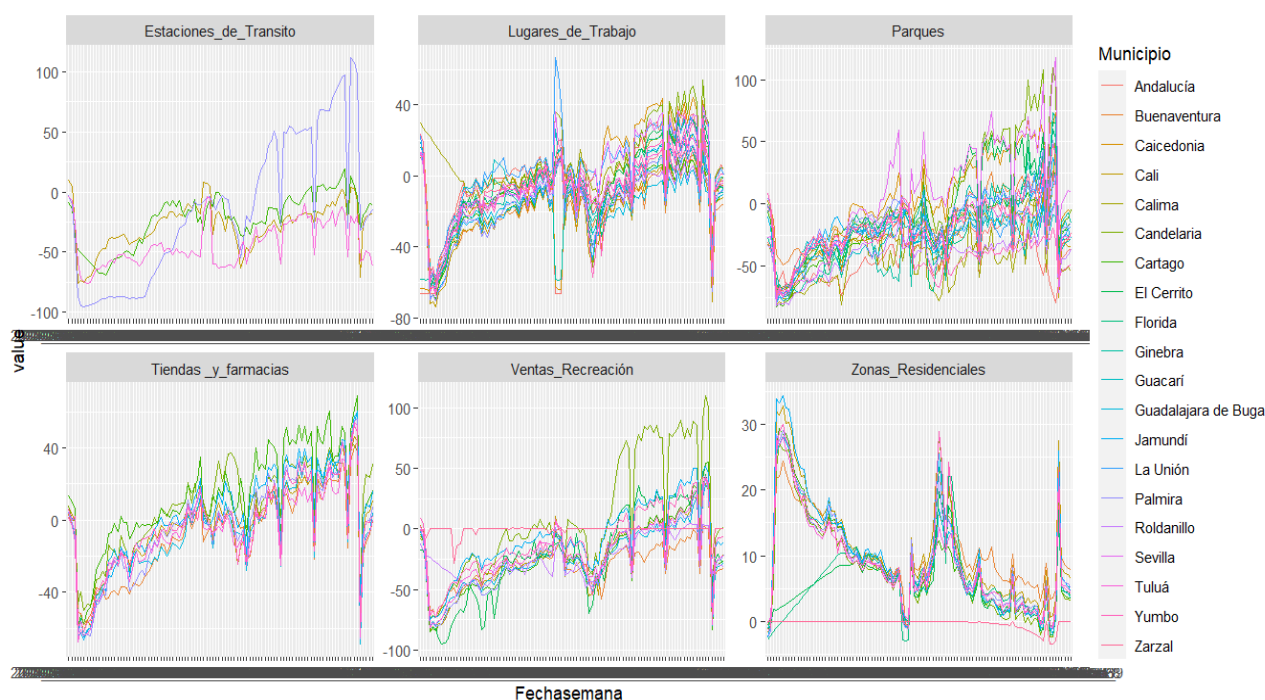


Figura 17. Variación porcentual de la mortalidad en municipios del Valle del Cauca con respecto línea base de movilidad (6 de enero al 20 de febrero año 2020)

Para estimar el indicador de movilidad, se consideraron cuatro categorías principales: lugares de trabajo, movimiento en parques, ventas y recreación, y zonas residenciales. Estas categorías fueron seleccionadas por su capacidad para explicar de manera significativa la variabilidad de los datos. El indicador logró captar un 30% de dicha variabilidad, integrando

la información de las cuatro categorías en un único índice de movilidad estandarizado para los 20 municipios. (ver Figura 18).

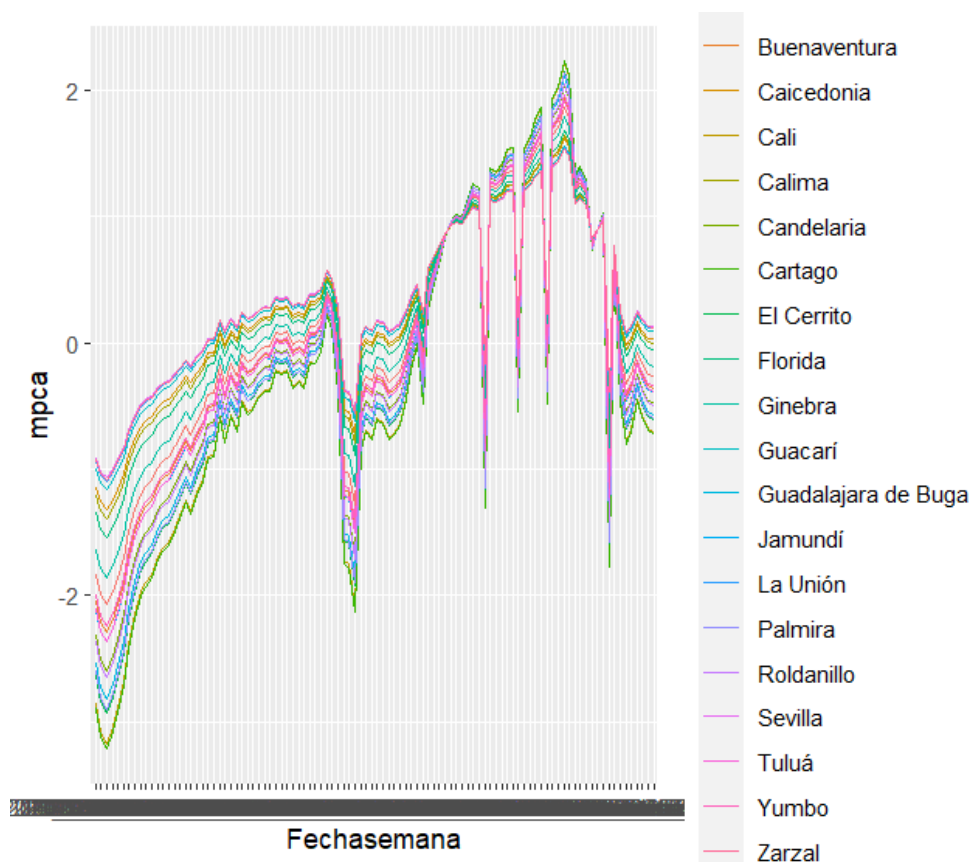


Figura 18. Variación porcentual del indicador MPCA en municipios del Valle del Cauca con respecto línea base de movilidad (6 de enero al 20 de febrero año 2020)

Al estimar el modelo para los dos años analizados 2020 y 2021, se encontró que para el indicador de movilidad conjunto (MPCA) el efecto promedio por cada reducción de la movilidad indicó una disminución de la mortalidad 0,16 unidades, sin embargo este efecto no fue significativo según el intervalo de confianza al 95% IC (-0,75; 0,38) , lo anterior evidenció la variabilidad inherente del efecto que tuvo la mortalidad en cada uno de los municipios con una desviación estándar en los efectos de la movilidad que varió alrededor del promedio en más o menos 0,45 unidades, el comportamiento para las otras categorías de análisis como movilidad en tiendas, lugares de trabajo y estaciones de tránsito fue muy similar, siendo significativo el efecto de la reducción de la movilidad en los lugares de trabajo con solo valores negativos en el intervalo de confianza del cambio de la movilidad.

En movimientos en zonas residenciales, lugares de ventas y recreación y parques el efecto de la reducción de la movilidad no muestra una relación asociada a una disminución de la tasa de exceso de mortalidad, siendo el efecto no significativo a un 95% de confianza. El intercepto de los efectos fijos mostró una reducción de la mortalidad, mostrando que la tasa de mortalidad para un municipio particular vario alrededor de una mortalidad promedio (-0,28) en cerca de 0,84 desviaciones estándar (Ver Tabla 13).

Tabla 14. Ajuste modelo mixto para los años 2020 y 2021 para el Valle del Cauca (Variable dependiente: tasa de exceso de mortalidad por 1.000)

Medida movilidad	Indicador de movilidad (MPCA)	Tiendas	Lugares de trabajo	Residencial	Tránsito	Ventas y recreación	Parques
Efectos Fijos							
Intercepto	-0,28	-0,02	-1,61	-0,22	-0,02	-0,2	0,02
Cambios en la movilidad 1 semanas antes	-0,16	-0,09	-0,73	0,17	-0,04	-0,16	0,02
Intervalo cambio movilidad 95%	(-0,75 , 0,38)	(-0,55 , 0,13)	(-1,13 , -0,33)	(-0,14 , 0,48)	(-0,36 , 0,27)	(-0,43 , 0,11)	(-0,38 , 0,42)
Efectos aleatorios							
Municipio (intercepto)	0,84	0,920	0,8	0,85	0,85	0,85	0,9
Movilidad (pendiente)	0,45	0,33	NA	0,3	NA	NA	0,46
Residual	3,2	3,21	10,32	3,21	10,39	10,38	3,2
Observaciones	1738	1738	1738	1738	1738	1738	1738
grupos	20	20	20	20	20	20	20
Log- likelihood	-4511.58	4511.33	-4510.77	-4512.54	4512.58	-4513.30	-4511.50
AIC	9083.16	9082.65	9081.54	9085.08	9085.16	9086.60	9082.99
BIC	9246.97	9246.47	9245.36	9248.89	9248.9	9250.41	9246.81

Los valores de los interceptos (municipios con mayor variación en los niveles de exceso de mortalidad) y pendientes (municipios con mayor variación en la movilidad) de las categorías de análisis mostraron que ante una reducción en la variación en la movilidad la mortalidad promedio en los municipios tiende a mostrar un mayor efecto en algunos municipios, como Buenaventura, La Unión, Jamundí, Cartago y Guacarí, mientras que para otros municipios como El Cerrito, Caicedonia, Ginebra y Candelaria el efecto de la movilidad no fue muy evidente (ver Figura). La correlación entre la reducción de la movilidad y la mortalidad en los municipios en los dos años corresponde al 68% indicando una asociación de los efectos de mayor reducción de la mortalidad por unidades de disminución en la movilidad. Los ajustes de los B splines muestran que la tendencia de la mortalidad es creciente en los intervalos intermedios del tiempo, pero conforme el tiempo avanza, esta tendencia tiende a ser decreciente (Ver Figura 19).

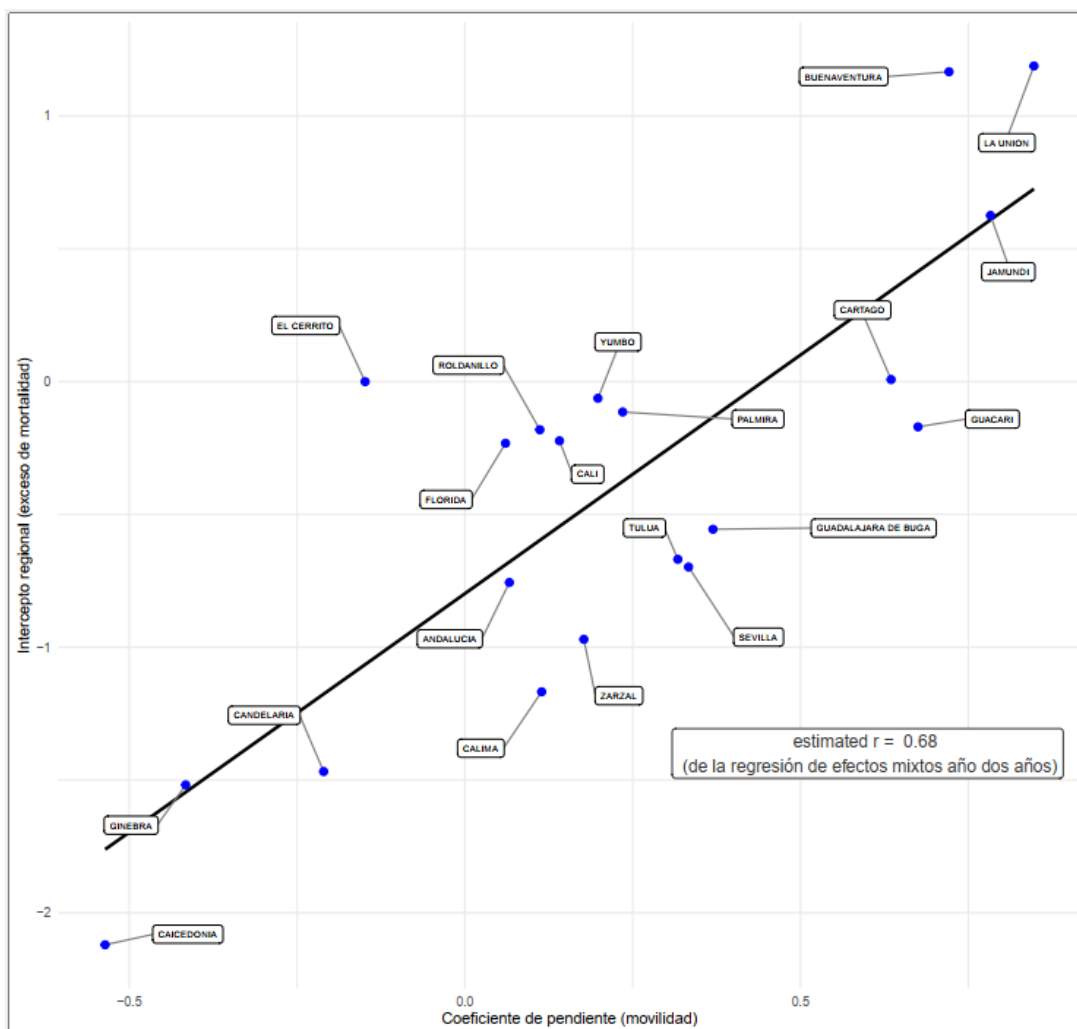


Figura 19. Coeficientes de movilidad y exceso de mortalidad por municipios del Valle del Cauca

Se ajustaron modelos separados para cada año con coeficientes aleatorios y fijos del modelo mixto, se encontró para el año 2020 que la reducción de la movilidad implicó una reducción en la mortalidad de -0,56 sin ser este efecto significativo a un 95% de confianza, y que ante una movilidad menor o menos volátil la mortalidad en promedio en los municipios disminuye en -0,89. Los efectos aleatorios mostraron una variación de 0,75 desviaciones alrededor del efecto promedio de mortalidad (-0,89) y el efecto aleatorio de la movilidad en los municipios fue de -0,56 más o menos 0,63 desviaciones estándar. Se observó un efecto significativo de una disminución de la movilidad y reducción en la mortalidad en los lugares de trabajo, en los otros lugares de movilidad como tiendas, residenciales, ventas y recreación y parques la reducción de la movilidad no necesariamente implicó el decremento en las tasas de exceso de mortalidad en los municipios (intervalos de confianza no significativos que contienen el cero como valor plausible)(Ver Tabla 14).

Tabla 15. Ajuste modelo mixto año 2020 para el Valle del Cauca (Variable dependiente: tasa de exceso de mortalidad por 1.000)

Medida movilidad	Indicador de movilidad (MPCA)	Tiendas	Lugares de trabajo	Residencial	Transito	Ventas y recreación	Parques
Efectos Fijos							
Intercepto	-0,89	-0,11	0,12	-0,04	-0,15	-0,11	-0,02
Cambios en la movilidad 1 semanas antes	-0,56	-0,38	-0,3	-0,2	0,06	-0,13	-0,18
Intervalo 95%	(-1.2 , 0.07)	(-0.91 , 0.15)	(-0.59 , -0.01)	(-0.64 , 0.23)	(-0.5 , 0.62)	(-0.56 , 0.3)	(-0.63 , 0.27)
Efectos aleatorios							
Municipio (intercepto)	0.75	0.60	0.46	0.00	0.45	0.45	0.46
Movilidad (pendiente)	0.63	0.92	NA	0.77	NA	NA	NA
Residual	2,8	2,82	8,01	2,82	8,06	8,05	8,05
Observaciones	878	878	878	878	878	878	878
grupos	20	20	20	20	20	20	20
Log- likelihood	-2166.28	-2168.59	-2169.53	-2168.87	-2170.91	-2171.03	-2170.85
AIC	4352.56	4357.17	4355.06	4357.75	4357.83	4358.05	4357.70
BIC	4400.34	4404.95	4393.28	4405.52	4396.0	4396.27	4395.92

En términos de la variación de la mortalidad y la reducción de la movilidad en el año 2020, la correlación entre el cambio de movilidad y el efecto sobre la mortalidad fue alto con una correlación de 96%. En general, se encontró que en la mayoría de los municipios existe una mayor pendiente de la movilidad e impacto en la mortalidad, algunos de los municipios con mayores valores fueron Tuluá, Guadalajara de Buga y Cartago. Seguidos de municipios con mayor densidad poblacional y mayor calidad de datos como Cali, Palmira y Yumbo, y otros como Zarzal, Andalucía, Candelaria, Florida y La Unión que reflejan el efecto que la movilidad tuvo un efecto en el cambio de la mortalidad (Ver Figura 20).

Existen municipios con un crecimiento muy similar al promedio de la mortalidad que se mantiene constante con una menor variación, pero igual de importante a la disminución de la movilidad promedio estos fueron Guacarí, Jamundí, Roldanillo, Calima, El Cerrito y Buenaventura. Adicionalmente, se encontraron municipios presentaron una disminución en la mortalidad y que se vio reflejada en una disminución de la movilidad mayor estos fueron: Ginebra, Caicedonia y Sevilla.

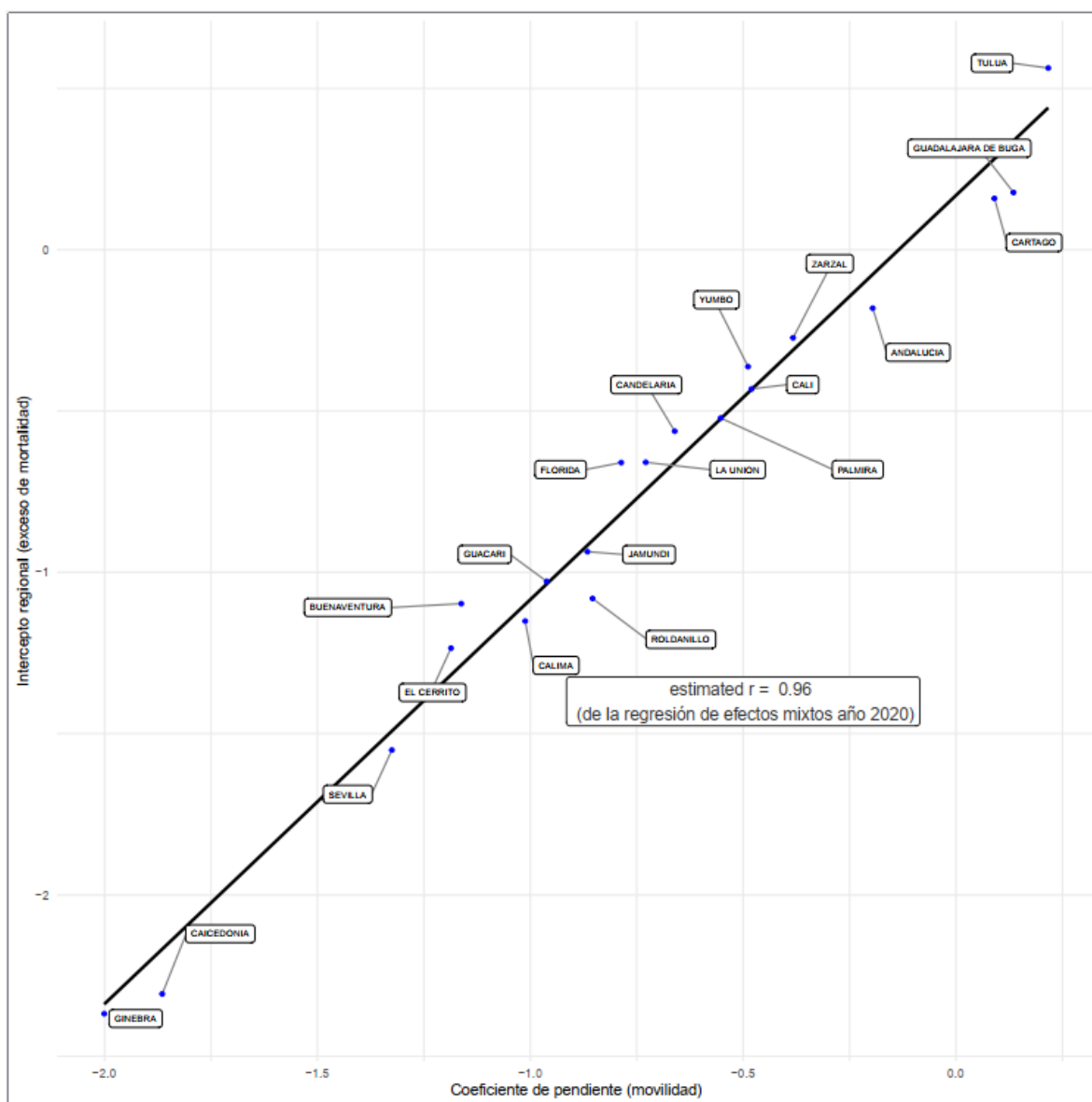


Figura 20. Coeficientes de movilidad y exceso de mortalidad por municipios del Valle del Cauca (año 2020)

Por otra parte, al realizar el ajuste del modelo para el año 2021 cuando la variable respuesta fue la tasa de exceso mortalidad, en relación con la movilidad registrada en los municipios, se encontró que tanto para el indicador estimado MPCA y la movilidad registrada en zonas residenciales una semana antes la relación fue positiva, es decir que un aumento en la movilidad implicó un aumento de la mortalidad, lo cual puede ser explicado por el mayor exceso de la mortalidad que se presentó en el año 2021, sin embargo, el efecto no fue concluyente pues los intervalos de confianza contemplan el cero en sus valores plausibles. En las otras medidas de movilidad como parques y lugares de trabajo el efecto de la reducción de la movilidad se ve reflejado en una reducción de la mortalidad, teniendo una reducción significativa en los lugares de trabajo.

Sin embargo, al revisar el intercepto se encuentra que es positivo significativo ya que no incluye el cero, indicando que el promedio de muertes se incrementó significativamente en este periodo, siendo evidente una gran variación en los municipios de alrededor 1,18 desviaciones del valor del intercepto. Los cambios de la movilidad también reflejaron una alta desviación estándar promedio, considerando un 0,52 en la fluctuación alrededor del promedio (0,23) de cambio de la movilidad para el indicador de movilidad MPCA (Ver Tabla 15).

Tabla 16. Ajuste modelo mixto año 2021 para el Valle del Cauca (Variable dependiente: tasa de exceso de mortalidad por 1.000)

Medida movilidad	Indicador de movilidad (MPCA)	Tiendas	Lugares de trabajo	Residencial	Transito	Ventas y recreación	Parques
Efectos Fijos							
Intercepto	2.35	2.22	2.44	2.26	2.29	2.19	2.25
Cambios en la movilidad 1 semanas antes	0,23	-0,4	-0.77	0.56	-0.32	-0.33	-0.25
Intervalo 95%	(-0.63 , 1.08)	(-0.99 , 0.19)	(-1.39 , -0.14)	(0.04 , 1.08)	(-1.24 , 0.6)	(-0.77 , 0.11)	(-0.74 , 0.24)
Efectos aleatorios							
Municipio (intercepto)	1,18	1,67	1,22	1,17	1,28	1,18	1,21
Movilidad (pendiente)	0,52	NA	0,34	0,48	1,31	0,34	0,37
Residual	3,29	10,90	3,29	3,29	3,29	3,3	3,3
Observaciones	900	900	900	900	900	900	900
grupos	20	20	20	20	20	20	20
Log- likelihood	-2360,3	-2360,87	-2358,3	-2359,04	-2358,6	-2360,7	-2360,8
AIC	4754.62	4751.73	4750.70	4752.08	4751.23	4755.53	4755.64
BIC	4836.26	4823.77	4832.34	4833.72	4832.87	4837.17	4837.28

En el 2021, la relación entre la reducción de la mortalidad cuando la movilidad disminuía no mostró una correlación entre los municipios ($r=0$), se presenta el escenario de municipios con altos niveles de la variación en las tasas de mortalidad como Buenaventura, La Unión y Jamundí y en los que la movilidad tuvo algún efecto. Otro grupo de municipios en los que la mortalidad tuvo variaciones promedio, y mayores aumentos en la movilidad como es el caso de Cali, Guadalajara de Buga, Tuluá, Zarzal y Calima. Por el contrario, se presentaron cambios en mortalidad en Yumbo, Palmira, Sevilla, Florida y Cartago, pero los valores en movilidad no cambiaron de manera importante (la movilidad se mantuvo en un valor promedio en comparación de otros municipios). Por último, en municipios como Caicedonia y Ginebra existen cambios en la reducción de la mortalidad, y la reducción de la movilidad si se compara con la observada otros municipios (Ver Figura 21).

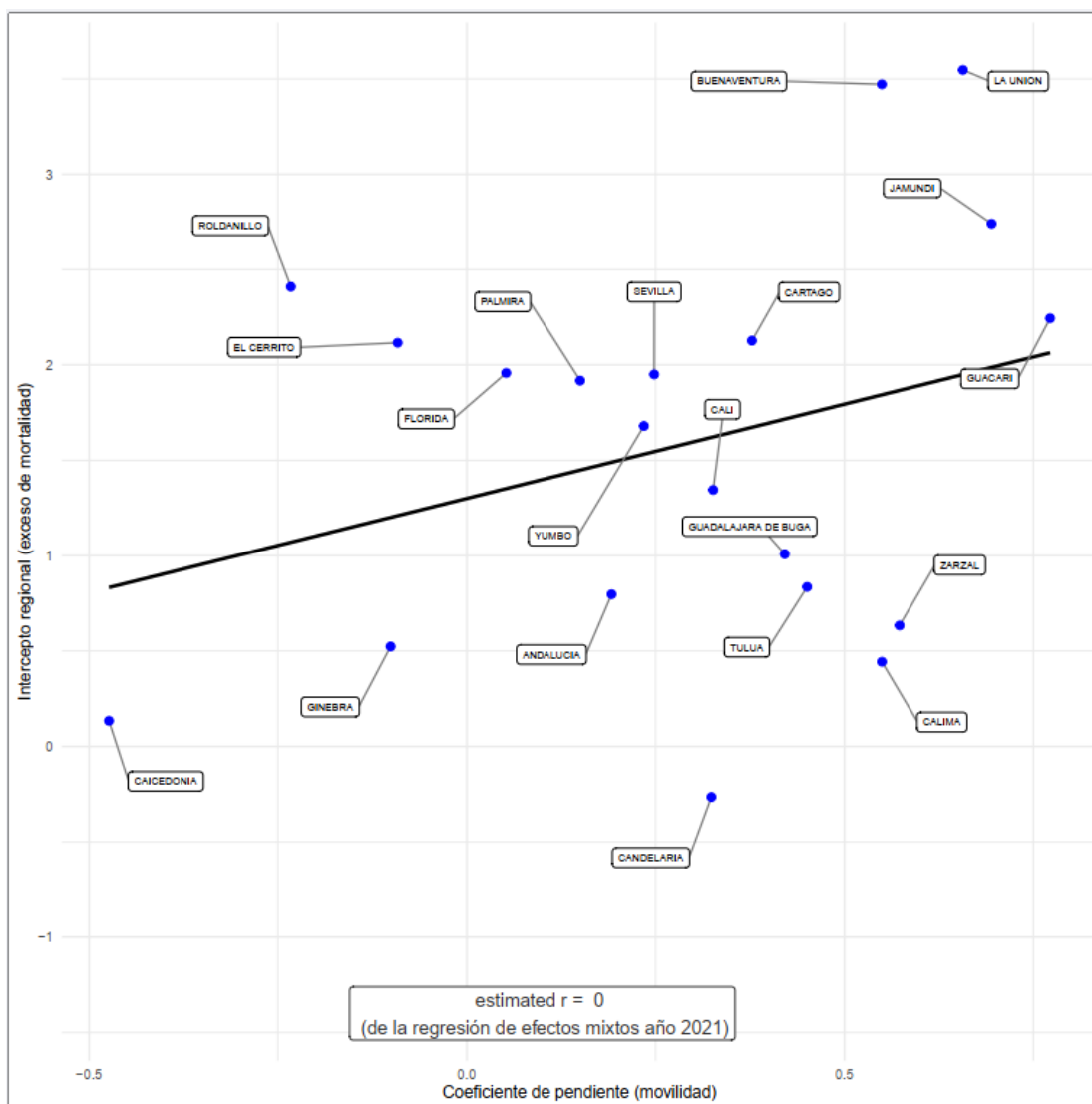


Figura 21. Coeficientes de movilidad y exceso de mortalidad por municipios Valle del Cauca (año 2021)

5.3.2 Relación entre la vacunación y la tasa de exceso de mortalidad

Para la estimación de la relación de la vacunación y las tasas de exceso de mortalidad, se realizó un proceso de agregación de los datos de vacunación acumulados y no acumulados por semana epidemiológica en cada uno de los municipios. Los datos no acumulados muestran que la tendencia de vacunación tuvo dos picos de vacunación uno con mayores dosis aplicadas entre las semanas 20 y 30 y otro al final del año entre las semanas 40 y 50, esto se observa que este comportamiento bimodal se presentó en gran parte de los municipios como Cali, Tuluá, Guadalajara de Buga, Calima, Cartago, Caicedonia (Ver Figura 22).

