



**EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DEL PLAN NACIONAL DE VACUNACIÓN CONTRA EL  
COVID-19 EN DOS CIUDADES COLOMBIANAS DURANTE EL PERIODO DE EMERGENCIA  
SANITARIA**

Carlos Alberto Reina Bolaños

Tesis doctoral presentada para optar al título de Doctor en Epidemiología

Directora

María Patricia Arbeláez, Doctor (PhD)

Tutores

Maylen Rojas, Doctor (PhD)

Iván Arroyave, Doctor (PhD)

Victoria Soto, Doctor (PhD)

Universidad de Antioquia

Facultad Nacional de Salud Pública Héctor Abad Gómez

Doctorado en Epidemiología

Medellín, Antioquia, Colombia

2024

EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DEL PLAN NACIONAL DE VACUNACIÓN CONTRA EL COVID-19 EN DOS CIUDADES COLOMBIANAS DURANTE EL PERIODO DE EMERGENCIA SANITARIA

Cita	Reina Bolaños [1]
<b>Referencia</b> Estilo IEEE (2020)	[1] Reina Bolaños, CA. Evaluación de efectividad del Plan Nacional de vacunación contra el COVID-19 en dos ciudades colombianas durante el periodo de emergencia sanitaria. [Tesis de doctorado]. Medellín (Colombia): Universidad de Antioquia, 2024.



Doctorado en Epidemiología, Cohorte VIII.

Grupo de Investigación Epidemiología.



**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes

**Decano/Director:** Edwin Rolando González Marulanda

**Jefe departamento:** Beatriz Caicedo Velásquez.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Dedicatoria**

*A ustedes, que, con gestos sencillos, preguntas profundas  
y un inmenso amor al conocimiento, me recordaron que el saber libera.*

## Tabla de contenido

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>16</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>20</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>36</b>
<b>HIPÓTESIS.....</b>	<b>37</b>
<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>38</b>
<u>Tipo de estudio.....</u>	<u>38</u>
<u>Metodología objetivo específico 1 .....</u>	<u>40</u>
Efectividad de las vacunas.....	40
Población de estudio.....	40
Criterios de inclusión y exclusión .....	41
Variables .....	41
Muestra .....	47
Plan de recolección de datos .....	47
Control de sesgos .....	48
Procesamiento y análisis de datos.....	50
<u>Metodología objetivo específico 2.....</u>	<u>56</u>
Plan de recolección de datos .....	57
Criterios de inclusión y exclusión .....	57
Procesamiento y análisis de datos.....	58
<u>Metodología objetivo específico 3.....</u>	<u>59</u>
Entrevista semiestructurada.....	60
Criterios de inclusión y exclusión .....	60
Categorías y muestra.....	61
Plan de recolección de datos .....	62
Procesamiento y análisis de datos.....	63
<u>Aspectos éticos.....</u>	<u>64</u>
<u>Estrategia de divulgación de los resultados .....</u>	<u>65</u>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>68</b>
<u>Resultados objetivo 1.....</u>	<u>68</u>

<u>Resultados Objetivo 2 .....</u>	<u>101</u>
<u>Resultados objetivo 3.....</u>	<u>109</u>
<b><u>DISCUSIÓN .....</u></b>	<b><u>139</u></b>
<b><u>CONCLUSIONES .....</u></b>	<b><u>150</u></b>
<b><u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</u></b>	<b><u>152</u></b>
<b><u>ANEXOS.....</u></b>	<b><u>159</u></b>