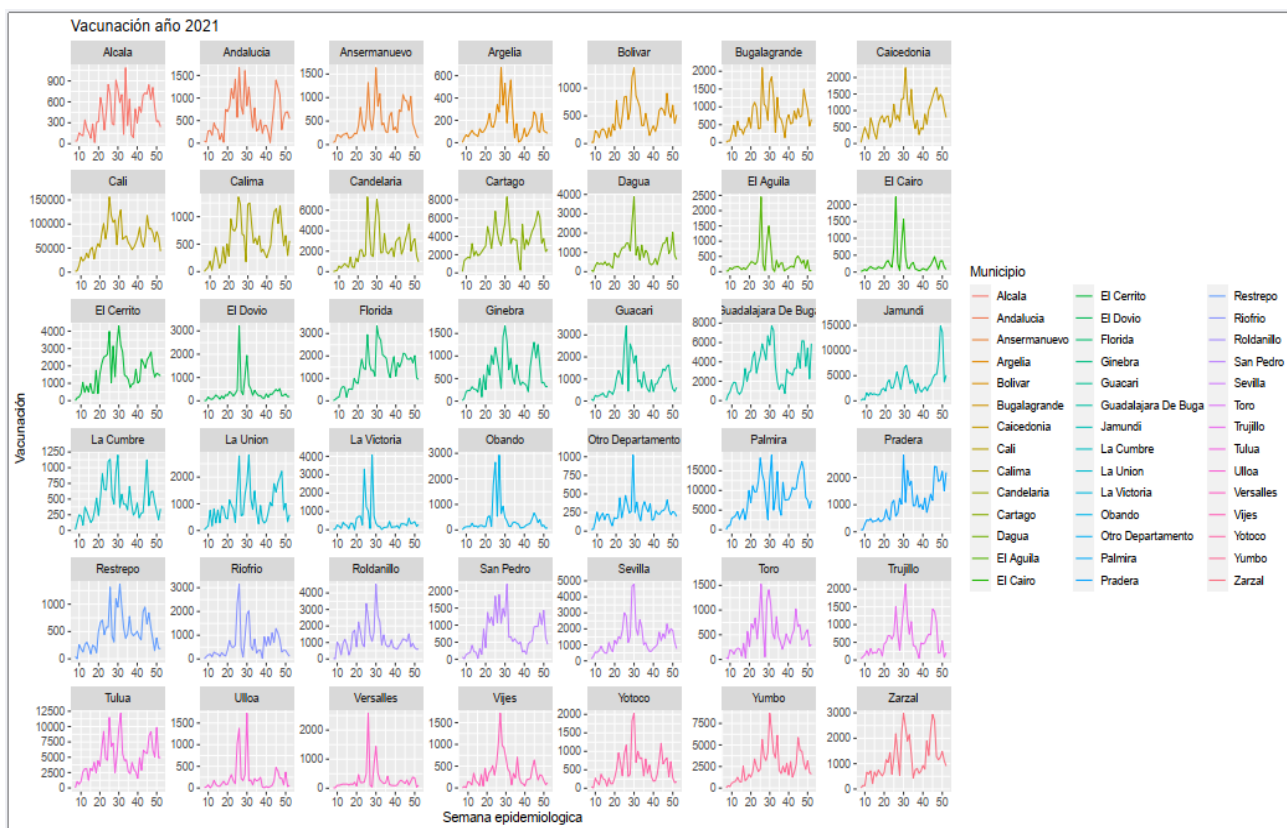


Figura 22. Variación temporal de vacunación acumulada y sin acumular por semana epidemiológica por municipios Valle del Cauca (año 2021)

Por otro lado, en los datos acumulados, se observa que algunos municipios como Versailles, El Dovio, El Cairo, El Águila, La Victoria, Obando, Ulloa y Vijes solo presentaron el mayor pico de vacunación alrededor de la semana 20 y una desaceleración de las dosis aplicadas después de la semana 30 (Ver Figura 23).

Como se observa hacia la semana epidemiológica 25 del 2021, algunos municipios habían alcanzado porcentajes de vacunación acumulada por encima del 30% del total de dosis aplicadas en todo el año, destacan municipios del norte del Valle que alcanzan los máximos valores acumulados de vacunación más rápidamente como Obando, la Victoria, Versailles y Ulloa con rangos en los porcentajes acumulados de 40% 44% (Ver Figura 23).

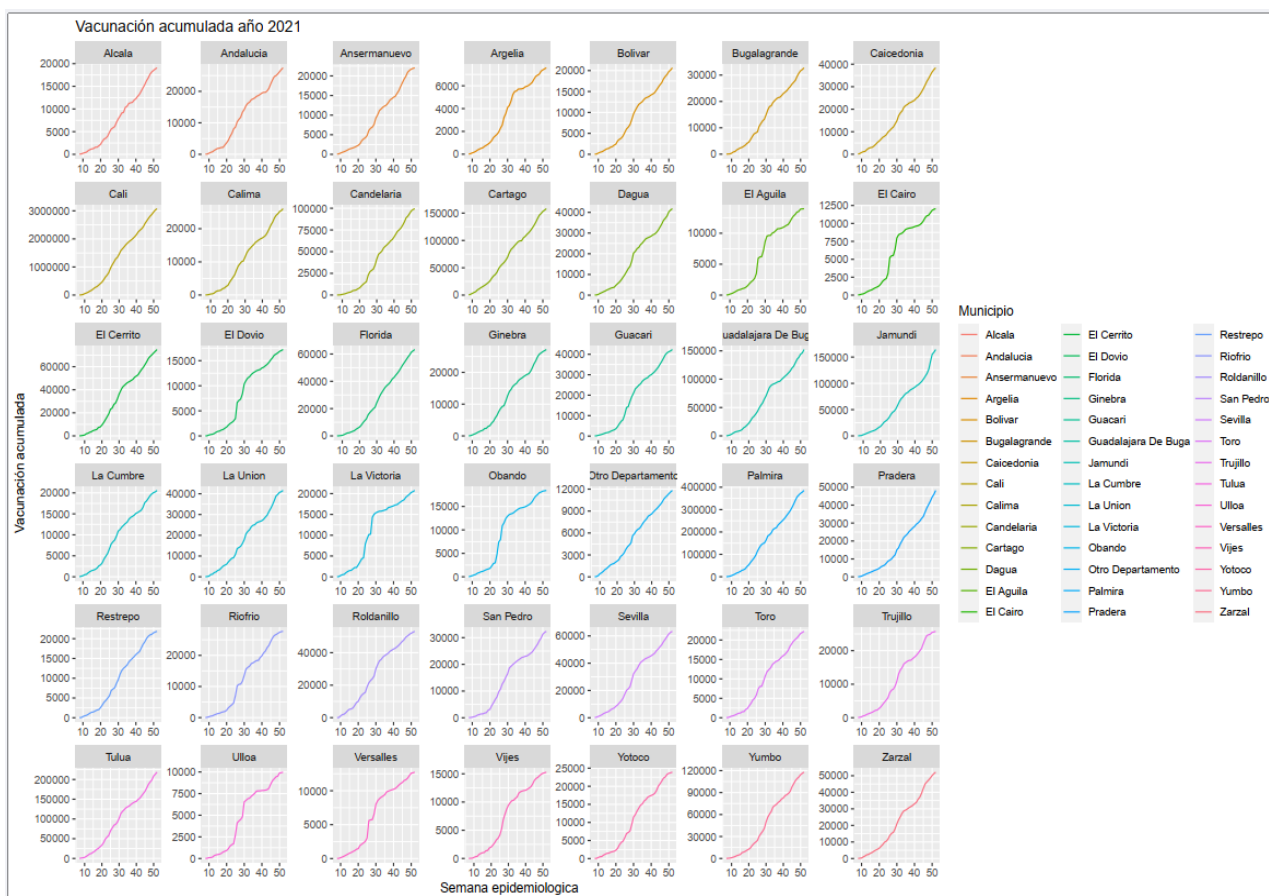


Figura 23. Porcentaje de vacunación acumulada por semana epidemiológica en municipios del Valle del Cauca

En los modelos ajustados, se definió como la variable predictora principal la tasa de vacunación acumulada por cada 1.000 personas vacunadas en el municipio, porque se presume que esta variable acumulada puede representar mejor el efecto de inmunidad de la vacunación en la población bajo estudio en el tiempo.

Se realiza el ajuste de modelos mixtos con dos tipos de variables de respuesta: tasas y conteos, teniendo en cuenta la característica de la variable respuesta tipo conteo (muertes en exceso y tasas de exceso de mortalidad), se modeló a través del uso de distribuciones de probabilidad de conteo: Poisson y Binomial Negativo, donde se evidenció una fuerte sobre dispersión de los residuales en el modelo Poisson, optando por el modelo Binomial Negativo.

La Tabla 16 presenta el resumen de los diferentes modelos ajustados para estimar la relación de la mortalidad con la variable de tasa de vacunación por cada 1.000 individuos utilizando distribuciones tipo Binomial Negativo. Se encontró que el modelo de mejor ajuste fue el modelo de efectos mixtos este modelo tuvo un R^2 ajustado del 42%, y los menores indicadores de verosimilitud, AIC, BIC.

Los resultados del modelo mixto que mejor explican la mortalidad en función de la vacunación mostraron que sin el efecto de la vacunación la tasa de exceso mortalidad es

positiva siendo 0,51 por cada 1.000 habitantes, con un intervalo de confianza de 0,28 a 0,91 por cada 1.000 individuos.

Adicionalmente, se evidenció que por cada cambio en la desviación estándar de la tasa de vacunación reportó una disminución del 31% en la tasa de exceso de mortalidad, con un intervalo de confianza que incluye valores ligeramente cercano al valor de uno, siendo no significativo pero que se acerca más a valores protectores de la vacunación en la mortalidad (valores menores a uno), estos valores protectores se evidencian en mayor medida en el ajuste de modelos a partir de distribuciones de cero inflados con un intervalo de confianza del 95% en el rango de reducción de la razón de riesgos en 0.61 a 0.75 (Ver Modelo 5) .

La correlación fue positiva entre los efectos de la vacunación en la mortalidad municipios, es decir a mayor vacunación mayor es el efecto protector en la mortalidad, en el modelo de efectos mixtos con el ajuste de sobre dispersión (Modelo 5), se observó una mayor correlación alrededor de 84%, mientras en el modelo de mejor ajuste (Modelo 4) la correlación fue del 51%.

Tabla 17. Modelos de regresión para estimar la relación de vacunación con mortalidad en los municipios (No incluye Buenaventura)

Comparación modelos de vacunación	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5
Intercepto (mortalidad media)	0,004	2,6	0,84	0,51	0,36
Intervalo confianza mortalidad media	(0,002;0,06)	(2,29;2,96)	(0,517; 1,08)	(0,28; 0,91)	(0,30; 0,43)
Cambios en la vacunación	0,75	0,66	0,75	0,69	0,683
Intervalo cambio vacunación 95%	(0,57; 0,72)	(0,59; 0,74)	(0,51; 1,37)	(0,45; 1,05)	(0,61 ; 0,75)
Efectos aleatorios					
Municipio (std intercepto)	NA	0,36	1,38	0,42	0,48
Vacunación (std pendiente)	NA	0,27	0,31	0,25	0,2
Coefficiente correlación (efectos aleatorios)				51%	84%
Observaciones	1844	1844	1844	1844	1844
grupos	41	41	41	41	41
Log- likelihood	-4,194	-4121	-4028	-3057	-3311
AIC	8393	8254	8076	6135	6636
BIC	8404	8287	8131	6191	6675
R2 ajustado	8,90%	32%	37%	42%	40%
Prueba estadística sobre dispersión	0,001%	0,0003%	0,001%	13%	8,40%

* Modelo 1: modelo nulo (sin efectos mixtos)

* Modelo 2: modelo de efectos mixtos sin splines, Variable respuesta: tasa gamma (modelo nulo)

* Modelo 3: Modelos de efectos mixtos, Variable respuesta: tasa de exceso de muertes con ajustes de splines de mortalidad

* Modelo 4: Modelo de efectos mixtos, Variable respuesta: muertes gamma estimado de muertes con splines

* Modelo 5: Modelo de efectos mixto, variable de respuesta tasa exceso de muertes ajustando por exceso de ceros (Modelo Zip)

5.3.3 Relación entre intervenciones de salud pública y la tasa de exceso de mortalidad

Los resultados de los modelos ajustados que se resumen en la Tabla 17 muestran que, en el modelo nulo, la tasa promedio de exceso de mortalidad sin el efecto de las intervenciones fue de 3,24 fallecimientos por cada 1.000 fallecidos. En este modelo se observa una disminución de la mortalidad en un 24% luego de la implementación de la medida de aislamiento preventivo obligatorio respecto a la no implementación en los dos años analizados.

Las medidas preventivas que más reducen la mortalidad incluyen la restricción de horarios en establecimientos comerciales, con una disminución del 16% en el exceso de mortalidad. Presentar el certificado de vacunación reduce el exceso de mortalidad en un 9% comparado con no presentarlo. El cierre de escuelas y universidades disminuye la mortalidad en un 15% en comparación con la ausencia de esta medida. Finalmente, el avance semanal de las medidas de intervención no farmacológicas reduce el exceso de mortalidad en un 37%. Otras medidas que evidenciaron una disminución el exceso de mortalidad en el modelo nulo, pero no fueron significativas fueron los cambios en toques de queda 8% de disminución, restricción de la movilidad en vehículos con una disminución del 13%, restricción de eventos de aglomeración como fiestas y cierre de discotecas contribuyeron con una disminución del 9%, restricción de horarios por atribuciones legales de policía y tránsito con una reducción del 4%.

Por otro lado, en los modelos que incluye pendiente e intercepto aleatorios los resultados son similares en cuanto a la estimación de los efectos en la reducción de la mortalidad en las medidas preventivas. En el segundo modelo se evidencia que el efecto promedio ante la ausencia de medidas preventivas corresponde a una tasa exceso de la mortalidad de 1,51 por cada mil fallecidos.

En este segundo modelo, las medidas preventivas que tienen una efecto positivo en la reducción del exceso de mortalidad con reducción porcentuales significativas son el aislamiento preventivo obligatorio donde la implementación de la medida comparado con la no implementación reduce el exceso de mortalidad en un 16%, se observa el mismo efecto protector en medidas como el cambio de la restricción de la movilidad en personas con una contribución del 24% en la reducción de la mortalidad, presentar el certificado de vacunación con una reducción del 6%, restricción de horarios por atribuciones legales de policía y tránsito con una reducción del 8%, restricción de eventos de aglomeración como fiestas, eventos y cierre de discotecas con una reducción del 6%, prohibición de bebidas alcohólicas en espacios públicos con una disminución del 6%, y un cambio positivo en actividades al aire libre con una reducción del 9%.

Finalmente, en el tercer modelo ajustado se identificaron 4 valores por fuera de la función de auto correlación, se evidencio una similitud en el efecto protector de algunas de las medidas preventivas en la reducción del exceso de mortalidad como las medidas relacionadas con el

aislamiento preventivo obligatorio con una reducción del 24%, la restricción de la movilidad en personas con una reducción del 29%, restricción en eventos de aglomeración como fiestas o eventos o cierre de discotecas con un 8%, prohibición de bebidas alcohólicas en espacios públicos con un 10%, restricción de horarios por atribuciones legales de policía y tránsito con una reducción del 8%, restricción de eventos de aglomeración como fiestas, eventos y cierre de discotecas con una reducción del 6%, y un cambio positivo en actividades al aire libre con una reducción del 13%, los cambios evidenciados por cierres de colegios y escuelas fueron de una reducción del 1% .

En los dos últimos modelos algunas de las medidas preventivas que no tuvieron un efecto significativo en la disminución del exceso de mortalidad fueron cambios en toque de queda, aislamiento selectivo individual, cambios en la movilidad de vehículos o en los horarios de los establecimientos de comercio, el paro nacional del año 2021, las medidas de reactivación económica y los cambios en la duración de las medidas en el tiempo con valores de los coeficientes mayores a uno, lo anterior se explica porque este modelo contempla los dos años de análisis y su efecto combinado del modelo general no muestra el efecto por año, otra posible hipótesis es que estas medidas no tuvieron una continuidad en el tiempo relacionado posiblemente con periodos de decrecimiento del exceso de mortalidad.

Tabla 18. Modelo binomial negativo, relación de las medidas preventivas implementadas en los municipios con relación a la tasa de exceso de mortalidad (2020-2021)

Comparación modelos	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Efectos fijos			
Intercepto (mortalidad media)	3.24*** (2.92;3.58)	1,51 *** (1,051;2,17)	1,41 * (0,98;2,04)
Aislamiento preventivo obligatorio	0,74** (0.64;0.85)	0,84 *** (0.77;0.91)	0,76 *** (0.74;0.85)
Toque de queda	0,89 (0.79;1.0)	1,01 (0.98;1.11)	1 (0.98;1.10)
Pico y cédula	1,02 (0,9;1,17)	0,97 (0,92; 1,03)	0,97 (0,91;1,03)
Aislamiento selectivo individual	1,06 (0.94;1.2)	1,14 (1,09;1,19)	1,23 (1,17;1,30)
Restricción de la movilidad vehículos	0,87 (0.51;1.50)	1,07 (0.87;1.27)	1,07 (0.89;1.3)
Restricción de la movilidad en vehículos o personas	1,06 (0.61;1.80)	0,76 ** (0.66;0.97)	0,71 *** (0.64;0.93)
Restricción de eventos de aglomeración, fiestas, eventos, cierre de discotecas	0,86* (0.74; 0.99)	0,96* (0.91;0.99)	0,92 * (0.93;0.99)
Prohibición de consumo de bebidas alcohólicas en espacios públicos	1,06 (0.89;1.25)	0,94* (0.90;1.05)	0,9 * (0.83;0.99)
Restricción de horarios en establecimientos de comercio	0,84 ** (0.73;0.95)	1,08 * (1.04;1.17)	1,02 (1.01; 1.13)
Presentar certificado de vacunación	0,94 (0.85;1.05)	0,94 ** (0.91; 0.99)	0,94 ** (0.91;0.99)
Restricción de horarios en atribuciones legales policía y tránsito	0,96 (0.86;1.07)	0,92 *** (0.90;0.98)	0,92 ** (0.90;0.98)
Actividades físicas y al aire libre	1.02 (0.91;1.16)	0,91 *** (0.90, 0.99)	0,87 *** (0.85;0.93)

Reactivación económica	1,66 *** (1.51;1.84)	1,02 (0.99;1.07)	1 (0.98;1.08)
Paro 2021	1,01 (0.94;1.16)	1,04 ** (1.01;1.07)	1,03 * (1.009;1.07)
Cierre de escuelas y universidades	0,86 * (0.73;1.0)	0,98 (0.93;1.03)	0,99 (0.95;1.05)
Duración en el tiempo de las medidas preventivas	0.62 (0.55;0.69)	1.14 (1.06;1.22)	1.16 (1.08;1.25)
AIC	21.290	15.281	15.128
BIC	21.391	15.407	15.305
Log Likelihood	- 10.629	- 7.620	- 7.536

* Modelo 1: modelo nulo, exceso de mortalidad y variables de medidas preventivas (sin efectos mixtos)

* Modelo 2: modelo de efectos mixtos, Variable respuesta: exceso de mortalidad y variables de medidas preventivas (intercepto y pendiente aleatorios)

*Modelo 3: Modelo de efectos mixtos, Variable respuesta: exceso de mortalidad y variables de medidas preventivas y ajuste por función de autocorrelación parcial (4 rezagos)

Se realizó un ajuste que relaciona el uso de medidas preventivas con el exceso de mortalidad por año para analizar una posible diferencia en los efectos de las medidas implementadas en los dos periodos de análisis. Se observa en la Tabla 18 que para el año 2020 tuvieron efecto en la reducción de la mortalidad aquellas medidas relacionadas con aislamientos preventivos obligatorios y toques de queda con una reducción aproximada en el modelo de mejor ajuste del 8% y 6% respectivamente. Los cambios observados en la restricción de horarios y medidas utilizadas por policía y tránsito muestran un efecto de reducción de la mortalidad, al igual que la medida relacionada con la prohibición de bebidas alcohólicas en espacios públicos.

Tabla 19. Modelo de regresión binomial negativo, relación de las medidas preventivas implementadas en los municipios con relación a la tasa de exceso de mortalidad (Año 2020)

Comparación modelos	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Efectos fijos			
Intercepto (mortalidad media)	1,77 *** (1.59;1.98)	1.88 *** (1.55;2.09)	1.3 * (1.02;1.33)
Aislamiento preventivo obligatorio	0,94** (0.82;0.98)	0,84 *** (0.81;0.93)	0,92 *** (0.89;0.95)
Toque de queda	0,83 ** (0.72;0.95)	0.93* (0.87;0.99)	0.94* (0.87;0.97)
Pico y cédula	1,1 (0.94;1.29)	1,02 (0.93; 1,11)	1,06 (0.97;1,16)
Aislamiento selectivo individual	1.34 (1.20;1.50)	1.28 (1.20;1.37)	1.15 (1.07;1.25)
Restricción de la movilidad vehículos	0,90 (0.44;1.9)	0.99 (0.72;1.36)	0.87 (0.63;1.2)
Restricción de la movilidad en vehículos o personas	0,97 (0.51;1.95)	0.93 (0.68;1.26)	1.06 (0.77;1.47)
Restricción de eventos de aglomeración, fiestas, eventos, cierre de discotecas	1,04 (0.91; 1.18)	1,10 (1.02;1.18)	1,11 (1.02;1.20)
Prohibición de consumo de bebidas alcohólicas en espacios públicos	0,88 (0.75;1,03)	0,97 (0.89;1,05)	0,95 * (0.88;0.99)
Restricción de horarios en establecimientos de comercio	0,94 (0.82;0.99)	1,09 (1.01;1.17)	1,02 (0.94; 1.11)

Restricción de horarios en atribuciones legales policía y tránsito	1,02 (0.94;1.10)	0,98 *** (0.92;0.99)	0,97 ** (0.90;0.98)
Actividades físicas y al aire libre	0,91* (0.83;0.99)	0,94 * (0.89, 0.99)	0,95 * (0.95;0.99)
Reactivación económica	1.79 *** (1.64;1.96)	1.17** (1.10;1.24)	1.13** (1.06;1.20)
Cierre de escuelas y universidades	0,8 * (0.68;0.92)	0,98 (0.91;0.99)	0,99 (0.95;1.06)
Duración en el tiempo de las medidas preventivas	0.78 (0.66;0.92)	0.89 *** (0.79;0.99)	0.85*** (0.75;0.96)
AIC	8,194	6,578	6,525
BIC	8,110	6,662	6,660
Log Likelihood	- 4040	- 3.314	- 3.238

* Modelo 1: modelo nulo, exceso de mortalidad y variables de medidas preventivas (sin efectos mixtos)

* Modelo 2: modelo de efectos mixtos, Variable respuesta: exceso de mortalidad y variables de medidas preventivas (intercepto y pendiente aleatorios)

*Modelo 3: Modelo de efectos mixtos, Variable respuesta: exceso de mortalidad y variables de medidas preventivas y ajuste por función de autocorrelación parcial (4 rezagos)

Por otro lado, para el año 2021 las medidas que tuvieron un mayor efecto de reducción del riesgo de mortalidad según el modelo fueron aquellas asociadas a presentar el carnet de vacunación y la posible reactivación económica cuyo efecto reductor pudo estar afectado para la presencia de la vacunación o el aislamiento selectivo individual que se presentó en mayor medida a principios del año 2021. Mientras en el año 2020 las medidas de mayor significancia estadística fueron el toque de queda, el aislamiento preventivo obligatorio, cambios en prohibición de bebidas alcohólicas en espacios públicos (Modelo 3) y el posible cierre de escuelas y universidad con significancia estadística en el modelo nulo.

En el año 2021, los cambios atribuidos al cierre de colegios y universidades, a la restricción de horarios en comercios, la prohibición de consumo de bebidas alcohólicas en espacios públicos, la restricción de movilidad de vehículos y personas y las medidas atribuidas por parte de la policía y tránsito muestran un efecto promedio positivo en la reducción de la tasa de mortalidad pero que no es significativo según el intervalo de confianza del 95%.

Se evidencian medidas como la reactivación económica reduce el riesgo de mortalidad en un 1% respecto a la no reactivación económica de acuerdo al valor observado del límite superior del intervalo de confianza de los modelos de mejor ajuste. La medida relacionada con aislamiento selectivo individual no mostró un efecto de reducción en la mortalidad, la no significancia puede ser explicado a que la implementación de la medida se dio en mayor a finales del año 2020 y principios del año 2021.

Tabla 20. Modelo de regresión binomial negativo, relación de las medidas preventivas implementadas en los municipios con relación a la tasa de exceso de mortalidad (Año 2021)

Comparación modelos	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Intercepto (mortalidad media)	4.8 *** (4.3;5.5)	3.2 *** (2.9;3.6)	2,2 * (2.0;2.48)
Aislamiento preventivo obligatorio	0.81 (0.65;1.01)	1.04 (0.93;1.07)	0,99 (0.89;1.12)
Toque de queda	0.87 (0.74; 1.01)	1.06 (0.98;1.14)	1,10 (1.01;1.20)
Pico y cédula	1,1 (0,92;1,34)	0,99 (0,90;1,08)	1,07 (0,97;1,19)
Aislamiento selectivo individual	0.98 (0.80; 1.07)	1.11 (1.03;1.21)	1.02 (0.94;1.10)
Restricción de la movilidad vehículos	0.65 (0.4;1.14)	1.06 (0.83;1.35)	1.13 (0.87;1.48)
Restricción de la movilidad en vehículos o personas	1.51 (0.87; 2.49)	0,84 (0.65;1.07)	0.81 (0.62;1.06)
Restricción de eventos de aglomeración, fiestas, eventos, cierre de discotecas	0.74 ** (0.60;0.92)	1,01 (0.91; 1.11)	0.99 (0.89;1.10)
Prohibición de consumo de bebidas alcohólicas en espacios públicos	1.13 (0.89; 1.4)	1,005 (0.90;1.12)	1.01 (0.90;1.14)
Restricción de horarios en establecimientos de comercio	0.66** (0.58; 0.75)	1.02 (0.94;1.10)	0.99 (0.91; 1.08)
Presentar certificado de vacunación	0.86 ** (0.79;0.93)	0.93* (0.89;0.97)	0.94 * (0.9;0.98)
Restricción de horarios en atribuciones legales policía y tránsito	0.91 (0.65; 1.2)	0.98 (0.86;1.12)	0,99 (0.87;1.14)
Actividades físicas y al aire libre	1.47 (1.13; 2.01)	1.13 (0.98;1.3)	1.21 (1.05;1.39)
Reactivación económica	1.34 (1.18; 1.53)	0.93* (0.87;0.99)	0.93* (0.87;0.99)
Paro 2021	0.98 (0.91;1.08)	1.03 (0.99;1.07)	1.01 (0.98;1.05)
Tasa de Vacunación			
Cierre de escuelas y universidades	0.84 (0.68;1.03)	0,94 (0.86;1,07)	1.004 (0.91;1.10)
Duración en el tiempo de las medidas preventivas	1.02 (0.92; 1.14)	0,95 (0.87;1.03)	1.04 (0.89;1.21)
AIC	11,021	8,427	8,280
BIC	11,123	8,545	8,145
Log Likelihood	-5492	- 4192	- 4048

* Modelo 1: modelo nulo, exceso de mortalidad y variables de medidas preventivas (sin efectos mixtos)

* Modelo 2: modelo de efectos mixtos, Variable respuesta: exceso de mortalidad y variables de medidas preventivas (intercepto y pendiente aleatorios)

*Modelo 3: Modelo de efectos mixtos, Variable respuesta: exceso de mortalidad y variables de medidas preventivas y ajuste por función de autocorrelación parcial (4 rezagos)

5.3.4 Comparativo entre intervenciones de salud pública, movilidad, tasa de vacunación contra COVID-19 y tasa de exceso de mortalidad

Al realizar el comparativo descriptivo de las medidas de salud pública que se implementaron con mayor frecuencia durante el periodo de la pandemia se observa que la movilidad como era lo esperado se redujo drásticamente en el primer año de la pandemia con variaciones negativas hasta la semana 39 luego estas variaciones tienden a fluctuar alrededor de cero a partir de la semana 40.

Entre las semanas 13 a la 25 del año 2020 las medidas preventivas como toque de queda, aislamiento selectivo y preventivo obligatorio y prohibición de consumo de bebidas alcohólicas presentaron el mayor incremento observado durante la pandemia entre las semanas 13 a la 36. Por otra parte, lo que se observó con la mortalidad es que pese a estar implementadas las medidas preventivas la mortalidad continua con su incremento paulatino. Se observan en la semana 19 del año 2020 como al incrementarse las medidas preventivas hay un decrecimiento en las tasas de exceso de mortalidad y a partir de la semana 20 del año 2020 el uso de las medidas preventivas fue menos estricto y por ende la mortalidad se incrementó.

El efecto más notorio de la disminución del uso de medidas preventivas en el departamento se observó en la semana 29 en este periodo la mortalidad se aceleró alcanzando un pico de mortalidad aproximadamente en la semana 32, donde los gobiernos locales se vieron obligados a incrementar el uso de medidas preventivas para contener la mortalidad. A partir de la semana 37 se evidencia una disminución de la mortalidad y se presenta una reapertura económica de algunos comercios y establecimientos lo que ocasiona que las medidas preventivas de toque de queda y aislamiento preventivo obligatorio se disminuyan.

En esta fase de la pandemia (semana 37 finales del año 2020) se implementan las medidas de cuidado selectivo individual donde los individuos fueron más responsables de su autocuidado. La tendencia de la serie de datos indica que cuando estas medidas se flexibilizaron se presentaron puntos máximos de mortalidad entre las semanas 48 a 52 de 2020, deduciendo que el incremento de la mortalidad se relacionó con un decrecimiento en el uso de medidas preventivas.

Para inicios del año 2021, la movilidad volvió a presentar decrecimientos notables en las primeras seis semanas del año que se relacionó con el decrecimiento en el uso de medidas de aislamiento selectivo y la flexibilización en la prohibición del consumo de alcohol en lugares públicos, sin embargo, las tasas de exceso de mortalidad presentaron incrementos en las primeras semanas del 2021 con decrecimientos entre las semanas 8 a la 14 del 2021. A partir de la semana 14 el incremento del exceso de mortalidad es considerable lo que conlleva en reforzar medidas preventivas como toques de queda, restricción de la movilidad de vehículos y personas, pico y cédula y la prohibición de bebidas alcohólicas en espacios públicos. Para mediados a finales del año 2021 alrededor de la semana 30 se observan una disminución importante de la mortalidad y tasas de excesos de mortalidad debido al efecto de la vacunación, pese a que las medidas preventivas para este periodo están más estables en su

implementación, y la movilidad alcanza los límites más altos para disminuir paulatinamente hasta finales del año.

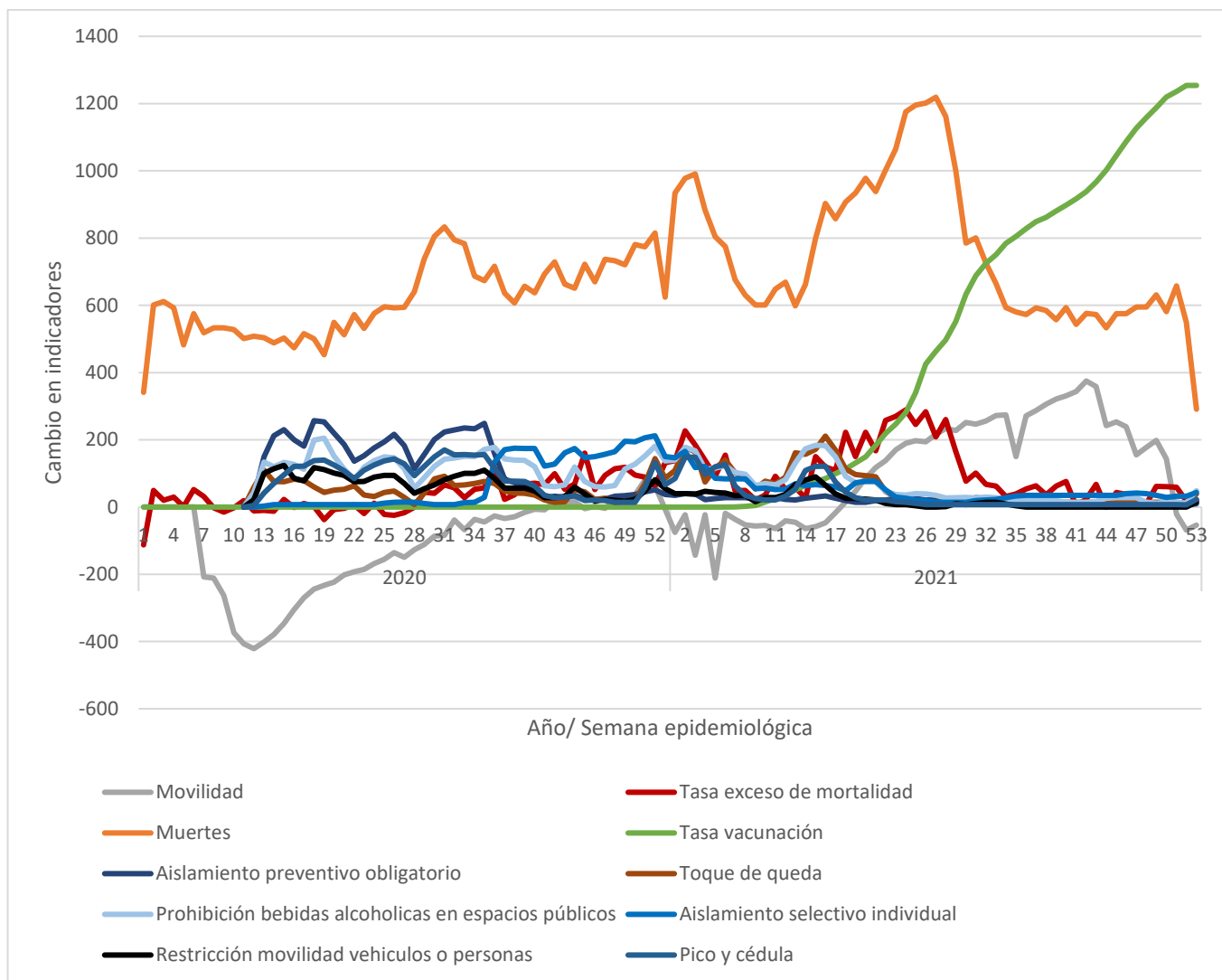


Figura 24. Descripción de medidas preventivas de mayor frecuencia, movilidad, mortalidad y tasa de exceso de mortalidad.

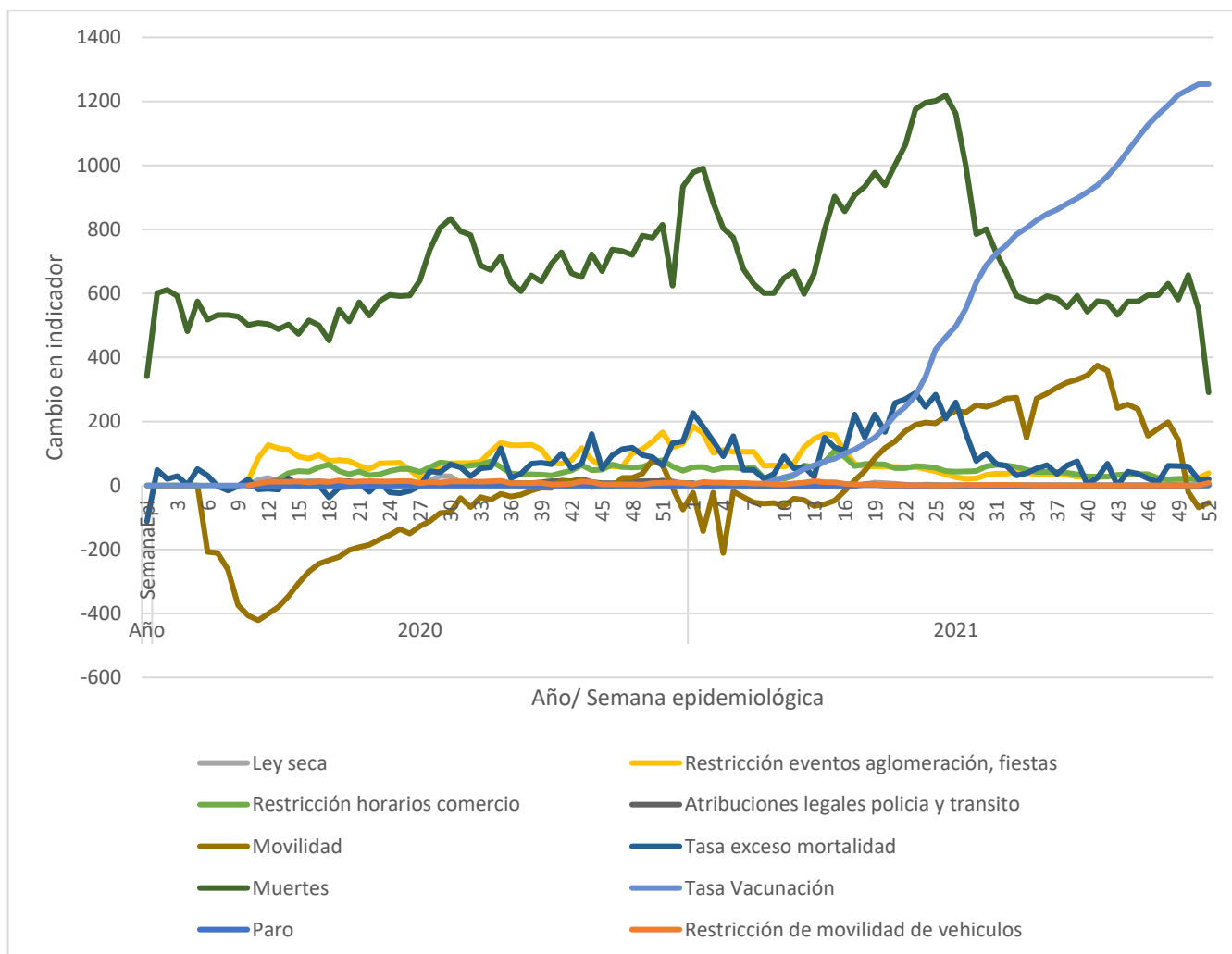


Figura 25. Descripción de medidas preventivas de menor frecuencia, movilidad, mortalidad y tasa de exceso de mortalidad

Se ajustaron modelos con todas las medidas preventivas y se adicionaron otras variables como la tasa de vacunación y el indicador de movilidad, los resultados muestran el riesgo de exceso de mortalidad al implementarse la medida de restricción de la movilidad en vehículos o persona se reduce un 26%, a su vez los cambios observados en la prohibición de consumo de bebidas alcohólicas en espacios públicos reducen el riesgo de exceso de mortalidad en un 7%, al igual que la restricción de horarios en atribuciones legales de policía y tránsito con una reducción del 6%, y las actividades físicas y al aire libre con una reducción del 4%. La tasa de vacunación por su parte representó una reducción del riesgo de exceso de mortalidad del 34%.

En cuanto a las medidas de movilidad se observa que el indicador de movilidad muestra que el riesgo de exceso de mortalidad se incrementa en un 48% por cada unidad de cambio. Se observa que la movilidad en lugares de trabajo y de ventas y recreación muestran un efecto protector en el exceso de mortalidad lo que se puede explicar por la posible disminución de movilidad en estos lugares que coincidió con periodos de disminución de la mortalidad, en

zonas residenciales el efecto de la movilidad muestra una reducción del riesgo que no es significativa. Por otra parte, se observó el incremento del riesgo asociado a exceso de mortalidad por la movilidad en estaciones de tránsito, parques, tiendas y farmacias.

Tabla 21. Modelo de regresión binomial negativo para estimar la relación de las medidas preventivas, vacunación y movilidad con la tasa de exceso de mortalidad (año 2020 y 2021)

Comparación modelos	(Modelo 1)	(Modelo 2)
Intercepto (mortalidad media)	1.93 (0.63;5.92)	1.43 * (1.02;1.33)
Aislamiento preventivo obligatorio	0.97 (0.91;1.03)	0.95 (0.89;1.01)
Toque de queda	1.04 (0.98;1.09)	1.03 (0.97;1.09)
Pico y cédula	1.01 (0.95;1.07)	0.94 (0.89; 1.0)
Aislamiento selectivo individual	1.09 ** (1.03;1.15)	1.14 ** (1.08;1.20)
Restricción de la movilidad vehículos	1.21 (0.98;1.48)	1.20 (0.98;1.47)
Restricción de la movilidad en vehículos o personas	0.74 ** (0.60;0.95)	0.75 *** (0.61;0.92)
Restricción de eventos de aglomeración, fiestas, eventos, cierre de discotecas	1.05 (0.99;1.11)	1.05 (0.99;1.11)
Prohibición de consumo de bebidas alcohólicas en espacios públicos	0.93 * (0.87;0.99)	0.94 * (0.88;0.99)
Restricción de horarios en establecimientos de comercio	1.11 * (1.05;1.17)	1.09 (1.04; 1.16)
Restricción de horarios en atribuciones legales policía y tránsito	0.94 ** (0.90;0.98)	0.96 ** (0.92;0.99)
Actividades físicas y al aire libre	0.96 * (0.92, 0.99)	0.95 * (0.91;0.99)
Reactivación económica	1.05 * (1.003;1.09)	1.043 ** (1.0;1.09)
Paro	1.02 (0.99;1.05)	1.02 (0.99; 1.05)
Cambios por cierre de escuelas y universidades	1.08 (0.94; 1.07)	1.009 (0.94;1.07)
Duración en el tiempo de las medidas preventivas	1.02 (0.92;1.12)	0.85 *** (0.75;0.96)
Tasa vacunación	0.66 *** (0.59;0.75)	0.63 *** (0.56;0.71)
Estaciones de tránsito	1.14 * (1.03; 1.26)	1.17 * (1.06;1.29)
Lugares de trabajo	0.80 *** (0.72;0.89)	0.89 *** (0.79;0.99)
Parques	1.25 *** (1.13;1.37)	1.23 *** (1.11;1.136)
Tiendas y farmacias	1.18 ** (1.07;1.29)	1.18 ** (1.06;1.30)
Lugares de ventas y recreación	0.74 *** (0.65;0.83)	0.74 *** (0.65;0.89)
Zonas residenciales	0.93 (0.83;1.04)	0.95 (0.84;1.07)
Indicador de movilidad	1.48 *** (1.37;1.61)	1.38 *** (1.26;1.51)
Tiempo	1.34 (0.59;3.04)	1.23 (0.55;2.77)
AIC	8,432	6,525
BIC	8,592	6,660
Log Likelihood	- 4,188	- 3.238

* Modelo 1: modelo de efectos mixtos, Variable respuesta: exceso de mortalidad mortalidad con un conjunto de medidas preventivas, de movilidad y vacunación (intercepto y pendiente aleatorios)

* Modelo 2: modelo de efectos mixtos, Variable respuesta: exceso de mortalidad con un conjunto de medidas: preventivas, de movilidad y vacunación, ajuste por función de autocorrelación parcial (4 rezagos)

Los efectos aleatorios del modelo muestran que entre los municipios de mayor riesgo de mortalidad en los dos años de análisis sobresalen Cali, Buenaventura, Palmira, Jamundí, Yumbo, Cartago y de los municipios que tuvieron menor riesgo de mortalidad fueron: El Águila, Vijes, Argelia, La Victoria, Bolívar y Versalles. A nivel de subregión destacan la región Pacífica y Sur, pese a que la predicción del intervalo de confianza es muy amplia. A nivel de microrregión el mayor riesgo de mortalidad se presentó en las regiones Sur-Cali, Pacífico y Sur-Palmira.

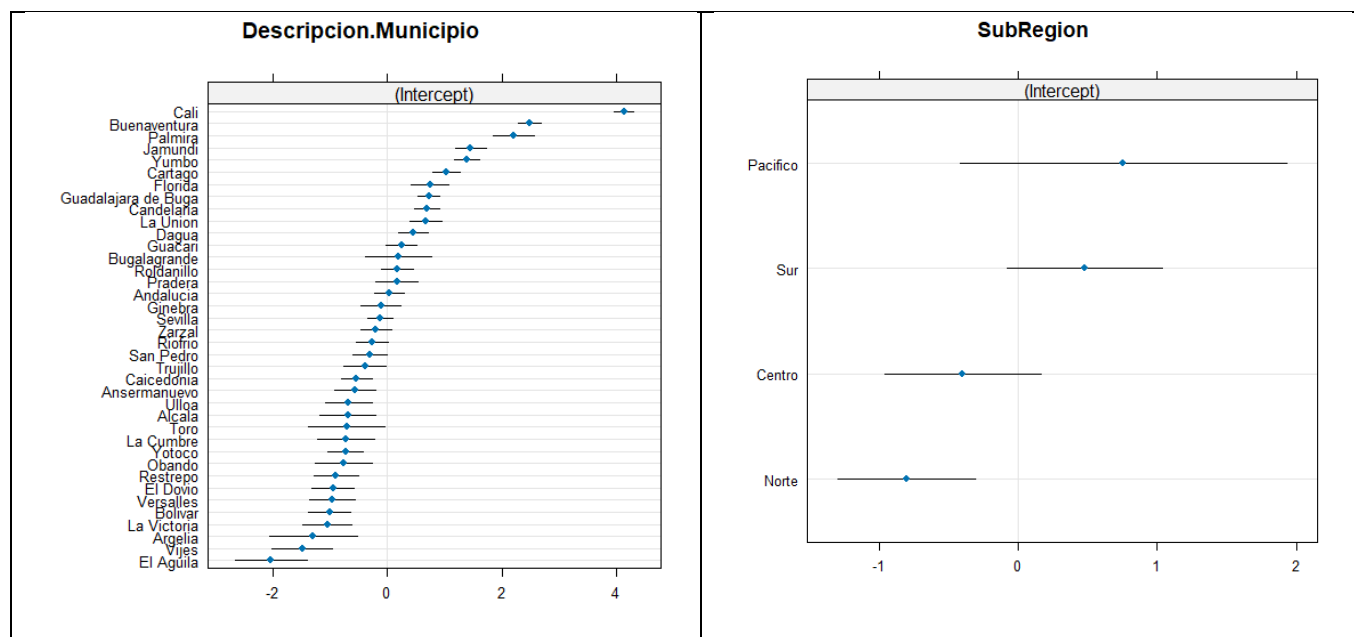
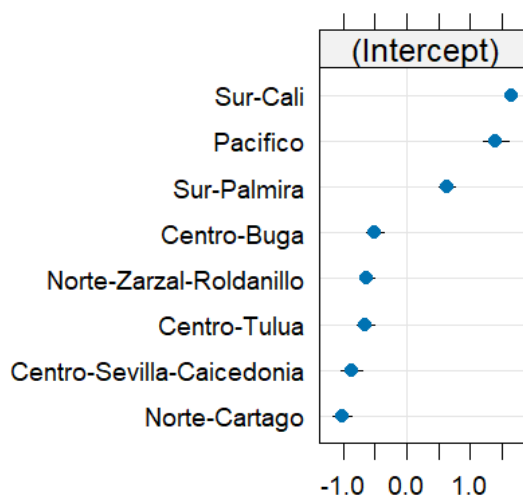


Figura 26.Efectos aleatorios por municipios y región, 2020 y 2021 (Modelo 2)

Microrregion



Las medidas preventivas en el año 2020 que reducen el riesgo de exceso de mortalidad según el modelo de mejor ajuste (Modelo 2) son: los toques de queda con un 8%, prohibición de bebidas alcohólicas en espacios públicos 11%, actividades físicas y al aire libre con una reducción del 6% y la duración de implementación de las medidas preventivas con una disminución del 17%.

En el año 2020, en cuanto a las medidas de movilidad se encuentran que el riesgo de exceso de mortalidad se disminuye en lugares de trabajo, de ventas y recreación y zonas residenciales, lo cual se puede asociar a que fueron los lugares menos concurridos en este periodo. Mientras que el indicador de la movilidad, la movilidad en estaciones de tránsito, parques, tiendas y farmacias aumentó el riesgo de exceso de mortalidad que cuando no se presenta movilidad en estos sitios.

Tabla 22. Modelo de regresión binomial negativo para estimar la relación de las medidas preventivas, vacunación y movilidad con la tasa de exceso de mortalidad (año 2020)

Comparación modelos	Modelo 1	Modelo 2
Intercepto (mortalidad media)	1.43 (0.45;4.56)	1.15 * (0.39;3.42)
Aislamiento preventivo obligatorio	1.03 (0.94;1.13)	1.03 (0.93;1.12)
Toque de queda	0.91 * (0.84;0.99)	0.92 (0.84;1.09)
Pico y cédula	1.05 (0.96;1.14)	0.94 (0.89; 1.0)
Aislamiento selectivo individual	1.06 (0.98;1.15)	1.14** (1.08;1.20)
Restricción de la movilidad vehículos	0.96 (0.68;1.34)	1.20 (0.98;1.47)
Cambios en restricción de la movilidad en vehículos o personas	0.94(0.68;1.31)	0.75*** (0.61;0.92)
Restricción de eventos de aglomeración, fiestas, eventos, cierre de discotecas	1.05 (0.96;1.15)	1.06 (0.97;1.16)
Prohibición de consumo de bebidas alcohólicas en espacios públicos	0.90*(0.82;0.98)	0.89 * (0.82;0.98)
Restricción de horarios en establecimientos de comercio	1.09 * (1.00 ;1.18)	1.08 (0.99; 1.18)
Restricción de horarios en atribuciones legales policía y tránsito	0.98 ** (0.89;1.06)	0.96 ** (0.88;1.05)
Actividades físicas y al aire libre	0.94 * (0.89; 0.99)	0.94 * (0.89;0.99)
Reactivación económica	1.11** (1.03;1.19)	1.043** (1.0;1.09)
Cierre de escuelas y universidades	1.03 (0.95; 1.12)	1.02 (0.94;1.11)
Duración en el tiempo de las medidas preventivas	0.90 (0.71 ; 1.15)	0.83*(0.65;1.07)
Estaciones de tránsito	1.52*** (1.29; 1.80)	1.56* (1.32 ;1.84)
Lugares de trabajo	0.75 ** (0.61;0.91)	0.65*** (0.53;0.80)
Parques	1.18 * (0.98;1.43)	1.17*** (0.96;1.43)
Tiendas y farmacias	1.11** (0.87;1.40)	1.05** (0.81;1.35)
Lugares de ventas y recreación	0.74 (0.65;1.08)	0.79 *** (0.54;1.15)
Zonas residenciales	0.88 * (0.68;1.14)	0.84* (0.65;1.09)
Indicador de movilidad	1.99 *** (1.61;2.46)	1.68*** (1.34;2.10)
Tiempo	0.77 (0.31;1.91)	0.90 (0.29;1.64)
AIC	4,137	4,103
BIC	4,276	4,252
Log Likelihood	- 2,041	- 2,022

*Modelo 1: modelo de efectos mixtos, variable respuesta: exceso de mortalidad con un conjunto de medidas: preventivas, de movilidad y vacunación (intercepto y pendiente aleatorios)

* Modelo2: modelo de efectos mixtos, variable respuesta: exceso de mortalidad con un conjunto de medidas: preventivas, de movilidad y vacunación ajuste por función de autocorrelación parcial (4 rezagos)

De acuerdo a los resultados en el año 2020, se observa el mismo patrón respecto los municipios con mayor riesgo de mortalidad según estimados de efectos aleatorios siendo los municipios de Cali, Palmira y Buenaventura los que mayor explican el exceso y Bolivar, Ansermanuevo y El Aguila los que menos contribuyen. En las regiones Pacifico y sur son las que presentan mayor riesgo de mortalidad.

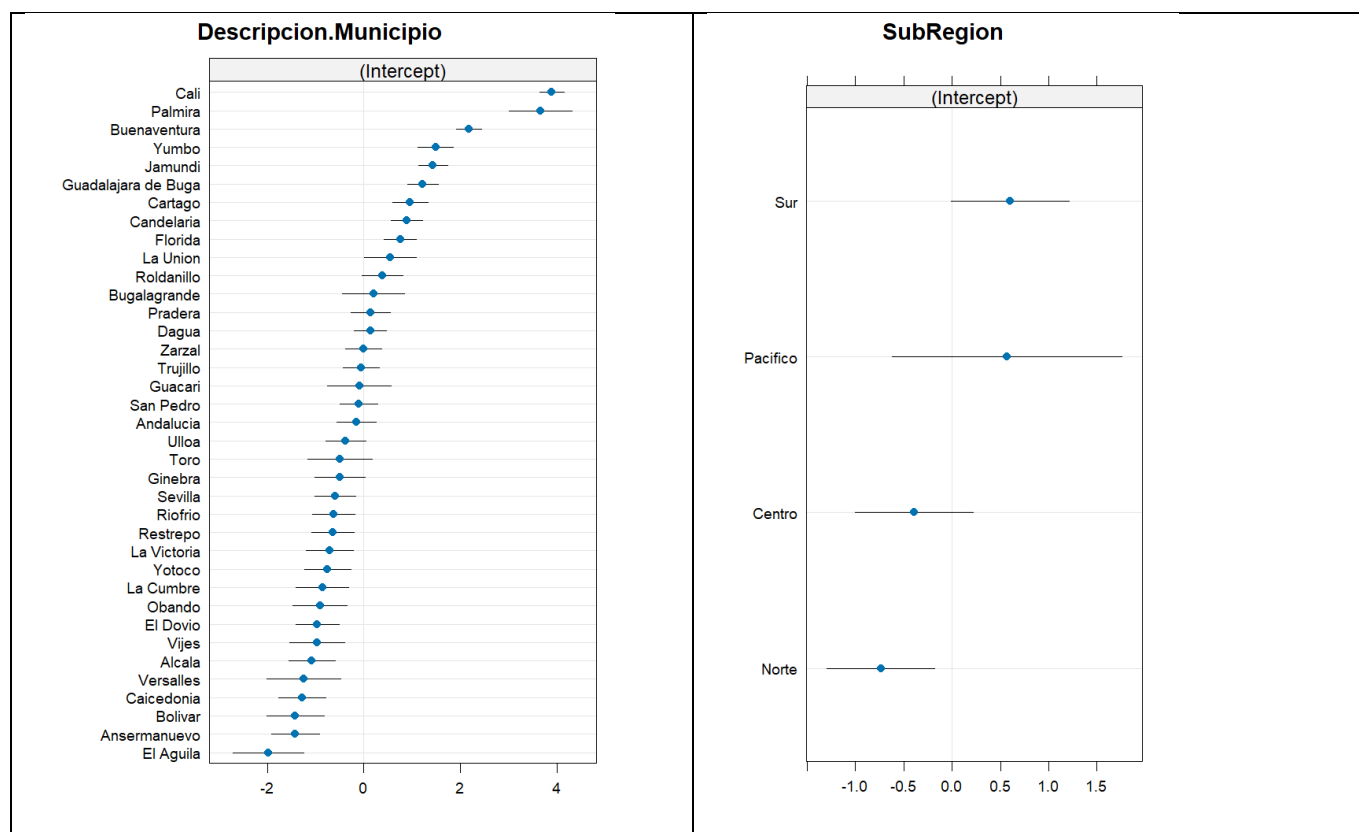
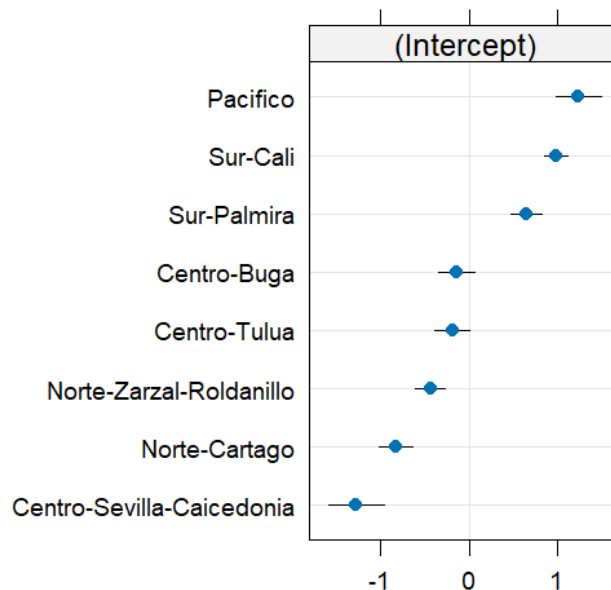


Figura 27.Efectos aleatorios por municipios y región, 2020 (Modelo 2)

Microregion



Las medidas preventivas en el año 2021 que se relaciona con la reducción del riesgo de exceso de mortalidad según el modelo de mejor ajuste (Modelo 2) son los cambios en toques de queda con un 7%, restricción de movilidad de vehículos o personas con una reducción del 29%, cambios en la reactivación económicas 14 % y la tasa de vacunación con una reducción del riesgo en un 27%, la movilidad en los lugares de trabajo y las estaciones de tránsito mostraron un efecto de reducción del riesgo en el exceso de mortalidad, sin embargo el efecto conjunto de la movilidad mostró un efecto de aumento del riesgo de la mortalidad con un límite superior mayor a 1, con un incremento aproximado del riesgo en 16%. El tiempo fue un factor protector en el riesgo de exceso de mortalidad, sin embargo, la duración de las medidas no mostro para el 2021 tener un efecto reductor en el exceso de mortalidad.