## Listado de Tablas

Tabla 1. Datos poblacionales y de vacunación de las ciudades participantes en el estudio. Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, 2022 .....	18
Tabla 2. Plan Nacional de vacunación COVID-19, Etapas y fases de vacunación Colombia 2021 .....	24
Tabla 3. Plan Nacional de vacunación COVID-19, apertura de fases, etapas y respaldo normativo Colombia, 2021.....	26
Tabla 4. Población recomendada para las vacunas contra el COVID-19, Colombia 2021 .....	27
Tabla 5. Numero de dosis aplicadas en ciudades participantes en el estudio. Ministerio de salud y protección social de Colombia, 2023.....	28
Tabla 6. Porcentaje de dosis aplicadas en ciudades participantes en el estudio. Ministerio de salud y protección social de Colombia, 2023 .....	29
Tabla 7. Plataformas dosis de refuerzo. Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, 2022.....	30
Tabla 8. Definición de eventos COVID-19. Instituto Nacional de Salud de Colombia, 2022.....	44
Tabla 9. Operacionalización de variables .....	45
Tabla 10. Posibles sesgos y medidas de control .....	49
Tabla 11. Posibles sesgos y medidas de control en muertes evitadas.....	58
Tabla 12. Proceso de recolección de la información del componente cualitativo ..	62
Tabla 13. Generación de nuevo conocimiento .....	66
Tabla 14. Apropiación social del conocimiento .....	67
Tabla 15. Selección de participantes.....	70
Tabla 16. Características sociodemográficas de la población de estudio de acuerdo a la ocurrencia de desenlaces clínicos durante el seguimiento.....	72
Tabla 17. Estimación del Hazard Ratio (HR) entre los diferentes desenlaces de estudio. Modelo crudo Cali.....	74
Tabla 18. Estimación del Hazard Ratio (HR) entre los diferentes desenlaces de estudio.	

Modelo crudo Montería.....	75
Tabla 19. Estimación del Hazard Ratio (HR) entre los diferentes desenlaces de estudio.	
Modelo ajustado Cali .....	76
Tabla 20. Estimación del Hazard Ratio (HR) entre los diferentes desenlaces de estudio.	
Modelo ajustado Montería .....	77
Tabla 21. Puntuaciones VIF para búsqueda de colinealidad Cali.....	78
Tabla 22. Puntuaciones VIF para búsqueda de colinealidad Montería.....	79
Tabla 23. Efectividad estimada de las vacunas para diferentes los diferentes tipos de desenlaces de estudio durante el periodo de seguimiento (cada dos meses).....	96
Tabla 24. Efectividad estimada de las vacunas para diferentes grupos de edad por intervalos de aplicación .....	99
Tabla 25. Muertes evitadas para la ciudad de Cali según grupo poblacional .....	102
Tabla 26. Muertes evitadas para la ciudad de Cali según mes en el estudio .....	102
Tabla 27. Muertes evitadas para la ciudad de Montería según grupo poblacional	106
Tabla 28. Muertes evitadas para la ciudad de Montería según mes en el estudio	106
Tabla 29 Diferencia en muertes evitadas .....	108

## Listado de figuras

Figura 1. Casos de COVID-19 notificados al sistema nacional de vigilancia epidemiológica de Colombia (SIVIGILA) por fecha de inicio de síntomas en las ciudades de estudio, 2020 – 2022.....	16
Figura 2. Numero de variantes de preocupación virus SARS CoV-2 de circulación en Colombia, 2023.....	17
Figura 3. Componentes de un programa y pregunta de evaluación .....	32
Figura 4. Componentes de implementación PNV Colombia.....	33
Figura 5. Niveles rectoría de implementación PNV Colombia .....	34
Figura 6. Teoría del cambio.....	35
Figura 7. Gráfico Acíclico Dirigido DAG.....	42
Figura 8. Fuentes de información bases de datos.....	48
Figura 9. Desenlaces para eventos .....	52
Figura 10. Censuras para eventos .....	54
Figura 11. Gráfico de curvas de supervivencia.....	83
Figura 12. Gráfico de curvas de calibración .....	88
Figura 13. Curva ROC.....	90
Figura 14. Gráfico de curvas de efectividad .....	93
Figura 15. Muertes observadas y evitadas durante los meses de estudio en Cali	104
Figura 16. Muertes evitadas según cobertura y efectividad según grupos de edad y ciudad .....	105
Figura 17. Muertes observadas y evitadas durante los meses de estudio en Montería .....	107
Figura 18. Nube palabras entrevistas actores clave PNV.....	110
Figura 19. Categorías deductivas entrevistas Cali.....	111
Figura 20. Categorías inductivas principios Cali .....	114
Figura 21. Categorías inductivas requerimientos Cali .....	117
Figura 22. Categorías inductivas actividades Cali .....	120
Figura 23. Categorías inductivas productos Cali .....	122