Tabla 23. Modelo de regresión binomial negativo para estimar la relación de las medidas preventivas, vacunación y movilidad con la tasa de exceso de mortalidad (año 2021)

Comparación modelos	Modelo 1	Modelo 2
Intercepto (mortalidad media)	2.44 (0.76;7.86)	2.02 * (0.57;7.11)
Aislamiento preventivo obligatorio	1.03 (0.91;1.17)	0.95 (0.81;1.05)
Toque de queda	0.84 * (0.75;0.93)	0.93 (0.83;1.04)
Pico y cédula	1.00 (0.90;1.10)	0.94 (0.89; 1.0)
Aislamiento selectivo individual	1.17 (1.06;1.29)	1.16** (1.05;1.29)
Restricción de la movilidad vehículos	1.51 (1.11;2.07)	1.29 (0.94;1.77)
Restricción de la movilidad en vehículos o personas	0.59 (0.44;0.80)	0.71*** (0.52;0.97)

Restricción de eventos de aglomeración, fiestas, eventos, cierre de discotecas	1.07 (0.96;1.20)	1.01 (0.90;1.13)
Prohibición de consumo de bebidas alcohólicas en espacios públicos	1.02(0.90;1.15)	1.04 * (0.92;1.18)
Restricción de horarios en establecimientos de comercio	0.99 (0.90 ;1.08)	0.98 (0.89; 1.08)
Presentar certificado de vacunación	1.03 (0.99;1.08)	1.05 (1.00;1.11)
Cambios en restricción de horarios en atribuciones legales policía y tránsito	1.00 (0.87;1.14)	1.01** (0.88;1.16)
actividades físicas y al aire libre	1.20 * (1.02, 1.40)	1.21* (1.04;1.41)
Reactivación económica	0.90 (0.83;0.97)	0.86** (0.80;0.93)
Paro 2021	1.00 (0.97;1.04)	1.00 (0.96;1.04)
Cierre de escuelas y universidades	1.02 (0.91; 1.15)	1.02 (0.91;1.15)
Duración en el tiempo de las medidas preventivas	1.23 (1.00 ; 1.51)	1.15(0.92;1.43)
Tasa vacunación	0.65 (0.56;0.76)	0.73 (0.60;0.90)
Estaciones de tránsito	0.65*** (0.54; 0.78)	0.73(0.61;0.88)
Lugares de trabajo	0.75 ** (0.64;0.88)	0.99 *** (0.84;1.16)
Parques	1.13 * (0.98;1.30)	1.02*** (0.89;1.18)
Tiendas y farmacias	1.02** (0.89;1.18)	1.07** (0.92;1.23)
Lugares de ventas y recreación	0.89(0.75;1.06)	0.86 *** (0.72;1.03)
Zonas residenciales	0.98 * (0.83;1.16)	0.99* (0.83;1.19)
Indicador de movilidad	1.18*** (1.05;1.32)	1.05 (0.85;1.16)
tiempo	0.89 (0.41;1.92)	0.81(0.37;1.81)
AIC	4,182	4,063
BIC	4,327	4,237
Log Likelihood	- 2,061	- 1.195

*Modelo 1: modelo de efectos mixtos, variable respuesta: exceso de mortalidad con un conjunto de medidas: preventivas, de movilidad y vacunación (intercepto y pendiente aleatorios)

* Modelo2: modelo de efectos mixtos, variable respuesta: exceso de mortalidad con un conjunto de medidas: preventivas, de movilidad y vacunación ajuste por función de autocorrelación parcial (4 rezagos)

En el año 2021 en términos, de los efectos aleatorios por municipios se observa que los municipios con mayor riesgo de mortalidad continúan siendo Cali, Buenaventura, Palmira y Jamundí. Por otro lado, los de menor riesgo son a su vez Bolívar, La Victoria, El Águila y Argelia. Ante el efecto de las intervenciones en las subregiones el riesgo de exceso de mortalidad fue muy similar entre la región Sur y Pacífico. Sin embargo, a nivel de microrregiones el riesgo de exceso de mortalidad tiende a ser mayor entre en la región Sur-Cali si se compara con la región Pacífica y Sur-Palmira.

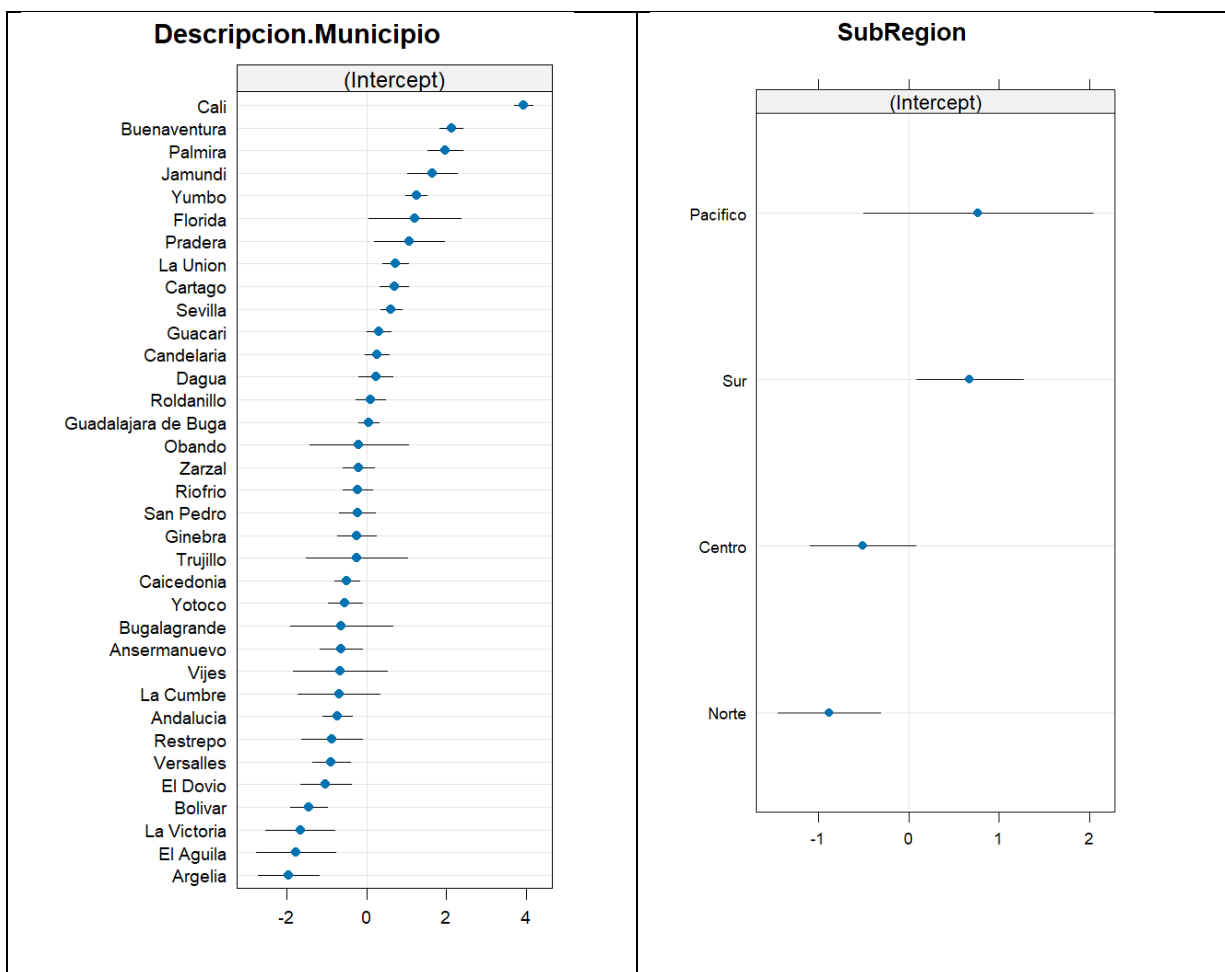
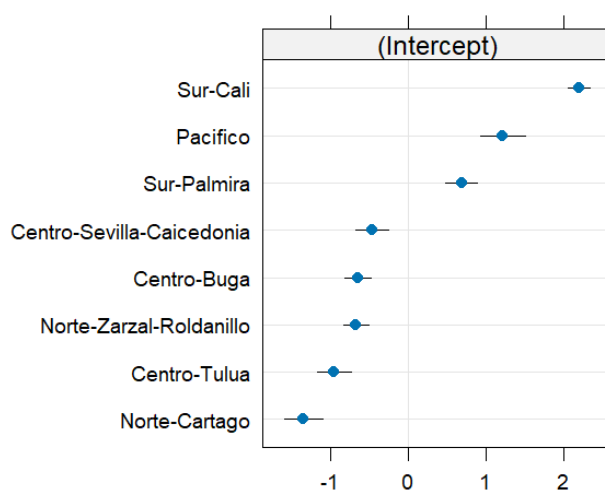


Figura 28.Efectos aleatorios por municipios y región (Modelo 2)

Microregion



6 Discusión

6.1 Hallazgos principales

Factores sociodemográficos, mortalidad en el Valle del Cauca y sus municipios

En las variables demográficas se observaron diferencias en la afectación por sexo y grupo de edad. Las tasas específicas de mortalidad por todas las causas y por COVID-19 mostraron valores elevados durante los periodos de pandemia, siendo consistentemente más altas en hombres que en mujeres. En los dos años analizados, las tasas más altas se registraron en hombres y mujeres mayores de 65 años. En el año 2021, la tasa de mortalidad en hombres casi se duplicó en comparación con el año 2020, alcanzando 17,87 por cada 1.000 individuos, mientras que en mujeres fue de 9,85 por cada 1.000.

Estos hallazgos son consistentes con el estudio de vigilancia epidemiológica realizado por la Secretaría Departamental de Salud del Valle del Cauca, el cual encontró que el sexo masculino tiene un 74% más de probabilidad de morir por COVID-19 en comparación con el sexo femenino. Además, se evidenció que la población de 80 años o más tiene una probabilidad 31 veces mayor de morir que las personas menores de 60 años(24,25). .

Un aspecto relevante identificado consistió en que, durante los años de la pandemia, se observó que entre las enfermedades más comunes en la población fallecida por COVID-19 se encuentran las asociadas a comorbilidades como hipertensión, enfermedad cardiovascular, diabetes y cáncer, con porcentajes de mortalidad superiores al 10%. Estos resultados son consistentes con los reportados por el Instituto Nacional de Salud, que señala que la mayoría de los casos de fallecimientos corresponden a personas entre 60 y 89 años, de sexo masculino, ocurridos principalmente en Amazonas, Barranquilla, Cartagena, Atlántico y Sucre, siendo la hipertensión, la diabetes mellitus, la enfermedad renal y la enfermedad respiratoria las comorbilidades más frecuentes (56–58).

Según los análisis de las variables sociodemográficas de la población del Valle del Cauca se evidencia que en los municipios del departamento existe una alta tasa de informalidad, dependencia económica, bajo logro educativo, analfabetismo y alto índice de pobreza multidimensional. Se encontró que los menores valores de privación en los municipios se encuentran en indicadores como el acceso a barreras a la salud y baja privación por no acceso a fuentes de agua mejorada, sin embargo, la variación de los municipios representada por el coeficiente de variación resulta ser una de las más altas con un 80%, es decir municipios con muy baja privación como Andalucía y otros con más alta privación como El Dovio, La Cumbre y La Unión.

El hacinamiento crítico y el bajo logro educativo presentan valores promedio que evidencian una mayor dispersión entre los municipios. Se observó un menor porcentaje de privación en municipios como Cali, Palmira y Jamundí, mientras que otros, como El Dovio, Argelia y Buenaventura, mostraron resultados menos favorables. En cuanto a la pobreza

multidimensional, se identificó una variación del 33% entre los municipios, destacándose aquellos con porcentajes de privación superiores al 40%, como Buenaventura y El Águila. El mayor nivel de hacinamiento se registró en Buenaventura, con un porcentaje de privación del 16%. Este dato coincide con uno de los factores de riesgo señalados en el informe de la CEPAL sobre el panorama de la pandemia, que en 2020 indicó que el 25% de los hogares en la región vivían en condiciones de hacinamiento, definido por el umbral de más de dos personas por dormitorio, cifra que ascendía al 47,6% en los hogares pertenecientes al quintil de menores ingresos (21).

En este contexto, las ciudades y metrópolis de América Latina presentan una acumulación de déficits estructurales que representan importantes factores de riesgo para el contagio de COVID-19. Entre estos factores destacan el hacinamiento, la precariedad y saturación del transporte público, así como la falta de acceso a servicios básicos como agua, saneamiento y electricidad (CEPAL, 2021f; CEPAL/OPS, 2020)(21).

En consecuencia, la combinación de un alto nivel de urbanización con estos déficits acumulados influye no solo en la magnitud y el impacto de la pandemia, sino también en sus efectos diferenciados entre los grupos poblacionales. En particular, el hacinamiento afecta de forma desproporcionada a las poblaciones en situación de vulnerabilidad, debido a su estrecha relación con la propagación del virus. Compartir espacios reducidos incrementa el riesgo de contagio y dificulta el cumplimiento de medidas como la cuarentena y el confinamiento. Además, el marcado gradiente socioeconómico agrava estas desigualdades, afectando principalmente a las poblaciones de ingresos bajos y medio-bajos. 2021(21).

Las muertes por todas las causas en el Valle del Cauca ascienden a 40.112 fallecidos en el año 2021 que comparada con el año 2020 es mayor en aproximadamente 8.000 fallecimientos. Estas cifras guardan relación con lo encontrado en las cifras de mortalidad en Colombia donde para el año 2020 se encontraron 306.158 muertes y para el año 2021 un total de 359.908 con una mayor proporción de fallecimientos por todas las causas en el año 2021 (32).

Adicional a esta tendencia se observa la mayor proporción de muertes por COVID-19 en el año 2021 con relación con el total de fallecimientos donde las muertes contribuyen al 22% de todas las causas de mortalidad, mientras en el 2020 al se observa que dichos decesos representan el 13,3%. Siendo esta proporción consistente con lo observado para toda Colombia donde la proporción muertes confirmadas por COVID-19 correspondió al 14,7% en el 2020 y un 23,6% en el 2021(32).

Las tasas ajustadas estimadas por método directo utilizando la población del Valle por sexo y edad para COVID-19 y otras causas de muertes se incrementaron en el 2021 en relación con lo observado en el 2020, con una tasa promedio de 8 individuos fallecidos en por todas las causas y 1,5 fallecimientos por COVID-19 en el año 2021. En el año 2020 según los hallazgos la tasa de mortalidad ajustada por COVID-19 fue de 0,53 fallecimientos estos resultados muestran rangos de mortalidad similares a los reportados en otros estudios donde al 10 de agosto de 2020 la tasa específica de mortalidad para el departamento del Valle del

Cauca fue de 0,27 fallecimientos por cada 1.000 habitantes, siendo el departamento del Amazonas con una mayor tasa de mortalidad 1,31 por cada 1.000 habitantes (61).

Al relacionar las tasas ajustadas de muertes por todas las causas para el 2020 y 2021 con las variables sociodemográficas se encontró que las privaciones por analfabetismo incrementan en 11,1 y un 7,3 la tasa de muerte. En el primer modelo para las tasas ajustadas para el año 2020 por todas las causas de mortalidad mostró que el incremento en la privación por analfabetismo fue de 11,1 en la tasa de muerte; adicionalmente las tasas 2020 y 2021 de COVID-19 también fueron significativas y con relación positiva.

Otras variables demográficas de importancia con una relación positiva fueron la privación por no tener seguridad en el acceso a la salud y barreras en el acceso a la misma. Igualmente, ser de raza indígena o afrocolombiano se relacionó positiva y significativamente con la mortalidad en el año 2021.

Entre las variables asociadas positivamente con las tasas de COVID-19 en el año 2020 se identificaron el nivel educativo, el hacinamiento crítico, el tipo de área de residencia y las edades de mayores de 50 años. Por otro lado, en 2021, las tasas de COVID-19 mostraron una mayor correlación con variables como la privación por falta de acceso a agua mejorada, el tipo de municipio (cabecera y rural disperso) y el nivel educativo.

Estos resultados respaldan las recomendaciones del informe de la CEPAL(21), que señala la importancia de no descuidar las zonas rurales y los territorios ancestrales ocupados principalmente por pueblos indígenas, a pesar del enfoque urbano y metropolitano predominante en la pandemia. Las condiciones sanitarias y sociales en estas áreas, así como su infraestructura de servicios básicos y de salud, suelen ser más débiles, lo que limita significativamente su capacidad de respuesta médica ante los contagios y casos graves(21).

Adicionalmente, la tasa de informalidad resulto tener un aporte significativo en el 2020 con la tasa de mortalidad por COVID-19 y con una correlación positiva pero no significativa en el 2021. Lo anterior, según Ragunath 2020 podrían explicar porque la informalidad constituyo uno de los factores relacionados con el incumplimiento de medidas de distanciamiento social, debido a pocas facilidades de conexión en los territorios; como consecuencia falta de oportunidades de trabajo remoto en los estratos socioeconómicos más bajos haciendo que las personas sean más susceptibles a una infección por COVID-19 y por ende tener mayor morir por esta causa (62).

Los anteriores resultados concuerdan con resultados de estudios como Sanabria et al en el que señalan que la evidencia creciente de las inequidades sociales explica las altas tasas de mortalidad en un amplio rango de enfermedades, que en el caso del COVID-19 se explicó por el incremento en el riesgo de infección en grupos vulnerables de la población y por ende un incremento en la letalidad de la enfermedad (63). Algunos estudios consideran que los niveles socioeconómicos más bajos se asociaron con mayor riesgo de contraer COVID-19 (64), no solo porque es más difícil cumplir con las regulaciones de distanciamiento social, sino por la dificultad que tienen las personas que tienen dificultades económicas para tener acceso a los servicios de salud. Así mismo, otros autores señalaron que hay un mayor riesgo

de contagio por COVID-19 en Colombia debido a factores que influyen en el riesgo como las características de la vivienda (acceso a servicios públicos, instalaciones sanitarias, hacinamiento, material de construcción entre otros)(62) .

Exceso de mortalidad en el Valle del Cauca y sus municipios

Durante la pandemia el CDC e Institutos de Salud en Canadá implementaron el cálculo de la mortalidad esperada el ajuste de modelos de regresión mediante distribuciones de conteo tipo Poisson, Quasipoisson y Binomial Negativo, estos modelos se han adaptado mediante algoritmos para enfermedades infecciosas desarrollados por Farrington et al y se han utilizado en la vigilancia de la mortalidad (63,64) . En el estudio se encontró que para el departamento del Valle del Cauca el mejor ajuste a partir de distribuciones de variables de conteo fue el modelo Binomial Negativo que comparado con otro tipo de distribuciones mostró que el intercepto y los coeficientes de suavización para el ajuste del modelo fueron estadísticamente significativos (P value $<0,001$) , el R cuadrado ajustado correspondió a un 51,4% de la variabilidad explicada por la mortalidad esperada y se obtuvo un porcentaje de la devianza explicada de un 61,9%.

En el año 2020 la mortalidad alcanzó picos de mortalidad en la semana 31 con un punto máximo de 833 fallecimientos; mientras que en el año 2021 en las primeras tres semanas se alcanzan valores de hasta 1.000 muertes alcanzando un máximo de 1.219 muertes en la semana epidemiológica 27. En el estudio de exceso de mortalidad por todas las causas en el marco de la pandemia en el año 2020 Oliveros et al presentan tasas de mortalidad promedio observadas para el Valle del Cauca de 722 por cada 100.000 habitantes, siendo muy similares a lo reportado por el presente estudio con una mortalidad de 820 fallecimiento por cada 100.000 habitantes en el mismo año (34).

El total de muertes para los años 2020 y 2021 asciende a 72.917 fallecimientos con 19.533 muertes en exceso por encima del promedio histórico y 12.869 por encima de las muertes esperadas modelo Binomial negativo contribuyendo positivamente en el exceso de mortalidad, estas cifras correspondieron a un 36% y 21% de porcentaje de mortalidad en exceso para las dos aproximaciones, lo que es cercano al 27,5% del porcentaje de exceso de mortalidad reportado por el Instituto nacional de Salud (INS) para Colombia para los dos años analizados 2020 y 2021 (33).

En el año 2020 el total de muertes observadas supero por 3.403 y 6.113 el número de muertes esperadas y en el año 2021 en 9.466 y 13.422; según las dos aproximaciones de estimación propuestas los hallazgos se asemejan a lo propuesto Oliveros et al. por los tres métodos de estimación: modelo de regresión, ARIMA y media aritmética en donde la mortalidad esperada estuvo por encima de lo que se observó y el porcentaje de exceso de mortalidad alcanzado por el método de la media aritmética fue del 19,6%, por la regresión lineal de 18,2% y por el ARIMA de 17,4% (34), estas cifras son similares a lo evidenciado en el estudio con porcentajes estimados de exceso en el año 2020 por encima de los esperado entre

un 11,6% y 22,9% por medio de los promedios históricos y el modelo Binomial negativo. Resultados similares se observan a nivel del País(32).

Adicionalmente, los tres métodos propuestos por los autores muestran que el método de la media aritmética para la estimación de la mortalidad esperada en el 2020 registró el mayor exceso de mortalidad tanto global como por sexo, en segundo lugar, la regresión lineal y por último el modelo ARIMA (34). Los resultados concuerdan con el ajuste reportado en el presente estudio donde el mayor exceso de mortalidad esperada agregado que se obtiene del uso del promedio histórico de 2015-19 en comparación con la mortalidad esperada usando el modelo Binomial Negativo.

En el año 2020 los valores reportados concuerdan con el patrón de mortalidad observado para los dos años siendo el número de muertes en exceso de 3.403 y 6.113 para el modelo binomial negativo y el enfoque de promedio de histórico de 2015 a 2019, mientras las muertes de COVID-19 fueron de 4.391. Pese a que los resultados en el panorama de exceso de mortalidad en 2020 no fueron concluyentes debido a que el exceso de mortalidad no fue muy marcado en los primeros meses, en el presente estudio los resultados de la metodología del exceso estimado por el modelo Binomial negativo muestran un porcentaje de exceso por encima de las muertes por COVID-19, los resultados aportados por el modelo binomial negativo no coinciden con lo presentado por Oliveros et al, dado que en las estimaciones el exceso de muertes superaba en más de 700 muertes las registradas por COVID-19 evidenciando que el exceso de mortalidad no se explicaba exclusivamente por el virus (34).

Sin embargo, en nuestro caso este resultado para el año 2021 según los estimados de exceso de mortalidad para ambos modelos coinciden con lo evidenciado en el estudio, donde el exceso de mortalidad supero las muertes observadas por COVID-19 por lo cual se podría inferir que en este año gran parte de la carga de la mortalidad se podría asociar a otras causas de mortalidad y no tanto a la mortalidad debida a la pandemia del COVID-19.

En el año 2020 la mayor mortalidad se concentró entre las semanas epidemiológicas 29 a la 31 alcanzando picos de exceso de 291 muertes. Así mismo, en la investigación de la OPS del exceso de mortalidad en población en edad de trabajar en nueve países de Latinoamérica se observó que el comportamiento en el tiempo varió entre los países, sin embargo, la mayor concentración se dio principalmente entre mayo y septiembre(31) . Lo anterior se relaciona con lo observado en los datos de exceso de mortalidad donde las semanas con mayor mortalidad correspondieron según el calendario epidemiológico al mes de Julio y a partir de este periodo la mortalidad se mantuvo en niveles altos comparados con los meses previos al inicio de la pandemia.

El exceso de mortalidad, la tasa de exceso de mortalidad y el indicador de P-score coinciden en tres picos de mortalidad en el Valle del Cauca, uno a mediados del año 2020 específicamente en la semana epidemiológica 31 en la última semana del mes de julio, otro pico a inicios del año 2021 en la semana epidemiológica 3 y el tercero a en la semana 27 correspondiente a la primera semana de Julio de 2021 con mayor exceso de muertes. Esto también se evidencia como fenómenos locales como el estallido social y múltiples

manifestaciones entre mayo y junio coinciden con altos incrementos en el exceso de mortalidad y el tercer pico de mortalidad en el año 2021(65) .

Exceso de mortalidad en el Valle del Cauca y conjunto de medidas: preventivas, de movilidad y vacunación

Los resultados obtenidos indican que la implementación de medidas preventivas no farmacéuticas desempeñaron un papel clave en la reducción de la mortalidad durante la pandemia en el Valle del Cauca. Estas acciones, aunque fundamentales, deben interpretarse como parte de un enfoque integral, complementado por las estrategias de bioseguridad diseñadas e implementadas por el Ministerio de Salud y las Secretarías de Salud municipales. En particular, la adopción temprana de medidas como el aislamiento preventivo obligatorio, los toques de queda y las restricciones de movilidad para personas y vehículos demostró ser eficaz, evidenciándose una disminución en las tasas de mortalidad pocas semanas después de su implementación. Como lo expresa el estudio hecho por Patiño et al. Estos hallazgos subrayan la importancia de una respuesta oportuna y coordinada para enfrentar emergencias sanitarias, minimizando el impacto en la salud pública(66).

Esto contrasta con los hallazgos de un estudio sobre el impacto de la pandemia de COVID-19 y las políticas de respuesta en el exceso de mortalidad en Estados Unidos, que una semana después de las políticas restrictivas se encontró un aumento de 9 en la tasa de exceso de mortalidad por cada 100,000 habitantes, aunque también observó una reducción de 0.4 en la tasa de exceso al comparar entre diferentes estados (36). Otros estudios, como el de Ranan-Eliya et al. (2021), tampoco encontraron una asociación significativa entre las medidas de contención y una reducción en el riesgo de mortalidad. En este último, se utilizaron 11 variables categóricas de OxCGRT para evaluar el impacto de las intervenciones de confinamiento, sin encontrar efectos significativos (67).

Aunque se esperaba que todas las medidas preventivas contribuyeran a disminuir el riesgo de exceso de mortalidad en el año 2020, medidas como restricción de movilidad de vehículos no parecen mostrar un efecto significativo en la reducción de las tasas de exceso de mortalidad, estos hallazgos podrían reflejar como algunas de las medidas preventivas fueron más efectivas algunos momentos del tiempo y otras no tanto, similar a lo que definen el estudio Agrawal et al, los individuos que fueron más conscientes del riesgo asociado a la enfermedad cambian su comportamiento aún en la ausencia de regulaciones dadas por las gobernaciones locales, siendo los efectos de las políticas de confinamiento en algunos casos ambiguos y complejos, por tanto, el resultado tiene un componente más comportamental de los individuos y su eficacia en la respuesta en evitar la transmisión de COVID-19 (36).

El contexto económico y social del territorio ha incidido en la efectividad de la implementación de las medidas preventivas, por ejemplo, la reactivación económica se constituyó en un factor de riesgo en el año 2020, sin embargo, en el año 2021 la apertura económica según los hallazgos del modelo no constituye un riesgo en el incremento de la mortalidad que posiblemente se explique por la implementación de la vacunación a principios del año 2021. Por otro lado, el paro nacional en el mes de abril del año 2021 muestra que este fenómeno social pudo tener un efecto protector en el exceso de mortalidad, aunque el efecto

no es significativo. Las particularidades sociales y económicas de un territorio según Cantor et al. (37), definen comportamiento individual y social, y juegan un papel crucial en la contención del virus, a partir del seguimiento de datos de movilidad el estudio evidenció respuestas modestas en el distanciamiento social posterior a la implementación de medidas preventivas de mitigación, siendo los individuos más precavidos propensos a seguir las recomendaciones de confinamiento aún en la ausencia de estas políticas de restricción de movilidad (37).

Sin embargo, en los dos años analizados, la movilidad desempeñó un papel importante en la explicación del exceso de mortalidad. Los resultados indican que, en los municipios del Valle del Cauca, un mayor nivel de movilidad se asocia con un mayor riesgo de mortalidad. Este fenómeno se relaciona con el aumento observado en el riesgo de mortalidad durante 2020, especialmente vinculado al movimiento en parques, tiendas, farmacias y estaciones de tránsito, que fueron los lugares con mayor actividad durante el primer año de la pandemia. Por otro lado, se evidenció una disminución en el riesgo de mortalidad cercana al 35 % y al 16 %, respectivamente, en relación con la movilidad reportada en lugares de trabajo y zonas residenciales.

Los resultados mostraron que en seis municipios más del 50% de los registros de movilidad presentaban datos faltantes. Ante esta situación, se evaluó la representatividad de los datos disponibles en cada municipio, con el fin de identificar qué categorías podrían ser imputadas en los 20 municipios restantes sin afectar la validez de las estimaciones en la serie temporal. Las limitaciones en los datos de movilidad estuvieron asociadas, en parte, a las barreras de acceso tecnológico en comunidades ubicadas en zonas apartadas, lo que pudo haber generado una subrepresentación en la medición. Esta situación es consistente con las observaciones de Basellini et al. (10), quienes señalan que los reportes de movilidad de Google presentan limitaciones debido a la falta de transparencia en los métodos de recolección y procesamiento de datos, así como a la ausencia de información en valores absolutos. Además, estos reportes no incluyen detalles sobre variables sociodemográficas y económicas, lo que representa una restricción adicional al momento de evaluar la representatividad de los datos. Estos hallazgos son consistentes con los reportados por Basellini et al. (2020) en un estudio realizado en Inglaterra y Gales, donde las reducciones en la movilidad se asociaron con una disminución de 3.75 en la tasa de exceso de mortalidad por cada 100,000 individuos. Sin embargo, a diferencia de la presente investigación, en dicho estudio 5 de las 6 categorías de movilidad mostraron una relación significativa con la tasa de exceso de mortalidad, excepto la movilidad en parques, que no evidenció dicha asociación(10). Similar a nuestros resultados, Basellini et al. encontraron que la disminución en la movilidad en zonas residenciales se asoció con una reducción en la tasa de exceso de mortalidad(10).