Figura 24. Categorías inductivas resultados Cali .....	124
Figura 25. Categorías deductivas entrevistas Montería.....	125
Figura 26. Categorías inductivas principios Montería .....	127
Figura 27. Categorías inductivas requerimientos Montería .....	130
Figura 28. Categorías inductivas actividades Montería .....	134
Figura 29. Categorías inductivas productos Montería .....	136
Figura 30. Categorías inductivas resultados Montería.....	138

## RESUMEN

En Colombia, hasta junio de 2023, se reportaron 66,369,916 casos de COVID-19 y 142,780 fallecidos. El Plan Nacional de Vacunación (PNV) fue la principal estrategia para enfrentar la pandemia, aunque sus resultados variaron entre territorios pese a contar con los mismos biológicos y normatividad.

Este estudio evaluó la efectividad del PNV en Cali y Montería, dos ciudades con características sociodemográficas distintas. Cali, con más de dos millones de habitantes, registró 365,789 casos y una tasa de mortalidad de 378 por cada 100,000 habitantes. Montería, con medio millón de habitantes, reportó 61,259 casos y una tasa de mortalidad de 362.

Se analizaron cohortes de población vacunada (“expuesta”) y no vacunada (“no expuesta”), estimando las muertes evitadas y evaluando la implementación operativa del PNV. Los resultados mostraron que la vacunación redujo significativamente las hospitalizaciones y, de forma más notable, los fallecimientos, con las mayores estimaciones de efectividad en ambas ciudades.

Cali registró proporcionalmente más muertes evitadas debido a su mayor cobertura y rapidez en la vacunación. Factores como experiencia, liderazgo, comunicación, monitoreo y sistemas de información fueron claves en la implementación del PNV, según las Secretarías de Salud de ambas ciudades.

Palabras clave: COVID-19; Coronavirus; SARS-CoV-2; Efectividad; Vacuna; Plan de vacunación; Efectividad de la vacunación

## ABSTRACT

By June 2023, Colombia reported 66,369,916 COVID-19 cases and 142,780 deaths. The National Vaccination Plan (PNV) was the primary strategy to address the pandemic, although its outcomes varied across regions despite using the same vaccines and guidelines.

This study evaluated the effectiveness of the PNV in Cali and Montería, two cities with different sociodemographic characteristics. Cali, with over two million inhabitants, reported 365,789 cases and a mortality rate of 378 per 100,000 inhabitants. Montería, with half a million inhabitants, recorded 61,259 cases and a mortality rate of 362.

Cohorts of vaccinated (“exposed”) and unvaccinated (“unexposed”) populations were analyzed to estimate avoided deaths and assess the operational implementation of the PNV. Results showed that vaccination significantly reduced hospitalizations and, more notably, deaths, with the highest effectiveness estimates in both cities.

Cali recorded proportionally more avoided deaths due to higher vaccination coverage and faster implementation. Factors such as experience, leadership, communication, monitoring, and information systems were identified as critical to the PNV’s implementation by the Health Secretariats in both cities.

Keywords: COVID-19; Coronavirus; SARS-CoV-2; Effectiveness; Vaccine; Vaccination Plan; Vaccine Effectiveness

## INTRODUCCIÓN

El SARS-CoV-2 es el virus causante de la enfermedad COVID-19, enfermedad cuyos primeros casos fueron detectados en diciembre del año 2019 en la ciudad de Wuhan, provincia de Hubei en China cuya transmisión se expandió rápidamente alrededor del mundo, alcanzando para el 15 de febrero del 2022 un total de 108.579.352 de casos y 2.396.408 muertes registradas (1). En su momento la principal medida para prevenir la aparición de la enfermedad y sus consecuencias ha sido la vacunación, cuya eficacia en grupos controlados ha sido ampliamente estudiada con resultados satisfactorios en la mayor parte de las vacunas disponibles en el mercado(1), por lo cual, las naciones alrededor del mundo adoptaron diferentes tipos de estrategias para inmunizar la mayor cantidad de población en sus territorios.

Colombia es un país latinoamericano con 51.049.498 habitantes proyectados para el 2021 (2), siendo un país diverso en cultura y biodiversidad. Las consecuencias de la pandemia en términos de morbilidad y mortalidad también se distribuyeron de forma irregular entre la población, siendo las características sociales y económicas algunos de los factores diferenciadores de estos desenlaces (3).

El primer caso de COVID-19 registrado para Colombia ocurrió en marzo del 2020, 3 meses después de la identificación del virus en el mundo, declarándose la emergencia sanitaria el 12 de marzo de ese año mediante la Resolución No. 385 cuya vigencia llegó hasta el 30 de junio de 2022. La Resolución contemplaba criterios para el acceso a las medidas de prevención, diagnóstico y tratamiento en los habitantes del territorio nacional. Al mes de junio del 2023 Colombia ya acumulaba un total de 6.369.916 casos y 142.780 muertes, los cuales se concentraron principalmente en las ciudades capitales del país (4).

Para este estudio se toman dos ciudades capitales ubicadas en diferentes regiones del país con estructuras administrativas diferentes, Cali como distrito y Montería

como municipio categoría uno, siendo esta diferencia administrativa un factor que le permite mayor autonomía en el manejo de recursos y capacidades de toma de decisión a la ciudad de Cali. La ciudad de Cali presentaba una población de 2'297.230 habitantes al 2022 y está ubicada en el departamento del Valle del Cauca en la región Pacífica, ciudad que ocupaba en el 2022 el tercer lugar en número total de casos confirmados de COVID-19 a nivel nacional, con un total de 365.789 casos, 8.637 fallecidos y una tasas de mortalidad de 378 fallecidos por cada 100.000 personas a finales del 2022, por otra parte, la ciudad de Montería con una población de 512.994 habitantes al 2022 capital del departamento de Córdoba quien ocupaba el puesto 17 en número de casos nacionales con 61.259 casos confirmados, 1.860 fallecimientos y una tasas de mortalidad de 362 fallecidos por cada 100.000 personas a finales del mismo año (2, 5). Es de anotar que el número de casos detectados está relacionado con el número de pruebas realizadas y con factores de acceso a las pruebas y casos asintomáticos que son difíciles de detectar, por lo cual, puede presentarse subestimación en el número de casos presentes en un determinado territorio y enfocándose solo en casos confirmados (6).

Como respuesta a la necesidad de un tratamiento efectivo y temprano la OMS (Organización Mundial de la Salud) conformó el grupo SAGE (*Strategic Advisory Group of Experts on Immunization*) con el fin de evaluar las vacunas en investigación hasta la fase 3 de eficacia, es decir, investigadas en condiciones controladas en la población objeto y según sus resultados examinar la posibilidad de dar autorización para su aplicación masiva como medida de emergencia (7).

Por otra parte, el CDC de los Estados Unidos brindo asesoría sobre la implementación de planes de vacunación contra el COVID-19 para varios países incluido Colombia, en donde se reforzaron las capacidades institucionales existentes del Plan Ampliado de Inmunizaciones PAI(8).

Bajo este marco en Colombia se adoptó el Plan Nacional de Vacunación COVID-19 (PNV), diseñado como ruta metodológica para la aplicación de los biológicos,

establecimiento de la población objeto, criterios de priorización, fases y la ruta para la aplicación de la vacuna, responsabilidades de cada actor tanto del Sistema General de Seguridad Social en Salud, así como el procedimiento para el pago de los costos de su ejecución. Esta ruta basa sus criterios de aplicación de los biológicos en el riesgo epidemiológico, tomando como criterios básicos la edad, la ocupación, la presencia de comorbilidades asociadas a incremento de enfermedad grave y muerte por COVID-19 y el nivel de exposición, con el objetivo de “Reducir la morbilidad grave y la mortalidad específica por COVID-19, disminuir la incidencia de casos graves y la protección de la población que tiene alta exposición al virus y reducción del contagio en la población general” (9).

Sin embargo, las consecuencias de la pandemia en términos de morbilidad y mortalidad a causa del COVID-19 han sido diferentes dentro de la población pese a contar con una política nacional y de la aplicación de los mismos biológicos (5, 10). Esto debido a que las condiciones en las que se desarrolla el PNV pueden afectar la implementación del mismo y contribuir a las diferencias observadas entre las regiones y a los resultados en salud de su población (1). Condiciones que no son exploradas comúnmente en las evaluaciones de efectividad de las vacunas contra el COVID-19.