En el año 2021 el riesgo de mortalidad asociado a los lugares de movilidad como parques, zonas de trabajo, zonas residenciales fue menor si se compara con el primer periodo de pandemia (año 2020). En otros lugares como estaciones de tránsito, parques y tiendas y farmacias el riesgo fue un poco mayor en el año 2020, el mayor riesgo en algunos sitios de movilidad en el segundo año de la pandemia se puede explicar por la mayor movilidad que

se dio después de que las medidas de intervención fueron más flexibles para la población en general.

La posible reducción de la movilidad durante el periodo de confinamiento se refleja en las cifras presentadas por la Secretaría de Tránsito de Cali. Según este organismo, la movilidad en las vías se redujo en un 70% durante los periodos de confinamiento debido al COVID-19. A su vez, los traumatismos por accidentes de tránsito disminuyeron en un 75% y las defunciones asociadas a estos accidentes se redujeron en un 55%. No obstante, esta última reducción fue menor en comparación con los años anteriores, lo que podría indicar un aumento en la gravedad de los accidentes de tránsito. Además, el exceso de mortalidad podría estar relacionado con el incremento de enfermedades respiratorias asociadas a complicaciones por el virus (68).

El estudio evidencia una estrecha relación entre el exceso de mortalidad y las medidas de movilidad, con una mayor capacidad explicativa del modelo en el año 2020. Estos hallazgos respaldan la hipótesis de que los cambios en la movilidad son un indicador útil para evaluar la efectividad de las intervenciones no farmacéuticas en la reducción del exceso de mortalidad. Aunque se identificaron limitaciones debido a información faltante en los datos de movilidad, los resultados están en línea con lo reportado por otros autores, como Brautner et al. (2020), quienes concluyeron que las restricciones de movilidad y las medidas de confinamiento fueron intervenciones no farmacéuticas efectivas en el contexto de la pandemia global.

Por su parte, Basellini et al. resaltaron que, pese a los desafíos asociados a la recolección de datos de movilidad, particularmente en territorios con baja cobertura de internet, estos datos, junto con las medidas de intervención complementarias, constituyeron una herramienta valiosa para monitorear los patrones de movilidad a lo largo de los diferentes momentos de la pandemia de COVID-19(10).

El estudio permitió comparar el efecto de múltiples intervenciones encontrando que en el año 2020 fueron significativas en la asociación con el exceso de mortalidad las medidas de confinamientos obligatorios como toques de queda, aislamientos preventivos obligatorios, mientras que para el 2021 la medida que tuvo mayor relación con la reducción de la movilidad fue la vacunación y otras iniciativas que propendieron a la reducción de la movilidad a inicios del año 2021. Lo observado es similar a lo encontrado en el estudio que evaluaron los efectos relativos de las intervenciones no farmacéuticas utilizando información de 130 países en la primera ola de mortalidad por COVID-19 propuesto por Stokes et al donde cierres estrictos de los lugares de trabajo estuvieron asociados con menores muertes por COVID-19 (En los primeros 24 días)-0.26 muertes por millón (95% CI -0.46 -0.05). Contrario al presente estudio donde las medidas de asociadas a cierres de escuelas y universidad no tuvieron un efecto significativo en la reducción del exceso de mortalidad, en el estudio llevado a cabo por Stokes et al., se encontró que, en una ventana de análisis más amplia en el tiempo, medidas preventivas como cierres tempranos de escuelas estuvieron asociados con reducciones por las muertes de COVID-19 de 1.23 por millón (95% CI -2.20 -0.27) (11).

El presente estudio no mostro un efecto significativo en la reducción del riesgo de mortalidad de las medidas de intervención asociadas a la restricción de eventos de aglomeración, fiestas, eventos, cierre de discotecas al ajustar el modelo con las variables de tasa vacunación y el indicador de movilidad, sin embargo se observaron que indirectamente otras variables preventivas asociadas a la aglomeración de personas como restricción de movilidad de vehículos y personas, la restricción de horarios en atribuciones legales policía y tránsito, y la prohibición de bebidas alcohólicas en espacios públicos contribuyeron a la reducción del riesgo de exceso de mortalidad en los dos años analizados. Lo anterior se encuentra acorde con los hallazgos del estudio de Stokes et al., en donde a pesar de que la restricción de aglomeraciones de más de 10 personas no fue significativa en el análisis primario, el análisis de robustez mostró que entre los 14-38 días las restricciones de aglomeración estuvieron asociadas con ligeras reducciones en la mortalidad por COVID-19 (11).

La vacunación mostró una asociación negativa con las tasas de exceso de mortalidad, indicando que por cada cambio en la desviación estándar de la tasa de vacunación, se observó una disminución del 31 % en la tasa de exceso de mortalidad. Además, la relación fue positiva en términos del efecto protector de la vacunación en la mortalidad municipal, es decir, a mayor cobertura de vacunación, mayor fue el efecto protector observado.

Estudios realizados en la ciudad de Cali también evidencian el impacto positivo de la vacunación en la mortalidad durante dos momentos clave de la pandemia: la segunda ola (13 de diciembre de 2020 a febrero de 2021) y la cuarta ola (28 de diciembre de 2021 a 31 de enero de 2022). Durante el período de mayor cobertura de vacunación, las muertes registradas en la cuarta ola (2,004) fueron significativamente menores en comparación con la segunda ola (3,763) (71). Según otros autores, esta reducción en la mortalidad se atribuye a estrategias de salud pública como la vacunación masiva, los confinamientos preventivos y la detección temprana de casos, que contribuyeron a mitigar el impacto de los picos más altos de la pandemia en Colombia (72).

Adicionalmente, el mismo estudio reportó que el 60 % de las muertes ocurridas durante la cuarta ola correspondieron a individuos no vacunados (72), siendo estos predominantemente personas de mayor edad o con comorbilidades, lo que refuerza la importancia de la vacunación en la protección de las poblaciones más vulnerables. (69)(73).

Uno de los principales desafíos metodológicos identificados en este estudio es la potencial presencia de una *falacia ecológica*, derivada del hecho de que la unidad de análisis utilizada corresponde a tasas agregadas a nivel grupal, y no a datos individuales. Si bien el desenlace se mide como variación en la tasa de mortalidad o en el número total de muertes, esto no necesariamente permite hacer inferencias válidas sobre el riesgo individual de los sujetos expuestos a las intervenciones. Tal como lo señala la revisión sistemática realizada por Mahara et al. (2022) (71), muchos estudios espaciales y espaciotemporales en el contexto del COVID-19 han incurrido en limitaciones similares al no considerar adecuadamente la estructura jerárquica de los datos o la necesidad de incorporar modelos que reconozcan la naturaleza agrupada de los casos.

En el presente análisis, el modelo estadístico empleado no contempló explícitamente la agregación espacial de los casos ni aplicó técnicas de suavizamiento o modelado jerárquico que permitan distinguir entre variaciones reales y aquellas atribuibles al azar en áreas con baja densidad poblacional o bajo conteo de eventos. Esta omisión puede afectar la validez de los resultados, especialmente en áreas con pocas observaciones.

6.2 Fortalezas y limitaciones del estudio

Fortalezas

La principal fortaleza del estudio fue contar con múltiples fuentes de datos como bases de datos actualizadas proporcionadas por la Secretaria Departamental de Salud del Valle, estas fueron consolidadas cruzando reportes del registro civil de los hechos vitales y el registro de cadáveres estudiados por el instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses garantizando información consolidada con criterios robustos y que proporcionaron variables sociodemográficas y clínicas como las causas de muerte, sexo, edad y estado civil entre otras, siendo el principal insumo para la consolidación y monitoreo de la mortalidad que permitió transformar la información para la construcción de indicadores de exceso de mortalidad.

También se destaca el uso de otras fuentes secundarias como la información del Censo Poblacional del Departamento Nacional de Estadística (DANE) para evaluar las características sociodemográficas de los municipios analizados. Adicionalmente, se construyó una matriz de datos de intervenciones información recogida a través de un cuestionario estilo Google Forms que demandó el procesamiento de alrededor 900 decretos, resoluciones y circulares emitidas por los gobiernos locales en los años 2020 y 2021 que sirven de insumo para el ajuste de modelos utilizando cada una de las medidas como covariables, y de esta forma comprender el impacto de las intervenciones en la mortalidad.

Una de las principales fortalezas de este estudio es la aplicación de metodologías de vanguardia, como el uso de modelos generalizados, que ofrecen flexibilidad para ajustar múltiples distribuciones de probabilidad, incluidas Poisson, Quasipoisson y Binomial Negativa. Estos modelos fueron fundamentales para la estimación de la mortalidad esperada y, en consecuencia, del exceso de mortalidad, permitiendo incorporar covariables de suavización y la interpolación de la población expuesta. Este enfoque metodológico permitió un análisis detallado por departamento y municipios, desglosado por semanas epidemiológicas, lo que aporta mayor precisión y robustez a los resultados.

La utilización de diferentes métodos para estimar la mortalidad esperada permitió identificar cuáles de ellos tienden a sobreestimar o subestimar el exceso de mortalidad en algunos municipios. Esto se logró mediante la comparación de las tasas de mortalidad por todas las

causas y por COVID-19, así como mediante la evaluación de la mortalidad esperada bajo escenarios de incertidumbre utilizando intervalos de confianza.

Además, una de las ventajas del estudio fue contar con diversas aproximaciones tanto para la estimación del exceso de mortalidad a nivel departamental como municipal, las cuales fueron frecuentemente empleadas durante la pandemia por el Ministerio de Salud y diferentes institutos de salud a nivel internacional. Este enfoque asegura que las metodologías utilizadas, alineadas con el estado del arte, produzcan resultados reproducibles y confiables para la investigación.

Aunque se observa que los valores de exceso basados en el promedio histórico tienden a ser más altos, las estimaciones se encuentran dentro de los rangos esperados para los diferentes modelos calculados, con un nivel de confianza del 95 %. Los valores más elevados en los promedios históricos pueden explicarse por la sensibilidad a valores extremos y fenómenos de estacionalidad en las muertes de años anteriores, especialmente aquellas atribuibles a causas de mortalidad frecuentes en la región, como muertes por causas externas, homicidios y otras causas que incrementaron significativamente las cifras de mortalidad en períodos previos. Esto ocasionó que la mortalidad esperada bajo un escenario sin pandemia fuese mayor a la observada durante el periodo pandémico.

La implementación de métodos multivariados robustos para evaluar el exceso de mortalidad en función de diversas intervenciones en salud pública, como las tasas de vacunación, la movilidad y medidas preventivas (aislamientos obligatorios y toques de queda), permite obtener una visión integral de los eventos ocurridos durante la pandemia. Este enfoque estadístico facilita la identificación y comprensión de las medidas que tuvieron un mayor impacto en la mortalidad, a través del análisis de su significancia estadística y una interpretación contextual adecuada.

Limitaciones

En el presente estudio se utilizó un modelo ecológico basado en mediciones agregadas de las tasas de mortalidad y los indicadores de movilidad, vacunación e intervenciones, desglosados por semana epidemiológica en cada municipio. Sin embargo, este nivel de agregación no permite establecer relaciones causales, sino identificar posibles asociaciones y efectos generales de las medidas implementadas sobre la mortalidad a nivel global en el departamento del Valle del Cauca. Además, no fue posible determinar asociaciones específicas a nivel individual para cada municipio, lo que representa una limitación del enfoque empleado.

Un posible sesgo de información en el estudio radica en el desconocimiento o la falta de precisión del médico al registrar la causa de mortalidad, lo que podría haber llevado a una subestimación en los reportes de vigilancia epidemiológica. Además, es posible que algunas muertes por COVID-19 se hayan confundido con otras causas, como neumonía, enfermedades pulmonares o condiciones crónicas, especialmente en casos donde no se

siguieron los protocolos de diagnóstico específicos para COVID-19. Este subregistro podría haberse dado, en parte, por saltarse pasos en los procedimientos asociados al registro de la enfermedad, lo que habría contribuido a una posible subestimación en la identificación de casos.

Pueden presentarse sesgos de información en los casos en los que la causa directa de muerte reportada en las bases de datos institucionales fue asociada erróneamente a COVID-19, cuando en realidad la causa de muerte estaba relacionada con otra patología no vinculada al virus. De igual manera, en los casos donde la causa de muerte no fue clara y no se clasificó como COVID-19, estos registros pueden afectar los estimados de mortalidad por COVID-19 en relación con la mortalidad general. Este sesgo podría tener un impacto significativo en las decisiones tomadas por las autoridades encargadas de la gestión sanitaria.

A pesar de los posibles sesgos, se intentaron corregir mediante el uso de diversas fuentes de información institucionales. Por ejemplo, se evaluaron las cifras reportadas utilizando diferentes criterios de aproximación a la base de datos. El primer criterio consideró las causas de mortalidad etiquetadas como COVID-19, incluyendo "virus identificado", "virus no identificado" y "síndrome inflamatorio multisistémico asociado a COVID-19", con cifras que ascendieron a 4.728 y 9.303 muertes en los años 2020 y 2021, respectivamente. Estas cifras fueron comparadas con los datos de la base de mortalidad por COVID-19 confirmados, encontrando una aproximación similar, aunque ligeramente superior, con 4.391 y 8.913 muertes reportadas para esos mismos años.

Además, los registros de movilidad presentaron más del 50% de datos faltantes en seis municipios, y en otros 15 no se reportaron datos. Esta situación se atribuye, en parte, a la falta de acceso tecnológico en zonas apartadas, lo que pudo haber generado una subrepresentación en la medición. Asimismo, los reportes de Google carecen de detalles sobre los métodos de recolección de información y no incluyen variables sociodemográficas clave, lo que limita la posibilidad de evaluar adecuadamente la representatividad de los datos. Una de las limitaciones evidentes en el estudio fue la dificultad en el procesamiento de información textual proveniente de decretos, circulares y resoluciones relacionadas con las medidas implementadas por los gobiernos locales para controlar la pandemia. En muchas de las secretarías municipales, la información fue digitalizada mediante escáner, lo que generó dificultades en la captura y procesamiento de los datos necesarios para la generación de las bases de datos. Como resultado, se recurrió a la extracción de la información de la reglamentación mediante cuestionarios, con el fin de garantizar la disponibilidad de los datos en un formato adecuado para su inclusión en la base de datos, la cual sirvió como insumo para el análisis y la definición de las variables relacionadas con las medidas preventivas.

Una limitación importante del estudio fue que los reportes de vacunación proporcionados por la Secretaría Departamental de Salud no estaban organizados en el formato de metadatos requerido. Como resultado, fue necesario realizar una transformación adicional para asegurar la calidad de la información. Este proceso generó un retraso en la entrega de los datos, lo que

a su vez incrementó el tiempo de procesamiento y afectó el cronograma de la organización, posponiendo tanto la entrega de la información como el desarrollo del proyecto de investigación.

Una limitación del estudio es el posible riesgo de incurrir en una falacia ecológica al identificar asociaciones entre variables sociodemográficas a nivel agregado, las cuales no necesariamente se correlacionan con las tasas de mortalidad por todas las causas y por COVID-19. Además, no se dispone de información actualizada de algunas variables sociodemográficas de los municipios para los años 2020 y 2021, sino únicamente de los datos disponibles en los ASIS de cada municipio. Por este motivo, se optó por utilizar la información censal proporcionada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), correspondiente al censo de 2018, que es la última fecha en la que se realizó un censo en el país. De este modo, se garantizó contar con información a nivel municipal respecto a las características sociodemográficas.

Se identificaron vacíos de información en los datos de movilidad, especialmente en las categorías de estaciones de tránsito, con un 84% de datos faltantes, seguidas por tiendas y farmacias con un 63,36%, ventas y recreación con un 58,76%, y zonas residenciales con un 56,78%. Tras la imputación de los datos faltantes, los porcentajes se redujeron a un 62% para estaciones de tránsito, 42,56% para tiendas y farmacias, y 49,93% para zonas residenciales. Además, se presentó un subregistro en algunos municipios, con datos disponibles únicamente para 2 de ellos. Este déficit de información limita la capacidad de establecer relaciones causales en todos los municipios, dificultando la interpretación de la relación entre movilidad y exceso de mortalidad.

Se identificaron variables confusoras que estuvieron fuera del alcance del estudio, como la adherencia a las medidas no farmacológicas y el acceso a los servicios de atención en salud por parte de personas con enfermedades crónicas. Estos factores pudieron contribuir significativamente al exceso de mortalidad observado, pero no fue posible cuantificar su impacto dentro del presente análisis. Igualmente el impacto en la prevalencia de enfermedades crónicas a nivel poblacional.

Adicionalmente, es importante reconocer que la inferencia generada a partir de los resultados podría estar fuertemente influenciada por la dinámica epidemiológica de Cali, dado que esta ciudad concentró una proporción significativa de las muertes observadas en el periodo de análisis. Esto implica que, aunque el modelo haya sido aplicado a un conjunto de áreas geográficas, la magnitud del efecto y las asociaciones observadas pueden estar sesgadas hacia el comportamiento de la pandemia en Cali, limitando la generalización de los hallazgos a otros territorios.

Futuros análisis deberían considerar modelos multinivel o bayesianos jerárquicos que permitan integrar adecuadamente la variabilidad entre unidades territoriales y evitar inferencias erróneas a partir de datos ecológicos. Asimismo, sería recomendable aplicar métodos de descomposición que permitan discernir la contribución de cada región al patrón general observado y evaluar si los efectos observados se mantienen cuando se excluyen territorios con alto peso estadístico.

La inmunidad de rebaño fue un concepto clave en el manejo de la COVID-19, generando debate sobre su impacto en la historia natural de la pandemia. En teoría, podía reducir la transmisión del virus al alcanzar cierto nivel de inmunidad poblacional. No obstante, factores como variantes más contagiosas, inmunidad limitada y desigual acceso a vacunas dificultaron su efectividad. Aunque ayudó a reducir la carga de enfermedad en algunos casos, no fue suficiente por sí sola. Su impacto fue parcial y dependiente del contexto social y epidemiológico.

6.3 Implicaciones clínicas y en salud pública

Los hallazgos del estudio destacan la importancia de explorar diversas metodologías para estimar el exceso de mortalidad, utilizando modelos de regresión ajustados por población y semanas epidemiológicas. Este enfoque proporciona a la comunidad académica y a los responsables de la toma de decisiones en salud pública una base sólida de datos, permitiéndoles evaluar retrospectivamente, a la luz de la información disponible, la relación entre mortalidad y las medidas preventivas implementadas para controlar la pandemia a nivel local. La realización de este tipo de estudios es crucial, ya que combina múltiples metodologías estadísticas ampliamente utilizadas y promovidas por instituciones nacionales e internacionales, como el Instituto Nacional de Salud y los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) en Estados Unidos.

Este tipo de estudios cobra relevancia al recopilar toda la información secundaria disponible durante la pandemia, obtenida mediante contactos con la Secretaría de Salud Departamental, así como los esfuerzos para acceder a datos actualizados sobre vacunación y la recopilación exhaustiva de decretos y medidas adoptadas por las Secretarías de Salud Municipales. Esta información no solo estará disponible para los tomadores de decisiones en salud, sino también para la comunidad académica en general, lo que resulta crucial al contar con datos actualizados que contribuyen a la suma de esfuerzos para seguir investigando los efectos de la pandemia en el departamento del Valle del Cauca.

El presente análisis constituye una herramienta clave para fortalecer los procesos de formulación de políticas en salud, enfocadas en el control de futuras pandemias que puedan afectar la región y el país. Su objetivo es identificar, a través del análisis del exceso de mortalidad y las medidas implementadas por los gobiernos locales, aquellas estrategias con mayor impacto en el control de la mortalidad durante los dos años de la pandemia de COVID-19. Este enfoque complementa y respalda los estudios realizados por las secretarías de salud departamentales y los centros de investigación en salud.

Tomar decisiones informadas y oportunas fue fundamental para los gobiernos locales durante la pandemia de COVID-19. La implementación de medidas preventivas implicó un gran esfuerzo tanto de la comunidad como de los gobiernos, quienes tuvieron que adaptarse a nuevas rutinas de vida, marcadas por las profundas desigualdades en nuestra región y las dificultades económicas que enfrentaba la población para asegurar su sustento mientras cumplía con lo estipulado en los decretos. A pesar de las adversidades sociales que atravesó

la población para garantizar la subsistencia de sus familias, es importante resaltar que las medidas deben ir acompañadas de incentivos económicos dirigidos a las poblaciones más vulnerables, para que estas sean más efectivas a largo plazo.

En línea con la preservación de la vida, el proyecto promueve el fortalecimiento de las medidas implementadas ante posibles escenarios de futuras pandemias, considerando factores como la informalidad y otras variables que influyen en su cumplimiento efectivo. El estudio logró identificar, mediante un enfoque estadístico, el impacto de las medidas preventivas adoptadas por los gobiernos locales en el exceso de mortalidad durante la pandemia de COVID-19 en el Valle del Cauca, en el periodo 2020-2021. Los resultados indican que estas medidas fueron eficaces en el control de la mortalidad, generando un beneficio colectivo para la comunidad, como lo han demostrado diversos estudios tanto a nivel regional como global.

6.4 Estudios futuros

El efecto de las medidas de restricción de movilidad y aislamiento preventivo obligatorio mostró una tendencia hacia la reducción de la mortalidad. Sin embargo, no se pudo determinar con claridad el impacto específico de cada medida en cada municipio. En este sentido, se sugiere realizar análisis más detallados de las medidas preventivas individuales, evaluando su contribución diferencial en cada municipio mediante modelación de variables a nivel espacial. Este tipo de trabajo podría llevarse a cabo a nivel local, en colaboración con las secretarías de salud municipales, universidades e institutos de investigación en salud.

Si bien la movilidad se correlacionó positivamente con la mortalidad y los métodos de imputación utilizados intentaron corregir el problema de los datos faltantes en algunos municipios, se recomienda explorar métodos multivariados más robustos para la imputación de datos. Esto permitiría mejorar la calidad de los datos analizados y, en consecuencia, obtener un ajuste más preciso en los modelos de regresión.

Se recomienda seguir evaluando otros métodos de investigación que permitan estimar un valor pronóstico de la mortalidad esperada y complementen los métodos propuestos para la estimación del exceso de mortalidad en el Valle de Cauca.

En el estudio se incluyen variables sociodemográficas para tratar de explicar las tasas de mortalidad observada. Sin embargo, se propone seguir avanzando en la exploración de modelos estadísticos que permitan comprender los comportamientos atípicos de diferentes epidemias, como estacionalidades, covariables que incluyan factores contextuales como confianza en los gobiernos, externalidades sociales y económicas que influyan en la variación y comportamiento de la mortalidad.

7 Conclusiones

1. Los hallazgos del estudio destacan que las variables sociodemográficas, como las tasas de informalidad, la dependencia económica y las oportunidades de empleo estable, tienen una relación significativa con la mortalidad en los municipios del Valle del Cauca. Estas condiciones reflejan desigualdades estructurales, vinculadas a factores como el bajo logro educativo, el analfabetismo y los altos índices de pobreza multidimensional, lo que subraya la importancia de abordar estas brechas sociales para mejorar los resultados en salud y reducir las desigualdades en contextos de crisis sanitaria.
2. El análisis comparativo entre municipios reveló una notable variabilidad en barreras al acceso a la salud y fuentes de agua mejorada. Municipios con mejor infraestructura y conectividad, como Cali, Palmira y Jamundí, presentaron menores niveles de hacinamiento crítico y bajo logro educativo, mientras que otros, como El Dovio, Argelia y Buenaventura, evidenciaron mayores niveles de privación.
3. El exceso de mortalidad mostró un marcado incremento con la edad, siendo significativamente mayor en hombres a partir de los 75 años. En el grupo de mayores de 85 años, las tasas en hombres casi duplicaron las de las mujeres, alcanzando máximos de 30 fallecimientos por cada 1,000 hombres y 18 fallecimientos por cada 1,000 mujeres.
4. Los estimados de exceso de mortalidad en el departamento del Valle del Cauca muestran una contribución positiva cercana al 36% del total de muertes, una cifra ligeramente superior a la contribución del exceso de mortalidad en todo el país, que fue del 27.5%, según el INS.
5. Los resultados destacan la importancia de una respuesta temprana y coordinada, complementada por otras medidas de bioseguridad promovidas por el Ministerio de Salud y las Secretarías de Salud municipales, para mitigar el exceso de mortalidad en situaciones de crisis sanitaria.
6. El éxito de la estrategia de vacunación contra el COVID-19 en el Valle del Cauca, particularmente en Cali, demuestra el impacto positivo que puede tener una planificación oportuna y una ejecución eficiente en la salud pública.

Los resultados están en línea con lo reportado por otros autores, las restricciones de movilidad y las medidas de confinamiento fueron intervenciones no farmacéuticas efectivas en el contexto de la pandemia global.

7. Se logró establecer relación significativa entre el exceso de mortalidad y medidas preventivas como aislamientos preventivos obligatorios, toques de queda, restricciones de horarios por policía y tránsito, restricción de consumo de bebidas alcohólicas en espacios públicos. También se comprobó una reducción significativa el exceso de la mortalidad debido a las intervenciones relacionadas con la movilidad y vacunación contra el COVID – 19.

8 Recomendaciones

Se sugiere a las Secretarías de Salud de los municipios continuar con la implementación de medidas tempranas como aislamientos preventivos alternados debido a que resultan ser efectivos para el control de futuras epidemias. Sin embargo, acompañar estas medidas con incentivos económicos podría resultar más efectivo teniendo en cuenta el alto grado de la informalidad y condiciones de hacinamiento crítico en algunos municipios del Valle del Cauca sobre todo aquellos más alejados de las áreas urbanas.

Se sugiere seguir fortaleciendo y promoviendo campañas de autocuidado en cada una de las secretarías de salud municipales en la población con mayor exposición al riesgo de infección pues es notable como la rigurosidad en las medidas preventivas al inicio de la pandemia tuvo un efecto significativo en la reducción de tasas de exceso de mortalidad en el departamento del Valle del Cauca.

Se recomienda a las instituciones y entes gubernamentales continuar monitoreando estadísticas de mortalidad y sistematizando los procesos de recolección de normativas que permitan analizar de manera oportuna y en tiempo real como es efecto de las medidas con metodologías geoespaciales que permitan la construcción de visores geoespaciales de la información.

Se recomienda realizar análisis de sensibilidad de los modelos con el fin de seleccionar la mejor combinación de parámetros. Aunque en este trabajo se llevó a cabo un análisis de sensibilidad para determinar el número de semanas de rezago en que la movilidad impacta la mortalidad, se sugiere que investigaciones futuras empleen modelos que incorporen técnicas de remuestreo para una mayor robustez en los resultados. Para futuros estudios se recomienda mejoras en la recolección de datos de medidas preventivas en los procesos de organización interna de la recolección de la información en las secretarías municipales de salud que son necesarios para la toma de decisiones en salud pública. En el subregistro de muertes se plantea una mejor identificación por parte del personal médico en el registro de los certificados de defunción y que evita posibles errores de subregistro o mala clasificación.

Adicional a las medidas preventivas en el estudio se recomienda utilizar otras variables complementarias como el nivel de corrupción en la región, la capacidad de respuesta en salud medidos a través del personal médico, camas disponibles y otros recursos de salud que pueden ser obtenidas de otros estudios y que complementen los resultados obtenidos que expliquen el exceso de mortalidad.

Se recomienda a la academia que, dentro de sus programas de salud pública y epidemiología, implementen capacitaciones sobre el uso de modelos lineales generalizados mixtos y multivariantes, enfocados en la evaluación de intervenciones. Además, se sugiere desarrollar investigaciones con modelos predictivos bajo escenarios de incertidumbre, que no se abordan en este estudio, para evaluar el efecto de covariables utilizando modelos espaciales temporales bayesianos. Un ejemplo de esto es el estudio realizado en Costa Rica, que emplea covariables medioambientales y sociales para predecir la cantidad de muertes por COVID-19. (72).

Durante la pandemia, los modelos de evaluación de intervenciones en salud pública se enfocaron principalmente en medir resultados a corto plazo, utilizando indicadores como el exceso de mortalidad. Sin embargo, en el caso de las enfermedades crónicas no transmisibles, es fundamental realizar un seguimiento a largo plazo de indicadores como la incidencia y prevalencia de la enfermedad, las tasas de hospitalización, el control de factores de riesgo y la calidad de vida de los pacientes.

Asimismo, es crucial incorporar variables contextuales y socioeconómicas que afectan tanto la adherencia al tratamiento como la efectividad de las intervenciones. Para avanzar en la evaluación de estos programas, resulta pertinente adaptar modelos con enfoques multidisciplinarios e integrales, como los implementados en países como México y Venezuela a través de los programas REDUCE y HEARTS, respectivamente.