Es esencial tener en cuenta estas diferencias en las condiciones de los territorios y adaptar las medidas de salud pública para abordar las necesidades específicas de cada lugar, con el objetivo de reducir las disparidades y minimizar el impacto negativo en todas las comunidades. Frente a estas condiciones de implementación de los programas de vacunación en el mundo real que pueden afectar los resultados de las intervenciones en salud, se utiliza en este caso la evaluación de efectividad del PNV.

Esta investigación pretende evaluar la efectividad del Plan Nacional de Vacunación considerando las características operativas de implementación del plan en los territorios el periodo de emergencia sanitaria mediante la siguiente pregunta de

investigación: ¿Cuál es la efectividad del PNV considerando las características operativas de implementación del plan en las ciudades de Montería y Cali durante el periodo de emergencia sanitaria?

## JUSTIFICACIÓN

Desde la aparición del primer caso de COVID-19 en Colombia (5), el virus se esparció rápidamente por el territorio nacional. Como se observa en la Figura 1, en donde se observan cinco picos de contagio por los que paso el país, siendo el cuarto pico el más alto en las dos ciudades participantes del estudio ocasionado por la variante ómicron (4), variante de alta transmisibilidad que elevó en corto tiempo el número de casos.

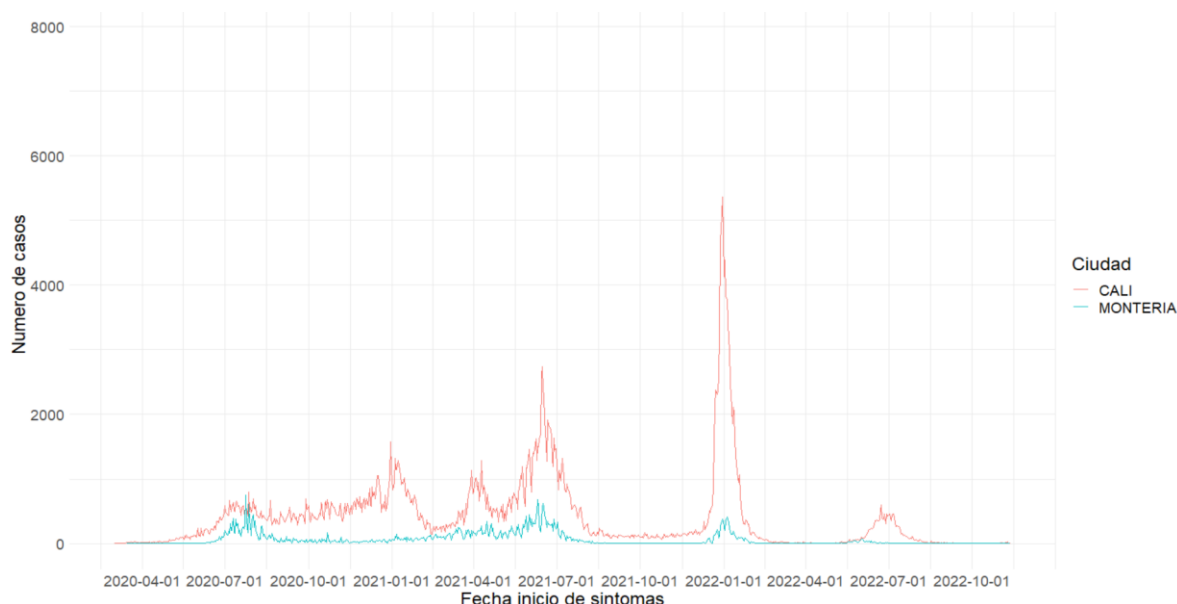


Figura 1. Casos de COVID-19 notificados al sistema nacional de vigilancia epidemiológica de Colombia (SIVIGILA) por fecha de inicio de síntomas en las ciudades de estudio, 2020 – 2022

Tomado de: Instituto Nacional de Salud. Construcción propia(5).

En Colombia, el Instituto Nacional de Salud monitorea la circulación de las variantes de interés del SARS-CoV-2, variantes que han traído consigo características particulares que modifican su grado de severidad o velocidad de propagación como en el caso de la variante B.1.1 (Ómicron) presente en el cuarto pico de contagio, la variante XBB.1.5 fue identificada como el linaje dominante en el país desde enero de



2023 y continúa siéndolo a julio del 2023 al igual que para la región de las Américas. (Figura 2).

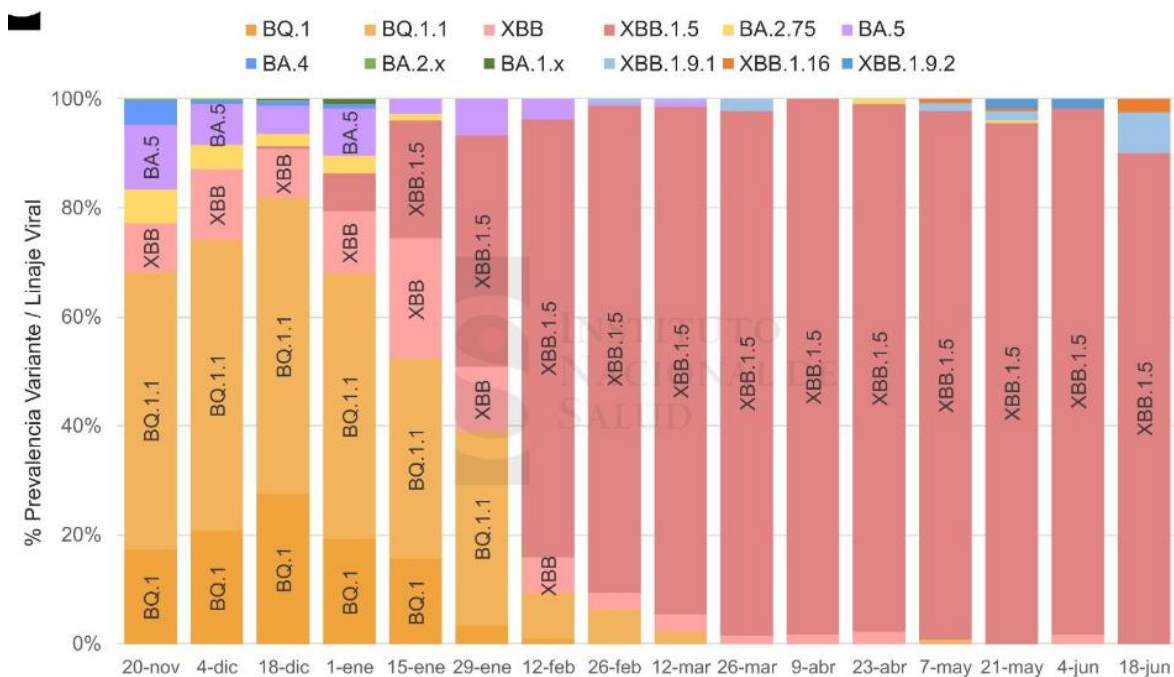


Figura 2. Numero de variantes de preocupación virus SARS CoV-2 de circulación en Colombia, 2023

Tomado de: Instituto Nacional de Salud – Programa Nacional de caracterización genómica de SARS-CoV-2(5)

El PNV dentro de su estructura operativa mantiene los mismos lineamientos para todo el territorio nacional en Colombia, los cuales consisten en facilitar el acceso a los biológicos contra el COVID-19 de forma gradual priorizando a la población con mayor riesgo de mortalidad y contagio, inicialmente se concentra en reducir los casos de mortalidad y casos graves dentro de la población mayor de 50 y población con alto contacto de riesgo como lo son los profesionales de salud y personal de apoyo, para luego continuar con el resto de la población para disminuir el contagio (9). Para esto las entidades territoriales fueron las encargadas de diseñar y aplicar las estrategias necesarias para la aplicación de biológicos en el menor tiempo posible según la cantidad de biológicos en el país.

Estas entidades territoriales presentan capacidades otorgadas por la clasificación territorial de sus municipios o distritos, acorde con su población, ingresos corrientes de libre destinación y situación geográfica, permitiendo que las entidades cuenten con mayor autonomía en el manejo de recursos, disponibilidad de estos, funciones de rectoría y toma de decisiones. Razón por la cual se seleccionan las dos ciudades capitales de estudio con diferente clasificación y ubicadas en diferentes zonas del país.