El programa REDUCE, por ejemplo, ha demostrado una reducción significativa en niveles de glucosa y presión arterial, así como una menor dependencia de medicamentos, mediante un enfoque educativo y personalizado desde la atención primaria (González-Domínguez et al., 2024)(73). Por su parte, la iniciativa HEARTS en una comunidad rural de Venezuela logró que el 92% de los pacientes con hipertensión accedieran al tratamiento y el 52% alcanzaran metas de control en solo cuatro meses, evidenciando la eficacia de protocolos estandarizados en contextos con limitaciones de recursos (López-González et al., 2024)(74). Estas experiencias ofrecen valiosas lecciones para adaptar modelos de evaluación a las realidades de las enfermedades crónicas, considerando tanto los determinantes sociales como la continuidad del cuidado.

Una de las principales limitaciones en estudios que evalúan el impacto de intervenciones en salud pública y exceso de mortalidad, como el desarrollado para el Valle del Cauca durante los años 2020 y 2021, es la calidad heterogénea de los datos, especialmente en municipios con menor capacidad institucional. Para minimizar problemas como el subregistro de muertes o la ausencia de información sobre medidas preventivas locales, es fundamental fortalecer los sistemas de vigilancia epidemiológica, promoviendo la integración en tiempo real de bases de datos de mortalidad con registros administrativos de salud pública. Adicionalmente,

el uso de metodologías de triangulación de fuentes, como combinar registros civiles, bases de datos del sistema de salud (RIPS), y reportes comunitarios, puede mejorar la cobertura y precisión de los datos. Otra estrategia recomendable es el uso de técnicas estadísticas de imputación múltiple o modelos bayesianos espaciales para ajustar por subregistro en contextos con información incompleta. Finalmente, fomentar la recolección estandarizada de indicadores de intervención a nivel municipal, mediante instrumentos digitales o formularios estructurados interoperables, contribuiría a generar evidencia más robusta y representativa en futuros estudios.

9 Bibliografía

1. How epidemiology has shaped the COVID pandemic. *Nature*. enero de 2021;589(7843):491-2.
2. Xylogiannopoulos KF, Karampelas P, Alhaji R. COVID-19 pandemic spread against countries' non-pharmaceutical interventions responses: a data-mining driven comparative study. *BMC Public Health*. 1 de septiembre de 2021;21(1):1607.
3. Flaxman S, Mishra S, Gandy A, Unwin HJT, Mellan TA, Coupland H, et al. Estimating the effects of non-pharmaceutical interventions on COVID-19 in Europe. *Nature*. agosto de 2020;584(7820):257-61.
4. Johns Hopkins Coronavirus Resource Center [Internet]. [citado 12 de diciembre de 2024]. COVID-19 Map. Disponible en: <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>
5. Studocu [Internet]. [citado 12 de diciembre de 2024]. Vigilancia demografica mortalidad covid 19 colombia 2020 - VIGILANCIA DEMOGRÁFICA DE LA MORTALIDAD. Disponible en: <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-catolica-de-cuenca/epidemiologia/vigilancia-demografica-mortalidad-covid-19-colombia-2020/67171207>
6. De la Hoz-Restrepo F, Alvis-Zakzuk NJ, De la Hoz-Gomez JF, De la Hoz A, Gómez Del Corral L, Alvis-Guzmán N. Is Colombia an example of successful containment of the 2020 COVID-19 pandemic? A critical analysis of the epidemiological data, March to July 2020. *Int J Infect Dis*. 1 de octubre de 2020;99:522-9.
7. ¡Adiós tapabocas al aire libre! Cali alcanzó la meta del 70% de esquemas completos contra el covid-19 [Internet]. [citado 12 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://www.cali.gov.co/publicaciones/167425/adios-tapabocas-al-aire-libre-cali-alcanzo-la-meta-del-70-de-esquemas-completos-contr-el-covid-19/>
8. Ebrahim Shaik Md, Ahmed S. An overview of the impact of COVID-19 on road traffic safety and travel behavior. *Transp Eng*. 1 de septiembre de 2022;9:100119.
9. Reger MA, Stanley IH, Joiner TE. Suicide Mortality and Coronavirus Disease 2019—A Perfect Storm? *JAMA Psychiatry*. 1 de noviembre de 2020;77(11):1093-4.
10. Basellini U, Alburez-Gutierrez D, Del Fava E, Perrotta D, Bonetti M, Camarda CG, et al. Linking excess mortality to mobility data during the first wave of COVID-19 in England and Wales. *SSM - Popul Health*. 1 de junio de 2021;14:100799.
11. Stokes J, Turner AJ, Anselmi L, Morciano M, Hone T. The relative effects of non-pharmaceutical interventions on wave one Covid-19 mortality: natural experiment in 130 countries. *BMC Public Health*. 3 de junio de 2022;22(1):1113.
12. Elharake JA, Shafiq M, McFadden SM, Malik AA, Omer SB. The Association of Coronavirus Disease 2019 Risk Perception, County Death Rates, and Voluntary Health Behaviors Among United States Adult Population. *J Infect Dis*. 15 de febrero de 2022;225(4):593-7.

13. Cantor J, Sood N, Bravata DM, Pera M, Whaley C. The impact of the COVID-19 pandemic and policy response on health care utilization: Evidence from county-level medical claims and cellphone data. *J Health Econ.* marzo de 2022;82:102581.
14. Actualización Epidemiológica: Enfermedad por coronavirus (COVID-19) - 2 de diciembre de 2021 - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud [Internet]. 2021 [citado 12 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/documentos/actualizacion-epidemiologica-enfermedad-por-coronavirus-covid-19-2-diciembre-2021>
15. Epidemic Diseases - Cumulative suspected and confirmed COVID-19 cases reported by countries and territories in the Americas [Internet]. [citado 14 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://ais.paho.org/phil/viz/COVID19Table.asp>
16. valle G del. Gobernación del valle. [citado 14 de diciembre de 2024]. Boletines Covid-19 Año 2021. Disponible en: <https://www.valledelcauca.gov.co/documentos/13020/boletines-covid-19-ano-2021/>
17. valle G del. Gobernación del valle. [citado 14 de diciembre de 2024]. Proyecciones casos Covid-19 en el Valle del Cauca. Disponible en: <https://www.valledelcauca.gov.co/documentos/12274/proyecciones-casos-covid-19-en-el-valle-del-cauca/>
18. Lima E, Vilela E, Peralta A, Rocha MG, Queiroz BL, Gonzaga MR, et al. Exploring excess of deaths in the context of covid pandemic in selected countries of Latin America. *OSF Prepr* [Internet]. 24 de junio de 2020 [citado 14 de diciembre de 2024]; Disponible en: <https://ideas.repec.org/p/osf/osfxxx/xhkp4.html>
19. Caribe CE para AL y el. La desigualdad social frente al COVID-19 en el Área Metropolitana de Santiago (Chile) [Internet]. Comisión Económica para América Latina y el Caribe; 2021 [citado 14 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46553-la-desigualdad-social-frente-al-covid-19-area-metropolitana-santiago-chile>
20. Caribe CE para AL y el. Mortalidad por COVID-19 y las desigualdades por nivel socioeconómico y por territorio [Internet]. Comisión Económica para América Latina y el Caribe; [citado 14 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/enfoques/mortalidad-covid-19-desigualdades-nivel-socioeconomico-territorio>
21. Caribe CE para AL y el. Los impactos sociodemográficos de la pandemia de COVID-19 en América Latina y el Caribe [Internet]. Comisión Económica para América Latina y el Caribe; 2022 [citado 14 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/47922-impactos-sociodemograficos-la-pandemia-covid-19-america-latina-caribe>
22. Ramírez-Soto MC, Ortega-Cáceres G, Arroyo-Hernández H. Sex differences in COVID-19 fatality rate and risk of death: An analysis in 73 countries, 2020-2021. *Infez Med.* 2021;29(3):402-7.
23. Cortés AE, García-Ubaque JC, Becerra CE. Comportamiento por sexo y género de la pandemia de COVID-19 en Colombia. *Rev Salud Pública.* 3 de febrero de 2023;22:575-81.

24. Equipo de Vigilancia en Salud Pública, Secretaría Departamental de Salud, Valle del Cauca. BOLETÍN SEMANAL 72 COVID-19 VALLE DEL CAUCA (enero de 2020 – octubre 29 de 2021) [Internet]. Disponible en:
<https://www.valledelcauca.gov.co/loader.php?lServicio=Tools2&lTipo=viewpdf&id=57803>
25. Equipo de Vigilancia en Salud Pública, Secretaría Departamental de Salud, Valle del Cauca. BOLETÍN SEMANAL 59 COVID-19 VALLE DEL CAUCA (enero de 2020 – julio 30 de 2021) [Internet]. Disponible en:
<https://www.valledelcauca.gov.co/loader.php?lServicio=Tools2&lTipo=viewpdf&id=52749>
26. COVID-19 National Preparedness Collaborators. Pandemic preparedness and COVID-19: an exploratory analysis of infection and fatality rates, and contextual factors associated with preparedness in 177 countries, from Jan 1, 2020, to Sept 30, 2021. *Lancet Lond Engl*. 16 de abril de 2022;399(10334):1489-512.
27. Mofijur M, Fattah IMR, Alam MA, Islam ABMS, Ong HC, Rahman SMA, et al. Impact of COVID-19 on the social, economic, environmental and energy domains: Lessons learnt from a global pandemic. *Sustain Prod Consum*. abril de 2021;26:343-59.
28. Sierra Lara Y. Factores sociales y económicos asociados con la mortalidad por COVID-19 en las américas. *Tlatemoani Rev Académica Investig*. 2023;14(42):192-214.
29. Chaparro P, Zapata H, Hurtado I, Alzate A, Lesmes MC, Herrera S. COVID-19 trends in Colombian regions with the highest disease burden [Internet]. *medRxiv*; 2020 [citado 14 de diciembre de 2024]. p. 2020.10.09.20210187. Disponible en:
<https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.10.09.20210187v1>
30. Moreno-Iribas C, Floristan Y, Iniesta I, Ardanaz E, Guevara M, Delfrade J. Exceso de mortalidad, mortalidad por COVID-19 y por otras causas en el año 2020 en Navarra, España. *An Sist Sanit Navar*. 45(3):e1018.
31. Benavides FG, Vives A, Zimmerman M, Silva-Peñaherrera M. Exceso de mortalidad en población en edad de trabajar en nueve países de Latinoamérica, año 2020. *Rev Panam Salud Pública*. 28 de abril de 2023;46:e75.
32. Ministerio de Salud y Protección Social. MORTALIDAD EN COLOMBIA PERIODO 2020-2021 [Internet]. Disponible en:
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/GCFI/mortalidad-colombia-periodo-2020-2021.pdf>
33. Boletín interactivo [Internet]. [citado 15 de diciembre de 2024]. Disponible en:
<https://www.ins.gov.co/Direcciones/ONS/Boletin%2022/index.html#>
34. Oliveros SAG, Correa ALZ, Perea J de DV. Exceso de mortalidad por todas las causas en el marco de la pandemia por COVID-19 en el Valle del Cauca, 2020. *Rev Científica Salud Uninorte*. 23 de agosto de 2022;38(2):386-401.
35. Ferguson N, Laydon D, Nedjati Gilani G, Imai N, Ainslie K, Baguelin M, et al. Report 9: Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID19 mortality and healthcare demand

- [Internet]. 20. 2020 mar [citado 15 de diciembre de 2024]. Disponible en:
<http://spiral.imperial.ac.uk/handle/10044/1/77482>
36. Agrawal V, Cantor JH, Sood N, Whaley CM. The Impact of the COVID-19 Pandemic and Policy Responses on Excess Mortality [Internet]. National Bureau of Economic Research; 2021 [citado 16 de diciembre de 2024]. (Working Paper Series). Disponible en:
<https://www.nber.org/papers/w28930>
 37. Cantor J, Sood N, Bravata DM, Pera M, Whaley C. The impact of the COVID-19 pandemic and policy response on health care utilization: Evidence from county-level medical claims and cellphone data. *J Health Econ* [Internet]. 1 de marzo de 2022 [citado 15 de diciembre de 2024];82:102581. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167629622000017>
 38. Columbia University Mailman School of Public Health [Internet]. 2021 [citado 4 de marzo de 2025]. Epidemic, Endemic, Pandemic: What are the Differences? Disponible en:
<https://www.publichealth.columbia.edu/news/epidemic-endemic-pandemic-what-are-differences>
 39. Prabhu SR. Infectious and Communicable Diseases: An Overview. En: Prabhu SR, editor. *Textbook of General Pathology for Dental Students* [Internet]. Cham: Springer Nature Switzerland; 2023 [citado 15 de diciembre de 2024]. p. 63-72. Disponible en:
https://doi.org/10.1007/978-3-031-31244-1_9
 40. Principles of Epidemiology | Lesson 1 - Section 10 [Internet]. 2023 [citado 15 de diciembre de 2024]. Disponible en:
https://archive.cdc.gov/www_cdc_gov/csels/dsepd/ss1978/lesson1/section10.html
 41. Tsui BCH, Deng A, Pan S. Coronavirus Disease 2019: Epidemiological Factors During Aerosol-Generating Medical Procedures. *Anesth Analg*. 16 de junio de 2020;10.1213/ANE.0000000000005063.
 42. Meyerowitz EA, Richterman A, Gandhi RT, Sax PE. Transmission of SARS-CoV-2: A Review of Viral, Host, and Environmental Factors. *Ann Intern Med*. 19 de enero de 2021;174(1):69-79.
 43. Mehraeen E, Salehi MA, Behnezhad F, Moghaddam HR, SeyedAlinaghi S. Transmission Modes of COVID-19: A Systematic Review. *Infect Disord Drug Targets*. 2021;21(6):e170721187995.
 44. Global technical consultation report on proposed terminology for pathogens that transmit through the air [Internet]. [citado 4 de marzo de 2025]. Disponible en:
<https://www.who.int/publications/m/item/global-technical-consultation-report-on-proposed-terminology-for-pathogens-that-transmit-through-the-air>
 45. Modes of transmission of virus causing COVID-19: implications for IPC precaution recommendations [Internet]. [citado 15 de diciembre de 2024]. Disponible en:
<https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/modes-of-transmission-of-virus-causing-covid-19-implications-for-ipc-precaution-recommendations>

46. Moore S, Hill EM, Tildesley MJ, Dyson L, Keeling MJ. Vaccination and non-pharmaceutical interventions for COVID-19: a mathematical modelling study. *Lancet Infect Dis.* 1 de junio de 2021;21(6):793-802.
47. Lison A, Banholzer N, Sharma M, Mindermann S, Unwin HJT, Mishra S, et al. Effectiveness assessment of non-pharmaceutical interventions: lessons learned from the COVID-19 pandemic. *Lancet Public Health.* abril de 2023;8(4):e311-7.
48. Banerjee A, Pasea L, Harris S, Gonzalez-Izquierdo A, Torralbo A, Shallcross L, et al. Estimating excess 1-year mortality associated with the COVID-19 pandemic according to underlying conditions and age: a population-based cohort study. *Lancet Lond Engl.* 30 de mayo de 2020;395(10238):1715-25.
49. Excess Deaths Associated with COVID-19 [Internet]. 2023 [citado 15 de diciembre de 2024]. Disponible en: https://www.cdc.gov/nchs/nvss/vsrr/covid19/excess_deaths.htm
50. Mathieu E, Ritchie H, Rod s-Guirao L, Appel C, Gavrilov D, Giattino C, et al. Excess mortality during the Coronavirus pandemic (COVID-19). *Our World Data* [Internet]. 15 de noviembre de 2024 [citado 15 de diciembre de 2024]; Disponible en: <https://ourworldindata.org/excess-mortality-covid>
51. Rychetnik L, Frommer M, Hawe P, Shiell A. Criteria for evaluating evidence on public health interventions. *J Epidemiol Community Health.* febrero de 2002;56(2):119-27.
52. Charme EC. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION EVALUATIVA DE POLITICAS DE POBLACION.
53. Habicht JP, Victora CG, Vaughan JP. Evaluation designs for adequacy, plausibility and probability of public health programme performance and impact. *Int J Epidemiol.* febrero de 1999;28(1):10-8.
54. Rothman KJ, Greenland S. *Modern Epidemiology.* Lippincott-Raven; 1998. 760 p.
55. Moritz S, Gatscha S. imputeTS: Time Series Missing Value Imputation [Internet]. 2015 [citado 4 de enero de 2025]. p. 3.3. Disponible en: <https://CRAN.R-project.org/package=imputeTS>
56. Pinzón JED. Estimación de las tasas de mortalidad y letalidad por COVID-19 en Colombia. *Rev Repert Med Cir.* 3 de septiembre de 2020;89-93.
57. Coronavirus Colombia [Internet]. [citado 16 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/Noticias/Paginas/Coronavirus.aspx>
58. Instituto Nacional de Salud. COVID-19 en Colombia, consecuencias de una pandemia en desarrollo [Internet]. Disponible en: <http://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ins.gov.co/Direcciones/ONS/Informes/12.%20COVID-19%20en%20Colombia,%20pandemia%20en%20desarrollo.pdf>
59. Sanabria-Mazo JP, Useche-Aldana B, Ochoa PP, Rojas-Gualdrón DF, Mateo-Canedo C, Carmona-Cervelló M, et al. Social Inequities in the Impact of COVID-19 Lockdown Measures on

- the Mental Health of a Large Sample of the Colombian Population (PSY-COVID Study). *J Clin Med*. 15 de noviembre de 2021;10(22):5297.
60. Socioeconomic disparity and the risk of contracting COVID-19 in South Korea: an NHIS-COVID-19 database cohort study - PubMed [Internet]. [citado 16 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33451306/>
 61. Gutierrez JP, Bertozzi SM. Non-communicable diseases and inequalities increase risk of death among COVID-19 patients in Mexico. *PloS One*. 2020;15(10):e0240394.
 62. UNDP [Internet]. [citado 16 de diciembre de 2024]. El coronavirus en Colombia: vulnerabilidad y opciones de política. Disponible en: <https://www.undp.org/es/latin-america/publicaciones/el-coronavirus-en-colombia-vulnerabilidad-y-opciones-de-politica>
 63. Government of Canada SC. Estimation of excess mortality [Internet]. 2020 [citado 16 de diciembre de 2024]. Disponible en: https://www.statcan.gc.ca/en/statistical-programs/document/3233_D5_V1
 64. Noufaily A, Enki D, Farrington P, Garthwaite P, Andrews N, Charlett A. An Improved Algorithm for Outbreak Detection in Multiple Surveillance Systems. *Online J Public Health Inform*. 4 de abril de 2013;5(1):e148.
 65. Reina C, Torres M, Muñoz E, Grillo Ardila EK, Guerrero Velasco R, Bravo LE. Mortality due to COVID-19 during the vaccination plan against the SARS-CoV-2 virus in Cali, Colombia. *Colomb Médica CM*. 52(4):e7005047.
 66. Patiño-Lugo DF, Vélez M, Velásquez Salazar P, Vera-Giraldo CY, Vélez V, Marín IC, et al. Intervenciones no farmacéuticas para la contención, mitigación y supresión del COVID-19. *Colomb Médica* [Internet]. junio de 2020 [citado 20 de enero de 2025];51(2). Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1657-95342020000200008&lng=en&nrm=iso&tlng=es
 67. Rannan-Eliya RP, Wijemunige N, Gunawardana JRNA, Amarasinghe SN, Sivagnanam I, Fonseka S, et al. Increased Intensity Of PCR Testing Reduced COVID-19 Transmission Within Countries During The First Pandemic Wave. *Health Aff Proj Hope*. enero de 2021;40(1):70-81.
 68. Uso de los datos sobre accidentes de tránsito ocurridos durante el confinamiento por la COVID-19, para orientar la política relativa a seguridad del transporte en Cali, Colombia [Internet]. [citado 16 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/feature-stories/detail/using-covid-19-lockdown-road-crash-data-to-inform-transport-safety-policy-cali-colombia>
 69. Reina C, Roa P, Garcés A, Valencia A, Torres M, Concha-Eastman A. COVID-19 mortality in two waves of the pandemic in Cali, Colombia, before and during vaccination roll-out. *Rev Panam Salud Publica Pan Am J Public Health*. 2023;47:e76.
 70. Jimbo-Sotomayor R, da Costa Oliveira MT, Acurio LA, Bastías M, Carvalho M, Sánchez X, et al. Systematic documentation of the introduction of COVID-19 vaccines in Latin America and the Caribbean. *Rev Panam Salud Publica Pan Am J Public Health*. 2024;48:e50.

71. Nazia N, Butt ZA, Bedard ML, Tang WC, Sehar H, Law J. Methods Used in the Spatial and Spatiotemporal Analysis of COVID-19 Epidemiology: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 6 de julio de 2022;19(14):8267.
72. Zamora Mennigke R. Modelo bayesiano espacio-temporal predictivo sobre personas que fallecerían debido al COVID-19 en cantones en Costa Rica durante el mes de mayo de 2021. 2022 [citado 14 de enero de 2025]; Disponible en: <https://hdl.handle.net/10669/87144>
73. Castro Mercado E, Mercado Esquivel C, Morales Rodriguez GI, Gete Palacios PC, Ferreira-Hermosillo A. Análisis retrospectivo de la efectividad del programa REDUCE en diabetes, hipertensión y medidas antropométricas. *Aten Primaria* [Internet]. 1 de mayo de 2025 [citado 22 de abril de 2025];57(5). Disponible en: <http://www.elsevier.es/es-revista-atencion-primaria-27-articulo-analisis-retrospectivo-efectividad-del-programa-S0212656724002932>
74. Durán M, Ugel E, Ojeda-Cáceres H, Bonelli A, Saglimbeni M, Rodríguez Araque E, et al. Evaluación de la implementación de la iniciativa HEARTS en una comunidad rural de Venezuela, 2023. *Rev Panam Salud Pública*. 23 de julio de 2024;48:1.
75. Sampath S, Khedr A, Qamar S, Tekin A, Singh R, Green R, et al. Pandemics Throughout the History. *Cureus* [Internet]. 20 de septiembre de 2021 [citado 27 de mayo de 2025];13(9). Disponible en: <https://www.cureus.com/articles/69273-pandemics-throughout-the-history>
76. Canals L. M. Revisión del concepto de inmunidad poblacional, a propósito de la epidemia COVID-19 y del desarrollo de vacunas. *Revista chilena de infectología*. agosto de 2021;38(4):495-9.
77. Desai AN, Majumder MS. What Is Herd Immunity? *JAMA*. 24 de noviembre de 2020;324(20):2113.

10 Anexos

Anexo 1. Modelo de encuesta para recolección de datos de intervención (circulares, decretos)

Medidas preventivas Valle del Cauca	
lina.diaz.bejarano@correounivalle.edu.co Cambiar de cuenta No compartido	Fecha inicio medida (dd/mm/yyyy) Fecha dd/mm/aaaa
Tu respuesta	Fecha final medida (dd/mm/yyyy) Fecha dd/mm/aaaa
Alcance territorial de la medida ☐ Nacional ☐ Departamental ☐ Municipal o distrital	Tipo de medida ☐ Aislamiento preventivo obligatorio ☐ Aislamiento Selectivo individual ☐ Restricción de movilidad de vehículos o personas ☐ Pico y cédula ☐ Toque de queda ☐ Prohibición de consumo de bebidas alcohólicas en espacios públicos ☐ Ley Seca ☐ Restricción de horarios de atención en establecimientos de comercio ☐ Reactivación económica ☐ Paro ☐ Declaración estado de emergencia ☐ Cierre de escuelas y universidades ☐ Presentar certificado de vacunación ☐ Trabajo en casa funcionarios públicos ☐ Atribuciones legales policía y tránsito ☐ Actividades físicas al aire libre ☐ Restricción de eventos de aglomeración conciertos, fiesta, bares, discotecas ☐ Medidas de bioseguridad (Uso de tapabocas, lavado de manos, higiene de superficies, distanciamientos social entre otras)
Nombre de la entidad territorial ☐ Colombia ☐ Valle ☐ Municipio	
Nombre archivo (Nombre de municipio_Consecutivo de número) Tu respuesta	Enviar Borrar formulario

Anexo 2. Avál comité de ética

Comité de Ética en Investigación en Salud
Facultad de Salud



Santiago de Cali, 9 de febrero de 2023

Investigadores
EDGAR MUÑOZ
HELMER DE JESUS ZAPATA
LINA MARCELA DIAZ BEJARANO
Escuela de Salud pública
Facultad de Salud
Universidad del valle

Asunto: Aprobación a protocolo sin participación directa de seres humanos

Cordial saludo.

El Comité de Ética en Investigación en Salud en sesión plenaria, deja constancia que en la propuesta **"EFECTO DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS IMPLEMENTADAS POR LOS GOBIERNOS LOCALES EN EL EXCESO DE MORTALIDAD POR LA PANDEMIA DE COVID-19 EN EL VALLE DEL CAUCA, 2020-2021"** Con código **E 007-023**, se trabajará con bases de datos públicas de estadísticas vitales con fuente del DANE.

Esta propuesta fue revisada y aprobada. Se considera que no involucra la participación directa de seres humanos y cumple con los lineamientos éticos.

Se deja copia en nuestro archivo para futuras consultas o constancia de esta decisión.

Atentamente,

BEATRIZ EUGENIA FERNÁNDEZ HURTADO
Presidente
Comité de Ética en Investigación en Salud

"Estamos en la renovación de la acreditación institucional en alta calidad 2024- 2034. ¡La vamos a lograr!"

Calle 4B N° 36 – 00 Edificio 100 oficina 222. Tel. 518 56 77 eticasalud@correounivalle.edu.co Cali, Colombia

Anexo 3. Avál institucional de la secretaria de salud departamental del Valle del Cauca



FO-M9-P3-02- V01

1.220.01-18- 2022027234

Santiago de Cali, 18 abril de 2022

Estudiante
LINA DIAZ
Estadística
Asistente Investigación PUJ

Docentes
EDGAR MUÑOZ
HELMER ZAPATA
Universidad del Valle

Asunto: Respuesta a solicitud SADE 2022017790- Evaluación de proyecto
"Efecto de las medidas preventivas implementadas por los gobiernos
locales en el exceso de mortalidad por COVID-19 en el Valle del
Cauca, 2020-2021".

Cordial saludo,

En respuesta a su solicitud de evaluación de proyecto del asunto le informo que conforme a la reunión realizada por el Comité de Investigaciones el día 6 de abril de 2022, el comité emitió concepto de viabilidad favorable, con las siguientes precisiones:

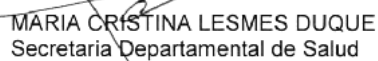
- Precisar los términos usados en el objetivo dos, especialmente lo relacionado con salud.
- Indicar como se van a comparar las medidas en cada municipio teniendo en cuenta las diferencias entre ellas.

Una vez remitan el proyecto con las modificaciones sugeridas y los documentos relacionados con la confidencialidad de los datos que se adjuntan en este mismo correo, se les enviará la información requerida a través de las áreas de vigilancia y vacunación de nuestra Secretaria.

NIT: 890399029-5
Palacio de San Francisco – Carrera 6 Calle 9 y 10 Teléfono: 6200000 Fax:
Sitio WEB: www.valledelcauca.gov.co e-mail: hzapata@valledelcauca.gov.co
Santiago de Cali, Valle del Cauca, Colombia

La Secretaría de Salud Departamental, solicita al equipo investigador enviar reporte de los resultados obtenidos y dar los créditos institucionales respectivos en los productos que se generen de esta investigación. En posibles publicaciones que se proyecten realizar, ponemos a disposición el apoyo del Grupo de Investigación en Gestión y Estudios de Salud - GIGES, para realizarlas conjuntamente.

Atentamente,


MARIA CRISTINA LESMES DUQUE
Secretaría Departamental de Salud

Anexo: Evaluación del proyecto.

Revisó	Leonardo Ángel López, Jefe de Oficina Asesora de Planeación - Presidente Comité de Investigaciones.
Proyectó:	Isabel Cristina Hurtado, Miembro Comité de Investigaciones -SDS
Archivar en:	1.220.01-18 

Anexo 4. Avál comité de postgrados Escuela de Salud Pública



Facultad de Salud
Escuela de Salud Pública

Santiago de Cali, 18 de octubre de 2022

C-19-488-2022-10-18

Profesora
BEATRIZ EUGENIA FERNÁNDEZ HURTADO
Presidente
Comité de Ética en Investigación en Salud
Facultad de Salud Universidad del Valle
L.C.

Estimada Prof. Fernández:

Reciba un cordial saludo.

El Comité de Postgrados de la Escuela de Salud Pública certifica la aprobación académica del proyecto titulado "Efecto de las medidas preventivas implementadas por los gobiernos locales en el exceso de mortalidad por COVID-19 en el Valle del Cauca, 2020-2021.", el cual será realizado por la estudiante Lina Marcela Díaz Bejarano con código 202004761 de la Maestría en Epidemiología. El director asignado es el Dr. Edgar Muñoz y el codirector es el Dr. Helmer de Jesús Zapata.

Agradeciendo su atención.

Atentamente,

Carlos Andrés Fandiño Losada
Director de Postgrados
Escuela de Salud Pública

ESCUELA DE
SALUD PÚBLICA

Universidad del Valle - Escuela de Salud Pública
Calle 48 # 36B - 37, Edificio 118 - Campus San Fernando
Teléfonos: (57) (2) 321 2100 Exts. 7157 - 7159
direccionposgrado.esp@correounivalle.edu.co
760043. Cali - Colombia

Anexo 5. Variables mortalidad Covid-19

Variable	2020	2021	2022	Total	P valor
Sexo					
Femenino	1545(35,2%)	3603(40,4%)	837(41,6%)	5985(39,1%)	0,000
Masculino	2846(64,8%)	5310(59,6%)	1173(58,4%)	9329(60,9%)	
Grupo edad					
1 a 4 años	1(0,0%)	0(0,0%)	2(0,1%)	3(0,0%)	0,000
5 a 14 años	2(0,0%)	5(0,1%)	8(0,4%)	15(0,1%)	
15 a 44 años	200(4,6%)	639(7,2%)	68(3,4%)	907(5,9%)	
45 a 64 años	1.016(23,1%)	2.615(29,3%)	236(11,7%)	3.867(25,3%)	
65 y más años	3.172(72,2%)	5.654(63,4%)	1.696(84,4%)	10.522(68,7%)	
hipertensión					
Si	1.022(23,3%)	1.806(20,4%)	419(21,1%)	3.247(21,3%)	0,000
No	3.369(76,7%)	7.032(79,6%)	1.570(78,9%)	1.1971(78,7%)	
Hipotiroidismo					
Si	94(2,1%)	206(2,3%)	65(3,3%)	365(2,4%)	0.01982
No	4.297(97,9%)	8.632(97,7%)	1.924(96,7%)	14.853(97,6%)	
Fumador					
Si	45(1,0%)	37(0,4%)	9(0,5%)	91(0,6%)	0,07677
No	4.346(99,0%)	8.801(99,6%)	1.980(99,5%)	15.127(99,4%)	
EPOC					
Si	362(8,2%)	410(4,6%)	178(8,9%)	950(6,2%)	0,000
No	4.029(91,8%)	8.428(95,4%)	1.811(91,1%)	14.268(93,8%)	
Enfermedad renal					
Si	429(9,8%)	666(7,5%)	182(9,2%)	1277(8,4%)	0,03096
No	3.962(90,2%)	8.172(92,5%)	1.807(90,8%)	13.941(91,6%)	
Enfermedad cerebrovascular					
Si	72(1,6%)	142(1,6%)	68(3,4%)	282(1,9%)	0,0001991
No	4.319(98,4%)	8.696(98,4%)	1.921(96,6%)	14.936(98,1%)	
Enfermedad cardiovascular					
Si	304(6,9%)	704(8,0%)	264(13,3%)	1.272(8,4%)	2,695E-14
No	4.087(93,1%)	8.134(92,0%)	1.725(86,7%)	13.946(91,6%)	
Dislipidemia					
Si	20(0,5%)	33(0,4%)	6(0,3%)	59(0,4%)	0.6217
No	4.371(99,5%)	8.805(99,6%)	1.983(99,7%)	15.159(99,6%)	
Diabetes					
Si	719(16,4%)	1.092(12,4%)	220(11,1%)	2.031(13,3%)	0,00
No	3.672(83,6%)	7.746(87,6%)	1.769(88,9%)	13.187(86,7%)	
Cancer					
Si	719(16,4%)	1.092(12,4%)	220(11,1%)	2.031(13,3%)	0,00
No	3.672(83,6%)	7.746(87,6%)	1.769(88,9%)	13.187(86,7%)	
Autoinmune					
Si	33(0,8%)	48(0,5%)	9(0,5%)	90(0,6%)	0.2324
No	4.358(99,2%)	8.790(99,5%)	1.980(99,5%)	15.128(99,4%)	
Asma					
Si	26(0,6%)	23(0,3%)	1(0,1%)	50(0,3%)	0.0004815
No	4.365(99,4%)	8.815(99,7%)	1.988(99,9%)	15.168(99,7%)	

Anexo 6. Descriptivos de las tasas de privación de los municipios

Tasas privación	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Rango	Asimetría	Curtosis	Coefficiente de variación
Analfabetismo	0,59	0,59	0,13	0,33	0,81	0,48	-0,09	-0,04	22%
Bajo logro educativo	0,14	0,14	0,05	0,06	0,26	0,2	0,24	-0,77	36%
Barreras de acceso a la salud	0,05	0,04	0,04	0,01	0,17	0,16	1,3	1,53	80%
Hacinamiento crítico	0,09	0,08	0,02	0,04	0,16	0,12	0,77	1,09	22%
Inadecuado o eliminación de excretas	0,080	0,036	0,09	0,039	0,374	0,37	1,85	2,81	113%
Pobreza multidimensional	0,24	0,23	0,08	0,11	0,43	0,32	0,44	-0,84	33%
Sin acceso a agua mejorada	0,1	0,06	0,08	0,01	0,32	0,31	1,07	0,22	80%
Sin seguridad en salud	0,16	0,16	0,03	0,09	0,27	0,18	0,42	1,83	19%
Tasa de dependencia económica	0,319	0,319	0,049	0,224	0,496	0,27	0,87	2,01	15%
Trabajo informal	0,86	0,86	0,04	0,8	0,95	0,15	0,33	-1,24	5%

Anexo 7. Variables sociodemográficas, tasas ajustadas de mortalidad por todas las causas y COVID-19 en los municipios del Valle del Cauca. (Fuente: Censo Poblacional 2018 y datos Secretaría Departamental de Salud 2015 a 2021)

Municipio	Analfabetismo	Bajo logro educativo	Barreras de acceso a la salud	Hacinamiento crítico	Inadecuada eliminación de excretas	Pobreza multidimensional	Sin acceso a agua mejorada	Sin seguridad en salud	Tasa dependencia económica	Trabajo informal	Mujer	Adultos de 15 a 64 años	Adultos Mayores de 65 y más años	Indígena	Ningún grupo étnico	Afrocolombianos	Básica primaria	Básica secundaria	Media académica o clasica	Universitario	Tasa todas las causas de muertes ajustada promedio 2015-2019	Tasa todas las causas de muertes ajustada 2020	Tasa todas las causas de muertes ajustada 2021	Tasa Covid ajustada 2020	Tasa ajustada Covid 2021
CALI	0,33	0,06	0,05	0,07	0,02	0,12	0,01	0,2	0,2	0,8	53,2%	70,7%	11,6%	0,5%	83,6%	14,4%	22,1%	15,9%	25,8%	13,6%	6,25	7,49	8,71	1,22	2,08
ALCALA	0,74	0,21	0,08	0,11	0,07	0,32	0,07	0,19	0,36	0,89	50,0%	67,1%	12,2%	2,1%	96,2%	1,1%	41,3%	20,1%	19,0%	3,2%	6,34	9,83	14,65	0,73	1,10
ANDALUCIA	0,5	0,1	0,01	0,07	0,02	0,15	0,03	0,14	0,39	0,83	51,6%	68,2%	12,9%	0,0%	39,4%	60,0%	33,2%	17,0%	23,7%	5,9%	5,29	7,49	8,58	0,41	1,76
ANERMANUEVO	0,78	0,19	0,04	0,1	0,04	0,31	0,18	0,15	0,36	0,87	48,6%	66,6%	10,9%	1,3%	96,9%	1,1%	44,2%	19,5%	17,7%	1,7%	6,43	7,84	11,74	0,36	2,65
ARGELIA	0,8	0,26	0,02	0,11	0,16	0,36	0,26	0,12	0,32	0,94	47,2%	66,1%	12,3%	6,4%	91,7%	1,1%	44,3%	17,5%	16,4%	1,9%	6,18	7,02	7,54	0,34	1,10
BOLIVAR	0,71	0,21	0,02	0,1	0,19	0,3	0,19	0,18	0,37	0,93	49,7%	63,8%	13,4%	12,0%	86,4%	0,6%	41,3%	17,3%	20,2%	3,2%	3,98	5,58	6,54	0,05	0,57
BUENAVENTURA	0,5	0,16	0,05	0,16	0,34	0,41	0,27	0,27	0,5	0,92	52,6%	64,6%	6,4%	1,5%	11,5%	85,3%	29,4%	19,8%	23,6%	6,7%	6,10	8,49	9,74	1,05	1,66
GUADALAJARA DE BUGA	0,41	0,08	0,05	0,07	0,01	0,12	0,01	0,16	0,24	0,81	52,2%	68,9%	12,5%	0,1%	96,7%	2,1%	26,7%	17,5%	24,4%	10,7%	6,14	6,91	8,44	0,84	1,79
BUGALAGRANDE	0,58	0,15	0,07	0,07	0,09	0,26	0,12	0,18	0,33	0,83	50,7%	67,8%	13,0%	2,2%	95,8%	1,6%	34,6%	17,4%	25,6%	5,0%	5,06	6,20	8,88	0,20	1,63
CAICEDONIA	0,64	0,16	0,09	0,09	0,05	0,25	0,07	0,16	0,32	0,89	50,3%	67,7%	13,6%	0,7%	96,9%	1,5%	36,8%	19,7%	20,8%	6,3%	7,20	6,37	8,25	0,39	1,94
CAUMA	0,63	0,12	0,1	0,1	0,03	0,26	0,13	0,18	0,31	0,87	50,2%	68,7%	11,4%	0,9%	96,5%	1,7%	37,4%	19,3%	23,6%	4,2%	2,99	6,00	7,65	0,28	1,60
CANDELARIA	0,47	0,09	0,03	0,06	0,02	0,15	0,06	0,19	0,28	0,81	51,5%	70,1%	8,8%	0,6%	74,5%	22,7%	28,5%	18,7%	27,7%	5,2%	5,24	7,12	8,27	0,77	1,35
CARTAGO	0,49	0,1	0,08	0,06	0,01	0,17	0,02	0,18	0,27	0,85	53,3%	68,7%	13,5%	0,3%	96,3%	2,3%	29,8%	17,7%	24,7%	9,5%	6,21	7,24	9,99	0,72	2,18
DAGUA	0,67	0,14	0,05	0,09	0,14	0,38	0,15	0,17	0,32	0,89	49,7%	66,7%	12,5%	2,2%	78,1%	19,0%	40,3%	19,0%	22,1%	3,0%	4,33	5,25	6,87	0,51	1,13
EL AGUILA	0,81	0,23	0,02	0,08	0,37	0,43	0,32	0,11	0,35	0,95	47,6%	66,4%	11,1%	1,7%	97,3%	0,8%	48,2%	15,6%	16,2%	1,9%	3,36	7,62	7,57	0,12	0,29
EL CAIRO	0,79	0,19	0,05	0,08	0,27	0,36	0,27	0,15	0,28	0,94	45,9%	66,0%	12,4%	2,7%	94,1%	2,6%	48,2%	17,2%	12,8%	2,7%	3,15	6,73	7,50	0,09	0,59
EL CERRITO	0,5	0,11	0,03	0,07	0,01	0,15	0,02	0,18	0,29	0,81	51,9%	69,0%	11,1%	0,2%	75,2%	24,1%	30,4%	18,9%	27,1%	5,6%	5,45	7,20	8,44	0,81	1,55
EL DOVIO	0,75	0,25	0,14	0,12	0,15	0,37	0,12	0,1	0,36	0,93	50,9%	64,3%	11,2%	10,2%	88,7%	0,6%	43,1%	16,5%	15,2%	2,6%	5,56	8,97	10,28	0,31	1,44
FLORIDA	0,52	0,13	0,04	0,08	0,02	0,19	0,04	0,18	0,31	0,83	51,3%	68,5%	10,4%	9,5%	79,9%	10,0%	31,9%	18,1%	26,0%	5,0%	5,62	7,09	9,71	0,91	2,47
GINEBRA	0,52	0,08	0,01	0,07	0,02	0,15	0,04	0,16	0,25	0,84	50,6%	68,3%	12,3%	1,3%	97,2%	1,0%	33,0%	18,7%	28,9%	5,3%	3,64	4,78	5,50	0,32	0,96
GUACARI	0,5	0,12	0,04	0,08	0,02	0,16	0,02	0,17	0,32	0,81	51,6%	68,7%	11,1%	0,2%	97,7%	31,1%	31,1%	17,7%	25,0%	5,7%	5,58	6,49	9,80	0,61	1,46
JAMUNDI	0,38	0,06	0,03	0,07	0,02	0,15	0,04	0,21	0,27	0,83	51,5%	71,1%	9,0%	1,4%	99,9%	27,9%	25,3%	17,1%	25,8%	10,6%	4,75	5,62	7,13	0,52	1,24
LA CUMBERE	0,63	0,14	0,17	0,08	0,06	0,25	0,13	0,14	0,25	0,88	48,3%	66,4%	16,6%	0,8%	96,9%	1,8%	36,1%	19,2%	20,6%	4,7%	2,52	4,03	4,90	0,28	0,60
LA UNION	0,6	0,11	0,13	0,09	0,04	0,23	0,04	0,14	0,3	0,9	52,9%	68,5%	11,7%	0,3%	98,2%	0,7%	36,3%	18,9%	20,7%	5,2%	5,52	6,73	9,05	0,47	1,92
LA VICTORIA	0,63	0,18	0,02	0,07	0,03	0,23	0,05	0,19	0,31	0,87	52,4%	65,8%	16,5%	0,0%	98,7%	0,8%	37,4%	18,2%	17,1%	4,4%	4,72	6,27	7,74	0,38	1,78
OBANDO	0,7	0,2	0,06	0,11	0,08	0,31	0,15	0,18	0,39	0,85	50,5%	66,8%	13,0%	1,9%	92,7%	3,1%	40,7%	18,5%	21,0%	2,3%	4,00	6,52	8,85	1,14	2,53
PALMIRA	0,39	0,06	0,02	0,04	0	0,11	0,01	0,18	0,27	0,83	52,2%	69,7%	11,9%	0,1%	92,6%	6,5%	26,8%	16,8%	26,9%	10,5%	5,68	6,82	8,97	0,75	2,31
PRADERA	0,57	0,17	0,09	0,13	0,03	0,25	0,05	0,17	0,35	0,82	52,0%	67,6%	10,5%	0,6%	96,7%	32,0%	32,9%	19,2%	26,1%	3,9%	5,80	6,49	10,23	0,80	1,65
RESTREPO	0,62	0,15	0,01	0,1	0,05	0,21	0,05	0,17	0,31	0,87	50,5%	67,2%	11,8%	1,0%	97,6%	0,8%	36,2%	18,7%	27,0%	3,9%	4,50	6,88	9,28	0,47	1,59
RIOFRIO	0,66	0,16	0,03	0,07	0,07	0,23	0,14	0,13	0,34	0,86	50,0%	67,4%	12,0%	0,2%	96,9%	2,7%	40,4%	18,2%	22,1%	2,3%	4,52	6,21	9,24	0,44	1,47
ROLDANILLO	0,51	0,1	0,04	0,06	0,04	0,17	0,04	0,14	0,29	0,87	52,5%	68,1%	13,1%	0,4%	98,2%	0,5%	31,8%	17,5%	22,2%	7,8%	5,07	6,08	7,58	0,49	2,28
SAN PEDRO	0,56	0,13	0,05	0,07	0,02	0,18	0,03	0,15	0,34	0,82	50,6%	68,5%	11,1%	0,3%	98,5%	0,4%	33,6%	19,7%	25,1%	5,1%	4,22	6,10	7,69	0,39	0,87
SEVILLA	0,68	0,17	0,03	0,09	0,06	0,27	0,11	0,15	0,36	0,92	50,6%	66,7%	14,8%	1,1%	98,0%	0,5%	39,3%	18,9%	20,9%	4,7%	5,13	5,41	7,95	0,33	1,31
TORO	0,73	0,2	0,05	0,1	0,12	0,32	0,07	0,15	0,33	0,91	51,6%	65,7%	13,4%	0,4%	97,5%	1,8%	40,5%	19,2%	21,0%	2,7%	4,03	6,80	8,62	0,50	0,90
TRUJILLO	0,74	0,2	0,07	0,1	0,19	0,35	0,22	0,14	0,36	0,93	49,7%	65,3%	12,6%	3,9%	94,9%	0,7%	42,9%	18,0%	14,1%	2,5%	3,98	5,92	7,32	0,17	1,17
TULUA	0,45	0,09	0,03	0,06	0,01	0,14	0,02	0,17	0,28	0,84	52,6%	69,0%	11,6%	0,3%	94,5%	4,6%	28,7%	17,5%	26,4%	9,4%	6,21	8,08	9,75	0,90	2,27
ULLOA	0,71	0,18	0,01	0,08	0,03	0,24	0,05	0,18	0,32	0,88	41,6%	67,0%	12,7%	0,1%	99,4%	0,2%	40,4%	19,9%	21,5%	3,7%	3,03	7,23	6,84	0,52	0,56
VERALLLES	0,71	0,17	0,07	0,05	0,17	0,31	0,13	0,09	0,39	0,91	50,6%	66,8%	13,9%	2,1%	97,2%	0,3%	43,1%	16,1%	19,2%	2,0%	2,87	7,40	7,89	0,07	0,59
VUES	0,58	0,13	0,01	0,1	0,03	0,19	0,09	0,15	0,31	0,83	49,5%	67,1%	13,4%	1,4%	96,2%	1,6%	35,2%	18,4%	26,5%	3,7%	1,81	5,28	6,06	0,56	1,31
YOTOCO	0,57	0,13	0,08	0,09	0,04	0,21	0,12	0,16	0,3	0,83	50,0%	68,1%	12,0%	0,9%	97,9%	1,0%	35,7%	18,0%	24,7%	4,2%	3,58	6,35	9,14	0,39	1,50
YUMBO	0,44	0,08	0,03	0,11	0,01	0,16	0,03	0,19	0,27	0,8	51,6%	70,7%	9,3%	0,5%	95,1%	3,3%	27,5%	17,5%	29,9%	6,1%	5,42	6,96	8,98	0,96	1,98
ZARZAL	0,47	0,12	0,05	0,08	0,01	0,17	0,02	0,14	0,32	0,81	52,6%	68,6%	11,4%	0,2%	82,6%	16,4%	28,8%	17,8%	27,3%	7,0%	5,39	7,00	8,53	0,87	1,38

Anexo 8.Exceso de mortalidad totales, año 2020

Semana epidemiológica	Defunciones	Muertes esperadas modelo BN	Promedio 2015-2019	Exceso muertes modelo BN	Exceso muerte promedio	Porcentaje por encima estimado modelo	Porcentaje muertes por encima promedio	Número de muertes COVID-19 confirmados
1	341	652	601	-311,35	-259,8	-48%	-43%	0
2	601	561	516	40,46	85,4	7%	17%	0
3	611	564	518	47,39	93	8%	18%	0
4	592	546	501	46,29	90,6	8%	18%	0
5	482	537	493	-54,83	-11	-10%	-2%	0
6	575	554	509	20,53	66	4%	13%	0
7	518	560	513	-41,55	4,8	-7%	1%	0
8	533	533	489	-0,10	44,4	0%	9%	0
9	533	535	490	-1,55	43,2	0%	9%	0
10	528	565	517	-36,89	10,8	-7%	2%	0
11	501	561	513	-59,51	-12	-11%	-2%	1
12	508	587	537	-79,22	-28,8	-13%	-5%	0
13	504	543	496	-39,01	7,6	-7%	2%	3
14	488	555	507	-67,40	-19,2	-12%	-4%	7
15	503	556	507	-52,81	-4,4	-10%	-1%	5
16	474	534	487	-59,51	-12,8	-11%	-3%	25
17	516	539	492	-23,34	24	-4%	5%	12
18	500	550	501	-49,84	-1,4	-9%	0%	15
19	453	574	523	-120,85	-69,8	-21%	-13%	14
20	549	570	519	-20,94	30,2	-4%	6%	21
21	512	561	510	-48,78	1,6	-9%	0%	39
22	573	591	538	-18,15	35,4	-3%	7%	56
23	531	597	542	-65,52	-11,4	-11%	-2%	50
24	576	554	503	22,09	72,6	4%	14%	48
25	596	588	534	7,91	61,8	1%	12%	67
26	592	610	554	-17,68	38,4	-3%	7%	63
27	594	571	519	22,57	75,4	4%	15%	82
28	641	595	540	45,85	100,8	8%	19%	100
29	738	561	508	177,38	229,6	32%	45%	158
30	805	558	506	247,06	299,4	44%	59%	197
31	833	538	488	294,57	345,2	55%	71%	190
32	795	553	501	241,60	294	44%	59%	189
33	783	536	485	247,36	298,2	46%	62%	175
34	687	555	502	132,45	185,4	24%	37%	144
35	673	532	481	141,18	192	27%	40%	140
36	716	540	488	176,44	228,4	33%	47%	141
37	636	540	488	96,08	148,2	18%	30%	114
38	607	530	479	76,64	128,2	14%	27%	104
39	657	513	463	143,65	193,8	28%	42%	120
40	637	527	475	110,14	161,8	21%	34%	129
41	693	538	485	154,54	207,6	29%	43%	103
42	729	539	486	189,53	243	35%	50%	128
43	663	521	469	142,44	194	27%	41%	129
44	651	536	483	115,28	168,4	22%	35%	133
45	722	566	510	155,52	212,2	27%	42%	144
46	670	554	498	115,96	171,8	21%	34%	135
47	737	556	500	181,47	237,2	33%	47%	165
48	733	574	516	158,58	216,8	28%	42%	194
49	721	600	539	121,31	182,2	20%	34%	170
50	781	580	521	200,76	260	35%	50%	162
51	774	613	550	161,41	223,8	26%	41%	188
52	815	618	555	197,00	260,4	32%	47%	201
53	624	283	248	340,54	376	120%	152%	130
Total	32.805	29.402	26.692	3.403	6.113	11,6%	22,9%	4.391

Anexo 9. Exceso de mortalidad totales, año 2021

Semana epidemiológica	Defunciones	Muertes esperadas modelo BN	Promedio 2015-2019	Exceso muertes modelo BN	Exceso muerte promedio	Porcentaje por encima estimado modelo	Porcentaje muertes por encima promedio	Número de muertes COVID-19 confirmados
1	934	680	601	254,0	333,2	37%	55%	269
2	978	584	516	393,7	462,4	67%	90%	286
3	991	587	518	403,5	473	69%	91%	310
4	883	569	501	314,2	381,6	55%	76%	294
5	804	560	493	244,4	311	44%	63%	220
6	775	578	509	197,1	266	34%	52%	185
7	676	583	513	92,8	162,8	16%	32%	130
8	630	556	489	74,3	141,4	13%	29%	104
9	601	557	490	43,8	111,2	8%	23%	80
10	601	589	517	12,2	83,8	2%	16%	78
11	648	584	513	63,8	135	11%	26%	83
12	669	612	537	56,9	132,2	9%	25%	84
13	598	566	496	32,0	101,6	6%	20%	87
14	662	579	507	83,1	154,8	14%	31%	108
15	799	579	507	219,7	291,6	38%	57%	176
16	903	556	487	346,9	416,2	62%	85%	263
17	857	562	492	294,8	365	52%	74%	260
18	907	573	501	333,9	405,6	58%	81%	248
19	934	598	523	335,9	411,2	56%	79%	278
20	978	594	519	383,9	459,2	65%	89%	281
21	938	585	510	353,5	427,6	60%	84%	301
22	1002	616	538	385,8	464,4	63%	86%	335
23	1065	622	542	443,2	522,6	71%	96%	366
24	1176	577	503	598,6	672,6	104%	134%	442
25	1196	613	534	583,0	661,8	95%	124%	405
26	1202	635	554	566,5	648,4	89%	117%	480
27	1219	596	519	623,4	700,4	105%	135%	491
28	1162	620	540	541,7	621,8	87%	115%	462
29	999	584	508	414,6	490,6	71%	96%	356
30	785	582	506	203,4	279,4	35%	55%	257
31	801	561	488	239,8	313,2	43%	64%	189
32	726	577	501	149,2	225	26%	45%	166
33	665	558	485	106,7	180,2	19%	37%	103
34	593	578	502	15,0	91,4	3%	18%	79
35	580	554	481	25,7	99	5%	21%	70
36	573	562	488	10,6	85,4	2%	18%	37
37	592	563	488	29,2	104,2	5%	21%	30
38	585	553	479	32,2	106,2	6%	22%	35
39	557	535	463	21,9	93,8	4%	20%	31
40	593	549	475	43,8	117,8	8%	25%	18
41	543	561	485	-18,3	57,6	-3%	12%	24
42	576	562	486	13,7	90	2%	19%	18
43	573	543	469	30,4	104	6%	22%	30
44	533	558	483	-25,4	50,4	-5%	10%	25
45	575	590	510	-15,5	65,2	-3%	13%	28
46	575	577	498	-2,5	76,8	0%	15%	31
47	595	579	500	16,0	95,2	3%	19%	39
48	595	599	516	-3,7	78,8	-1%	15%	34
49	631	625	539	5,9	92,2	1%	17%	34
50	581	605	521	-23,8	60	-4%	12%	37
51	658	639	550	19,5	107,8	3%	20%	41
52	549	644	555	-95,2	-5,6	-15%	-1%	35
53	291	295	248	-4,5	43	-2%	17%	60
Total	40.112	30.646	26.692	9.466	13.420	31%	50%	8.913

Anexo 10. Resumen mortalidad y exceso de mortalidad por sexo y edad año 2020

Edad	Población	Muertes		Exceso de muertes		Muertes COVID-19	
		Esperadas	Observadas	Tasa ajustada	(IC 95%)	Tasa ajustada	
Hombres							
0 a 4 años	173.648	253	219	0,01	(0-0,03)	0,01	(0-0,03)
10 a 14 años	181.678	28	24	0,01	(0-0,03)	-	(0-0,02)
15 a 19 años	185.355	87	68	0,01	(0-0,03)	0,01	(0-0,04)
20 a 24 años	183.408	114	120	0,01	(0-0,03)	0,02	(0,01-0,06)
25 a 29 años	173.336	135	129	0,03	(0,01-0,07)	0,09	(0,05-0,15)
30 a 34 años	155.785	171	193	0,01	(0-0,03)	0,12	(0,07-0,18)
35 a 39 años	145.733	210	226	0,14	(0,09-0,21)	0,21	(0,14-0,3)
40 a 44 años	132.914	235	278	0,11	(0,06-0,18)	0,50	(0,38-0,63)
45 a 49 años	123.378	325	345	0,32	(0,23-0,44)	0,81	(0,66-0,99)
5 a 9 años	177.943	28	28	0,16	(0,1-0,25)	0,01	(0-0,03)
50 a 54 años	123.362	465	518	0,43	(0,32-0,56)	1,13	(0,95-1,33)
55 a 59 años	113.554	605	726	1,07	(0,88-1,27)	1,74	(1,51-2)
60 a 64 años	95.484	771	960	1,98	(1,71-2,28)	2,81	(2,48-3,16)
65 a 69 años	74.692	903	1.188	3,82	(3,39-4,29)	4,78	(4,3-5,3)
70 a 74 años	54.902	1.028	1.305	5,05	(4,47-5,68)	7,52	(6,81-8,28)
75 a 79 años	37.136	1.380	1.591	5,68	(4,94-6,5)	10,93	(9,9-12,05)
80 a 84 años	22.676	1.671	2.009	14,91	(13,36-16,58)	18,21	(16,5-20,06)
85 y más	22.936	3.373	4.040	29,08	(26,92-31,37)	18,01	(16,31-19,83)
Total	2.177.920	11.782	13.967	0,00005 [0.000471, 0.000512]		0.000621	[0.000598, 0.000644]
Mujeres							
0 a 4 años	166495	337	311	0,01	(0-0,03)	-	(0-0,02)
10 a 14 años	172197	63	59	0,01	(0-0,03)	0,01	(0-0,03)
15 a 19 años	177872	513	380	0,01	(0-0,03)	-	(0-0,02)
20 a 24 años	185073	733	676	0,01	(0-0,03)	0,03	(0,01-0,07)
25 a 29 años	188159	632	651	0,01	(0-0,03)	0,04	(0,02-0,08)
30 a 34 años	182648	525	555	0,10	(0,06-0,16)	0,05	(0,02-0,1)
35 a 39 años	169317	474	507	0,18	(0,12-0,25)	0,09	(0,05-0,14)
40 a 44 años	163625	435	508	0,20	(0,14-0,28)	0,18	(0,12-0,26)
45 a 49 años	153620	483	582	0,48	(0,37-0,6)	0,21	(0,14-0,29)
5 a 9 años	146301	32	32	0,68	(0,55-0,82)	-	(0-0,02)
50 a 54 años	149514	646	782	0,91	(0,76-1,08)	0,33	(0,24-0,43)
55 a 59 años	141594	814	1.097	2,00	(1,77-2,25)	0,64	(0,51-0,78)
60 a 64 años	122782	1.046	1.383	2,74	(2,46-3,05)	1,16	(0,97-1,36)
65 a 69 años	97725	1.187	1.741	5,67	(5,21-6,16)	1,99	(1,72-2,29)
70 a 74 años	72870	1.343	1.977	8,70	(8,04-9,4)	2,98	(2,59-3,4)
75 a 79 años	50390	1.556	2.075	10,30	(9,43-11,23)	4,47	(3,9-5,09)
80 a 84 años	31438	1.576	2.223	20,58	(19,02-22,23)	7,76	(6,82-8,8)
85 y más	32837	2.483	3.299	24,85	(23,17-26,62)	8,83	(7,84-9,91)
Total	2.404.457	14.878	18.838	0,0009 [0.000886, 0.000941]		0.000337	[0.000320, 0.000354]

Anexo 11. Resumen Mortalidad y exceso de mortalidad por sexo y edad año 2021

Edad	Población	Muertes		Exceso de muertes		Muertes COVID-19	
		Esperadas	Observadas	Tasa ajustada	(IC 95%)	Tasa ajustada	
Hombres							
0 a 4 años	173.648	257	233	0,01	(0-0,03)	-	(0-0,02)
10 a 14 años	181.678	45	47	0,01	(0-0,04)	0,01	(0-0,03)
15 a 19 años	185.355	80	72	0,01	(0-0,03)	0,04	(0,02-0,08)
20 a 24 años	183.408	113	123	0,05	(0,03-0,1)	0,11	(0,07-0,17)
25 a 29 años	173.336	151	187	0,21	(0,15-0,29)	0,20	(0,14-0,28)
30 a 34 años	155.785	170	208	0,24	(0,17-0,33)	0,43	(0,33-0,54)
35 a 39 años	145.733	210	261	0,35	(0,26-0,46)	0,79	(0,65-0,95)
40 a 44 años	132.914	235	381	1,10	(0,93-1,29)	1,21	(1,03-1,41)
45 a 49 años	123.378	325	450	1,01	(0,84-1,21)	2,19	(1,94-2,47)
5 a 9 años	177.943	23	19	0,01	(0-0,03)	-	(0-0,02)
50 a 54 años	123.362	465	661	1,59	(1,37-1,83)	2,51	(2,24-2,81)
55 a 59 años	113.554	605	985	3,35	(3,02-3,7)	4,21	(3,84-4,6)
60 a 64 años	95.484	771	1.335	5,91	(5,43-6,41)	6,04	(5,56-6,55)
65 a 69 años	74.692	903	1.584	9,12	(8,45-9,83)	8,54	(7,9-9,22)
70 a 74 años	54.902	1.028	1.802	14,10	(13,12-15,13)	12,43	(11,53-13,39)
75 a 79 años	37.136	1.380	1.822	11,90	(10,82-13,07)	16,08	(14,83-17,4)
80 a 84 años	22.676	1.671	2.285	27,08	(24,98-29,31)	25,43	(23,41-27,58)
85 y más	22.936	3.373	4.803	62,35	(59,16-65,66)	30,93	(28,66-33,33)
Total	2.177.920	11.802	17.258	0.002522	[0.001168, 0.001231]	0.001151	[0.001120, 0.001182]
Mujeres							
0 a 4 años	166495	333	283	0,01	(0-0,03)	-	(0-0,02)
10 a 14 años	172197	57	54	0,01	(0-0,03)	0,02	(0-0,05)
15 a 19 años	177872	513	408	0,01	(0-0,03)	0,03	(0,01-0,07)
20 a 24 años	185073	733	776	0,23	(0,17-0,31)	0,03	(0,01-0,06)
25 a 29 años	188159	632	820	1,03	(0,89-1,19)	0,14	(0,09-0,2)
30 a 34 años	182648	525	697	1,02	(0,87-1,18)	0,28	(0,21-0,38)
35 a 39 años	169317	474	638	1,00	(0,85-1,17)	0,32	(0,24-0,42)
40 a 44 años	163625	435	709	1,78	(1,58-2,01)	0,58	(0,47-0,71)
45 a 49 años	153620	483	846	2,48	(2,23-2,75)	0,80	(0,66-0,96)
5 a 9 años	146301	35	35	0,01	(0-0,03)	0,01	(0-0,03)
50 a 54 años	149514	646	987	2,28	(2,05-2,54)	1,16	(0,99-1,34)
55 a 59 años	141594	814	1.493	4,80	(4,44-5,17)	1,93	(1,71-2,17)
60 a 64 años	122782	1.046	1.844	6,50	(6,06-6,97)	3,16	(2,85-3,48)
65 a 69 años	97725	1.187	2.199	10,36	(9,73-11,01)	4,65	(4,24-5,08)
70 a 74 años	72870	1.343	2.352	13,85	(13,01-14,73)	6,49	(5,92-7,09)
75 a 79 años	50390	1.556	2.389	16,53	(15,43-17,69)	8,05	(7,31-8,86)
80 a 84 años	31438	1.576	2.531	30,38	(28,48-32,37)	12,47	(11,29-13,74)
85 y más	32837	2.483	3.793	39,89	(37,76-42,11)	18,51	(17,07-20,04)
Total	2.404.457	14.871	22.854	0.001809	[0.001770, 0.001848]	0.000781	[0.000756, 0.000806]

Anexo 12. Validación de ajuste mortalidad esperada (Valores P por municipio)

Municipio	Prueba de la Devianza residual (Poisson)	Prueba Devianza residual (Binomial Negativo)	Prueba Devianza residual (QuasiPoisson)	R cuadrado ajustado (mejor modelo)	Porcentaje Devianza (mejor modelo)	Prueba modelo completo y reducido	Distribución
Alcalá	1,00	1,00	1,00	3,5%	21,90%	0.3936	BN
Andalucía	0,96	0,96	0,96	0,6%	22,90%	0.9375	BN
Ansermanuevo	1,00	1,00	1,00	1,5%	22,10%	0.4255	BN
Argelia	0,99	0,99	0,99	4,4%	42,30%	0.5896	Quasipoisson
Bolívar	0,99	0,99	0,99	1,0%	23,90%	0.5353	Quasipoisson-BN
Buenaventura	0,71	0,60	0,71	38,0%	51,30%	< 0.00 ***	Quasipoisson
Bugalagrande	0,89	0,89	0,89	2,9%	22,40%	0.3411	BN
Caicedonia	0,15	0,47	0,15	4,2%	17,30%	0.2479	BN
Cali	0,00	0,54	0,00	41,0%	54,80%	0.03632 *	BN
Calima	1,00	1,00	1,00	1,0%	26,70%	0.2354	Quasipossion
Candelaria	0,14	0,49	0,14	3,6%	22,30%	0.01874 *	BN
Cartago	0,60	0,60	0,60	5,2%	25%	0.04539 *	BN
Dagua	0,86	0,85	0,86	7,2%	27,50%	0.09514 .	Quasipoisson-BN
El Águila	0,99	0,99	0,99	10,9%	42,40%	0.03727 *	Quasipoisson
El Cairo	0,99	0,99	0,99	16,8%	53,40%	0.633	Quasipoisson
El Cerrito	0,63	0,63	0,63	5,9%	15,60%	0.4446	BN
El Dovio	0,99	0,99	0,99	15,0%	44,70%	0.3559	Quasipoisson
Florida	0,58	0,58	0,58	1,8%	22%	0.3444	Quasipoisson
Ginebra	1,00	1,00	1,00	7,5%	30,10%	0.4519	BN
Guacarí	0,28	0,54	0,28	6,8%	16,30%	0.23583	BN
Guadalajara de Buga	0,47	0,48	0,47	5,0%	24,50%	0.004553 **	BN
Jamundí	0,05	0,34	0,05	13,2%	26,20%	0.00 ***	Quasipoisson-BN
La Cumbre	1,00	1,00	1,00	4,3%	26%	0.4722	Quasipoisson-BN
La Unión	0,85	0,84	0,85	2,1%	20,60%	0.1542	Quasipoisson
La Victoria	1,00	1,00	1,00	7,2%	20,80%	0.2928	Quasipoisson-BN
Obando	0,99	0,99	0,99	7,9%	23,80%	0.2202	Quasipoisson-BN
Palmira	0,07	0,51	0,07	12,3%	29,80%	0.09435 .	BN
Pradera	0,19	0,32	0,19	0,0%	19,50%	0.23693	BN
Restrepo	0,99	0,99	0,99	0,8%	25,40%	0.7343	Quasipoisson-BN
Riofrío	1,00	1,00	1,00	6,7%	21,80%	0.2295	Quasipoisson
Roldanillo	0,31	0,33	0,31	5,2%	15,70%	0.6205	BN
San Pedro	0,99	0,99	0,99	5,9%	21,10%	0.2771	BN
Sevilla	0,93	0,94	0,94	2,4%	23%	0.5492	Qasipoisson
Toro	1,00	1,00	1,00	1,8%	27,90%	0.514	Quasipoisson-BN
Trujillo	1,00	1,00	1,00	2,8%	22,40%	0.7026	Quasipoisson-BN
Tuluá	0,87	0,85	0,87	28,8%	41,30%	1.11e-10 ***	Quasipoisson
Ulloa	0,99	0,99	0,99	16,8%	54,60%	0.7689	Quasipoisson-BN
Versalles	0,99	0,99	0,99	0,2%	38,40%	0.5193	Quasipoisson-BN
Vijes	1,00	1,00	1,00	13,9%	26,40%	0.7002	BN
Yotoco	1,00	1,00	1,00	11,2%	34,80%	0.00246 **	BN
Yumbo	0,21	0,35	0,21	8,0%	25,40%	0.6947	BN
Zarzal	0,50	0,50	0,50	0,3%	20,30%	0.01694 *	BN

Anexo 13. Promedio de tasa de mortalidad por año y municipio

Municipio	Año 2015	Año 2016	Año 2017	Año 2018	Año 2019	Año 2020	Año 2021	Promedio 2015-2019
Alcalá	0,61	1,15	0,55	0,58	0,52	0,97	1,23	0,68
Andalucía	0,69	0,66	1,30	0,66	0,93	1,04	1,52	0,85
Ansermanuevo	0,62	0,92	0,71	0,90	0,45	0,62	1,77	0,72
Argelia	0,17	0,23	0,36	0,71	0,61	0,35	0,39	0,42
Bolívar	0,47	0,42	0,64	0,69	0,71	0,66	0,65	0,59
Buenaventura	1,90	0,75	0,94	0,97	0,82	3,79	6,93	1,08
Bugalagrande	1,16	0,88	1,02	0,71	0,80	1,10	1,28	0,91
Caicedonia	0,89	1,09	0,75	1,16	1,35	0,91	1,51	1,05
Cali	3,56	2,85	1,79	1,34	2,07	13,37	28,11	2,32
Calima	0,44	0,68	0,70	1,18	0,63	0,69	0,89	0,72
Candelaria	1,14	0,91	1,27	1,06	1,15	1,59	1,92	1,11
Cartago	1,11	0,90	0,97	1,15	0,91	2,18	5,82	1,01
Dagua	1,41	0,82	0,88	0,84	0,87	1,08	1,43	0,96
El Águila	0,35	0,28	0,26	0,46	0,42	0,36	0,47	0,35
El Cairo	0,32	0,26	0,15	0,22	0,22	0,43	0,35	0,23
El Cerrito	1,07	0,70	0,81	1,05	0,97	1,49	1,29	0,92
El Dovio	0,52	0,47	0,40	0,51	0,48	0,78	0,65	0,48
Florida	1,18	1,01	0,96	0,92	0,91	1,60	2,63	1,00
Ginebra	0,86	0,79	0,36	0,89	0,81	0,54	1,09	0,74
Guacarí	1,04	0,92	1,27	1,16	0,75	1,20	1,47	1,03
Guadalajara de Buga	1,26	1,29	0,77	0,98	0,87	2,32	3,43	1,03
Jamundí	1,38	1,06	1,26	0,84	1,09	1,55	2,39	1,13
La Cumbre	0,74	0,59	0,67	0,62	0,51	0,73	0,58	0,63
La Unión	1,04	0,87	0,68	1,04	0,64	1,34	1,94	0,85
La Victoria	0,49	0,49	1,08	0,97	0,69	0,74	1,16	0,74
Obando	0,61	0,36	0,41	0,28	0,61	0,65	0,95	0,45
Palmira	1,35	1,28	1,52	1,27	1,11	3,01	7,42	1,31
Pradera	0,84	0,97	1,29	1,12	1,05	1,12	1,78	1,05
Restrepo	0,50	0,62	0,52	0,59	0,62	0,55	0,67	0,57
Riofrío	0,68	0,60	0,35	0,78	0,56	0,79	1,21	0,59
Roldanillo	1,20	0,61	1,13	1,03	0,86	0,84	1,32	0,97
San Pedro	0,61	0,56	0,91	0,48	0,39	0,96	0,64	0,59
Sevilla	1,07	0,82	0,60	1,03	0,82	0,88	1,00	0,87
Toro	0,64	0,59	0,55	0,56	0,56	0,75	0,88	0,58
Trujillo	0,62	0,45	1,02	0,74	0,74	0,87	0,87	0,71
Tuluá	1,00	0,93	0,93	0,90	1,09	3,62	6,20	0,97
Ulloa	0,16	0,22	0,13	0,18	0,23	0,53	0,61	0,18
Versalles	0,51	0,25	0,22	0,41	0,47	0,53	0,46	0,37
Vijes	0,52	0,55	0,37	0,68	0,40	0,47	0,68	0,50
Yotoco	0,69	0,51	0,46	1,17	1,19	0,58	1,02	0,81
Yumbo	1,25	0,87	1,15	1,03	1,41	1,74	2,48	1,14
Zarzal	0,90	0,59	1,13	1,09	0,98	1,52	2,13	0,94

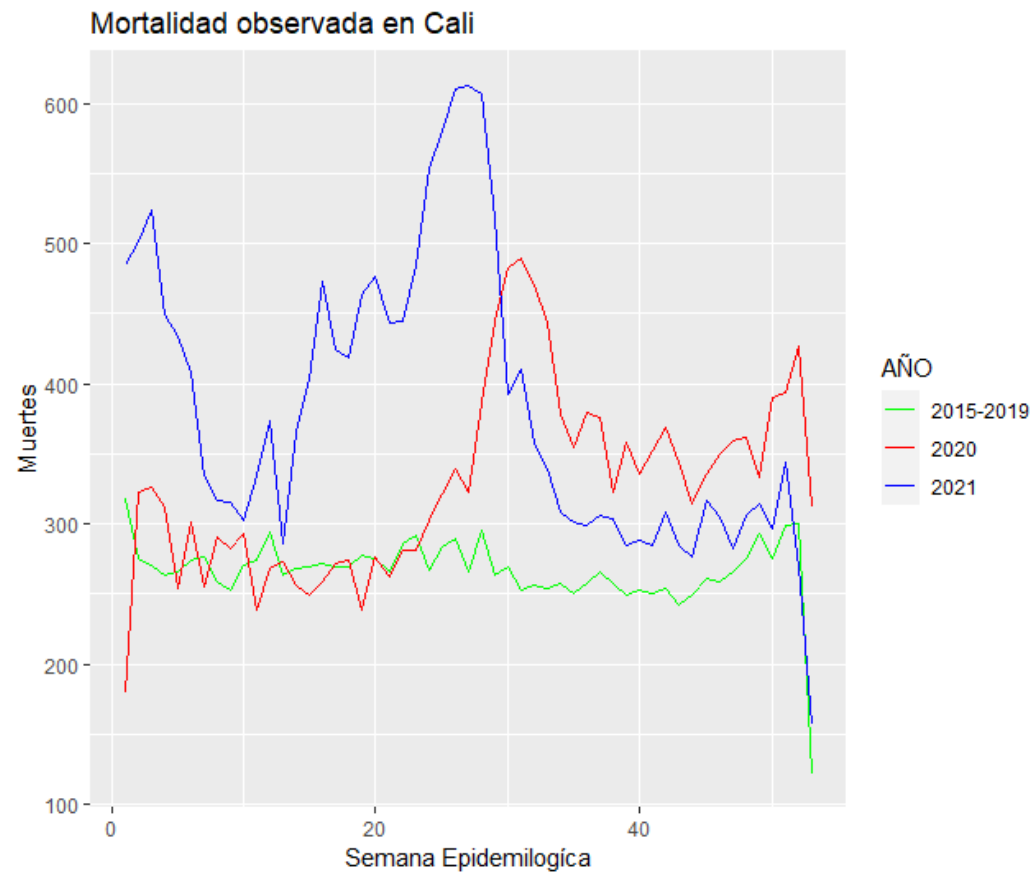
Anexo 14.Exceso de mortalidad municipios año 2020

Municipio	Muertes observadas (O)	Muertes esperadas BN o Quasipoisson	Muertes esperadas promedio	Muertes esperadas Farrington	Exceso de muertes BN	Exceso de muertes promedio	Exceso de muertes Farrington	Tasa de exceso promedio	Tasa de exceso de mortalidad BN o Quasipoisson	Tasa de exceso de mortalidad Farrington	Tasa de muertes2020 por COVID-19
Alcalá	144	127	114	107	17	30	37	2,05	1,16	2,55	0,73
Andalucía	190	158	154	137	32	36	53	1,56	1,39	2,33	0,41
Ansermanuevo	124	132	133	108	- 8 -	9	16	-	-	0,89	0,36
Argelia	36	31	31	36	5	6	-	1,00	0,96	-	0,34
Bolívar	101	108	100	87	2	1	14	0,06	0,14	0,86	0,05
Buenaventura	1.710	1.226	1238	1.500	484	472	210	1,49	1,52	0,66	1,05
Bugalagrande	176	157	140	141	19	36	35	1,41	0,75	1,38	0,20
Caicedonia	214	237	236	186	- 23 -	22	28	-	-	0,96	0,39
Cali	17.397	14.728	14145	14.989	2.669	3.252	2.408	1,44	1,18	1,06	1,22
Calima	108	104	98	82	4	10	26	0,51	0,21	1,38	0,28
Candelaria	566	530	416	469	36	150	97	1,61	0,38	1,04	0,77
Cartago	1.132	1.081	952	965	51	180	167	1,29	0,36	1,19	0,72
Dagua	260	211	229	197	49	31	63	0,63	0,99	1,28	0,51
El Águila	56	58	59	51	- 2 -	3	5	-	-	0,55	0,09
El Cairo	41	38	37,9	37	3	3	4	0,44	0,46	0,58	0,81
El Cerrito	400	311	317	294	89	83	106	1,45	1,56	1,85	0,31
El Dovio	77	72	73	73	5	4	4	0,45	0,60	0,44	0,12
Florida	378	329	304	303	49	74	75	1,27	0,84	1,29	0,91
Ginebra	119	124	124	103	- 5 -	5	16	-	-	0,66	0,32
Guacarí	224	214	203	178	10	21	46	0,61	0,29	1,33	0,61
Guadalajara de Buga	972	918	850	801	54	122	171	0,93	0,41	1,30	0,84
Jamundí	845	676	663	758	169	182	87	1,05	0,98	0,50	0,52
La Cumbre	93	86	82	83	7	11	10	0,64	0,40	0,59	0,28
La Unión	234	167	204	172	67	30	62	0,86	1,95	1,80	0,47
La Victoria	113	105	105	101	8	8	12	0,62	0,63	0,97	0,38
Obando	87	83	82	82	4	5	5	0,37	0,33	0,40	1,14
Palmira	2.554	2.292	2101	2.212	262	453	342	1,27	0,74	0,96	0,75
Pradera	291	272	264	231	19	27	60	0,56	0,38	1,23	0,80
Restrepo	110	102	94	95	8	16	15	0,99	0,49	0,94	0,47
Riofrío	101	89	92	82	12	9	19	0,57	0,73	1,20	0,44
Roldanillo	255	229	234	206	26	21	49	0,57	0,70	1,31	0,49
San Pedro	103	83	88	92	20	15	11	0,82	1,13	0,62	0,39
Sevilla	277	281	278	231	- 4 -	1	46	-	-	1,07	0,33
Toro	107	88	98	83	19	9	24	0,63	1,28	1,62	0,50
Trujillo	121	96	91	107	25	30	14	1,54	1,29	0,72	0,17
Tuluá	1.834	1.732	1355	1.566	102	479	268	2,13	0,46	1,19	0,90
Ulloa	41	36	35	40	5	6	1	1,01	0,81	0,18	0,52
Versalles	62	55	53	57	7	9	5	1,18	0,89	0,68	0,07
Vijes	79	68	70	69	11	9	10	0,72	0,86	0,77	0,56
Yotoco	103	95	94	95	8	9	8	0,58	0,47	0,49	0,39
Yumbo	672	552	527	527	120	145	145	1,34	1,11	1,34	0,96
Zarzal	298	288	244	236	10	54	62	1,27	0,24	1,45	0,87

Anexo 15.Exceso de mortalidad municipio año 2021

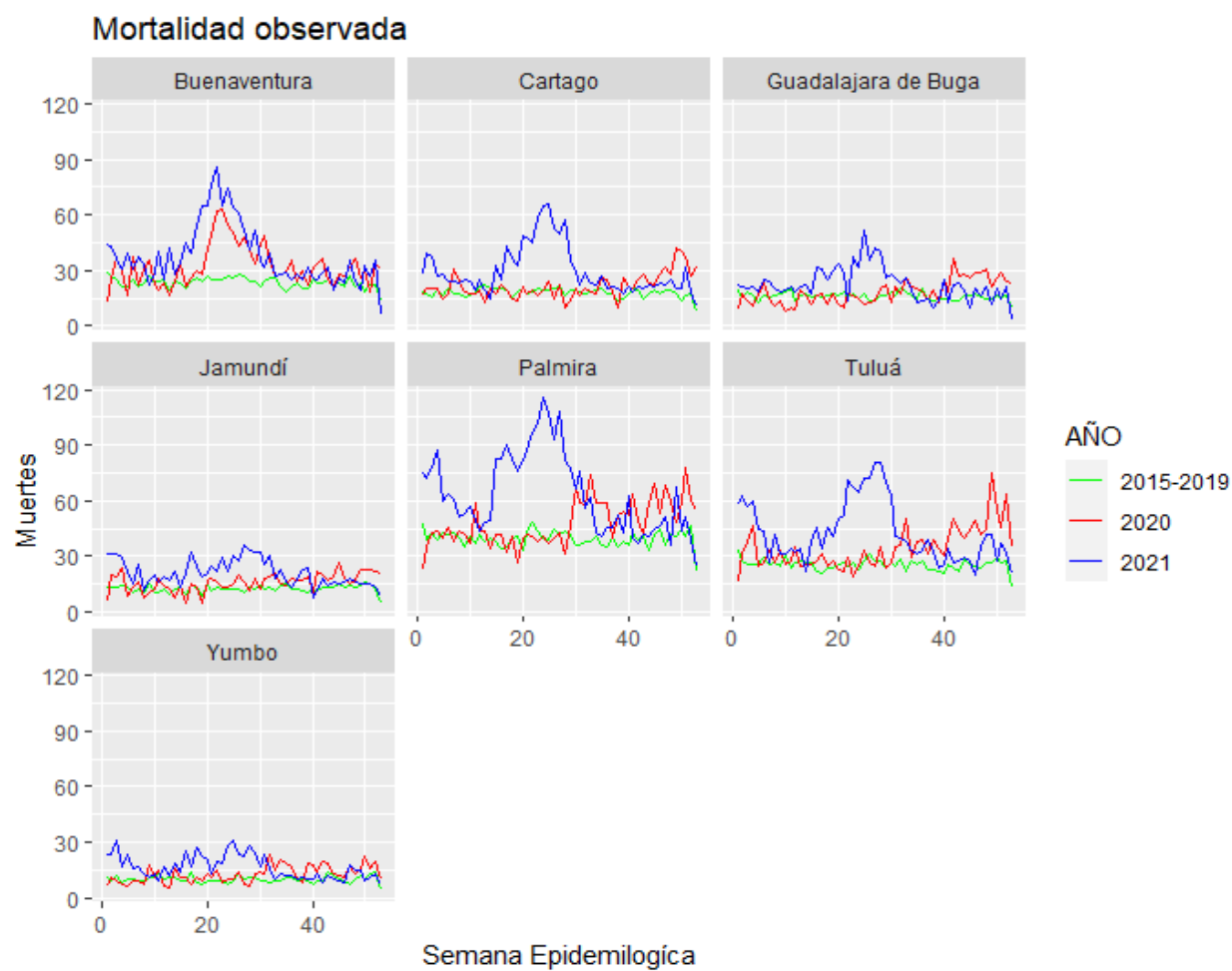
Municipio	Muertes observadas (O)	Muertes esperadas BN o Quasipoisson	Muertes esperadas promedio	Muertes esperadas Farrington	Muertes observadas (O)	Exceso de muertes	Exceso de muertes promedio	Exceso de muertes Farrington	Tasa de exceso promedio	Tasa de exceso de mortalidad BN o Quasipoisson	Tasa de exceso de mortalidad Farrington	Tasa de muertes 2021 por COVID-19
Alcalá	210	134	116	173	210	76	94	37	6,40	5,15	2,52	1,10
Andalucía	218	166	161	165	218	52	57	53	2,48	2,25	2,32	1,76
Ansermanuevo	194	107	134	178	194	87	60	16	3,29	4,80	0,88	2,65
Argelia	37	30	31	37	37	7	6	-	1,10	1,19	0,00	1,10
Bolívar	119	115	104	105	119	4	15	14	0,94	0,26	0,86	0,57
Buenaventura	2013	1.517	1238	1803	2.013	496	775	210	2,41	1,54	0,65	1,66
Bugalagrande	253	188	161	218	253	65	92	35	3,57	2,52	1,36	1,63
Caicedonia	278	247	244	250	278	31	34	28	1,16	1,06	0,95	1,94
Cali	20281	14.923	14145	17873	20.281	5.358	6.136	2.408	2,70	2,36	1,06	2,08
Calima	144	110	103	118	144	34	41	26	2,14	1,77	1,35	1,60
Candelaria	649	596	416	552	649	53	233	97	2,49	0,56	1,04	1,35
Cartago	1577	1.135	952	1410	1.577	442	625	167	4,40	3,11	1,18	2,18
Dagua	342	201	229	279	342	141	113	63	2,29	2,86	1,28	1,13
El Águila	62	56	56	57	62	6	6	5	0,66	0,66	0,55	0,59
El Cairo	48	49	49	44	48	- 1	- 1	4	0,00	0,00	0,57	1,55
El Cerrito	472	302	312	366	472	170	160	106	2,78	2,95	1,84	1,44
El Dovio	89	77	79	85	89	12	10	4	1,11	1,33	0,44	0,29
Florida	519	337	304	444	519	182	215	75	3,69	3,13	1,29	2,47
Ginebra	145	124	125	129	145	21	20	16	0,82	0,85	0,65	0,96
Guacarí	341	218	203	295	341	123	138	46	3,93	3,50	1,31	1,46
Guadalajara de Buga	1194	959	850	1023	1.194	235	344	171	2,60	1,78	1,29	1,79
Jamundí	1116	369	663	1029	1.116	747	453	87	2,53	4,17	0,49	1,24
La Cumbre	116	96	90	106	116	20	26	10	1,49	1,15	0,58	0,60
La Unión	315	140	199	253	315	175	116	62	3,36	5,07	1,80	1,92
La Victoria	126	80	91	114	126	46	35	12	2,79	3,68	0,97	1,78
Obando	115	86	85	110	115	29	30	5	2,36	2,29	0,40	2,53
Palmira	3374	2.366	2101	3032	3.374	1.008	1.273	342	3,56	2,82	0,96	2,31
Pradera	464	281	270	404	464	183	194	60	3,96	3,73	1,22	1,65
Restrepo	150	119	107	135	150	31	43	15	2,65	1,88	0,92	1,59
Riofrío	149	98	99	130	149	51	50	19	3,13	3,23	1,20	1,47
Roldanillo	320	222	229	271	320	98	91	49	2,44	2,61	1,31	2,28
San Pedro	134	96	105	123	134	38	29	11	1,62	2,12	0,61	0,87
Sevilla	413	283	278	367	413	130	135	46	3,11	3,00	1,06	1,31
Toro	134	87	103	110	134	47	31	24	2,07	3,13	1,61	0,90
Trujillo	148	108	101	134	148	40	47	14	2,38	2,03	0,71	1,17
Tuluá	2269	1.837	1355	2001	2.269	432	914	268	3,97	1,88	1,17	2,27
Ulloa	38	32	31	37	38	6	7	1	1,28	1,03	0,17	0,56
Versalles	67	53	50	62	67	14	17	5	2,34	1,93	0,68	0,59
Vijes	93	68	71	83	93	25	22	10	1,70	1,92	0,76	1,31
Yotoco	152	108	106	144	152	44	46	8	2,82	2,69	0,49	1,50
Yumbo	870	556	527	725	870	314	343	145	3,16	2,90	1,34	1,98
Zarzal	364	304	244	302	364	60	120	62	2,81	1,40	1,45	1,38

Anexo 16. Mortalidad observada en Cali por semana epidemiológica periodos 2020 y 2021 versus promedio 2015 a 2019



○

Anexo 17. Mortalidad observada en municipios del Valle del Cauca por semana epidemiológica periodos 2020 y 2021 vs promedio 2015-2019



Anexo 18. Mortalidad observada en municipios del Valle del Cauca por semana epidemiológica periodos 2020 y 2021 vs promedio 2015-2019