Al presentarse el fin de la emergencia sanitaria en junio del 2022, las dos ciudades de estudio presentan coberturas de vacunación diferentes como se muestra en la Tabla 1. Se aclara que el rezago de información de población vacunada entre la información reportada y la aplicación real es cerca del 8% (11).

Tabla 1. Datos poblacionales y de vacunación de las ciudades participantes en el estudio. Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, 2022

<b>Ciudad</b>	<b>Población (DANE proyección 2022)</b>	<b>Primera dosis (%)</b>	<b>Esquema completo (%)</b>
Cali	2'297.230	1.389.017(60,46)	1.386.117 (60,34)
Montería	512.994	325.970 (63,15)	303.338 (58,76)

Tomado de: Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia (10).

Pese a que los lineamientos del PNV y su fecha de inicio son los mismos para las ciudades de estudio, los desenlaces en salud de infección, hospitalización y muerte por COVID-19 son diferentes en los territorios, por lo que es necesario conocer las condiciones de implementación de este plan en los territorios y cómo estas pueden afectar la ocurrencia de dichos desenlaces.

Por un parte, las vacunas suelen ser evaluadas en términos de la eficacia protectora de los biológicos, en condiciones controladas y comúnmente en ensayos clínicos de

fase 3, mientras que, por otro lado, los planes de vacunación miden el efecto poblacional y no solo el de las personas vacunadas, se desarrollan en condiciones reales y usan diferentes tipos de diseños principalmente observacionales.

Por lo anterior, se hizo necesaria la aplicación de una evaluación de efectividad del PNV, la cual examina los factores que afectan los resultados de una intervención en salud cuando es aplicada a todo el conjunto de la población en las condiciones de la vida real (12), a diferencia de las evaluaciones de seguridad y eficacia, las cuales se realizan en grupos cerrados en condiciones controladas (1).

Conocer la efectividad del PNV en estas dos ciudades de estudio permitió identificar los factores que facilitan o dificultan el éxito de esta, dado que son ciudades que comparten los biológicos aplicados, pero no estructuras administrativas o poblacionales, además de estar ubicadas en dos zonas diferentes de Colombia con culturas y costumbres propias, lo cual permite evaluar la efectividad del PNV más allá de solo la efectividad de las vacunas.

El estudio de la efectividad del PNV permitirá de entender como las características operativas en implementación de una intervención en salud publica puede influir en la efectividad de esta y de los desenlaces en salud que se quieren prevenir, disminuyendo la incertidumbre frente a como intervenir una emergencia en salud pública prioritaria para la nación, la región y el mundo, como lo es la prevención, preparación y respuesta ante pandemias.

## MARCO TEÓRICO

La evaluación es un importante instrumento para la toma de decisiones en cualquier tipo de intervención al mostrar lo que sucedió desde una perspectiva retrospectiva. Por otro lado, intenta explicar las razones detrás de los eventos ocurridos en una dirección particular(13). Esta puede aplicarse a diferentes tipos de intervenciones, como es el caso políticas, programas o modelos, dado que estas no solo se centran en los resultados, sino que también examina los procesos involucrados y emite juicios sobre la deseabilidad de la intervención.

En el caso de las evaluaciones en salud pública se encuentran aspectos que limitan las opciones de evaluación con diseños tradicionales. Entre estas limitaciones destacan la complejidad de las intervenciones, que habitualmente tienen múltiples componentes, y la dificultad de establecer un grupo de comparación sin intervención. Por otra parte, se presentan múltiples tipos de clasificaciones dependiendo la perspectiva bajo la cual se pretenda abordar la evaluación, al observarlas según el nivel en el que se encuentran las evaluaciones de estructura, procesos, resultados o estrategias, al abordarlas desde la finalidad se encuentran las formativas o sumativas, según su perspectiva como de desarrollo, gestión, experimental o económica(14).

Como punto en común entre las diferentes evaluaciones de intervenciones en salud, se encuentra que son procesos sistemáticos y rigurosos diseñados para medir el efecto de las intervenciones, programas o políticas implementadas. Estas evaluaciones se llevan a cabo para comprender cómo una intervención afecta a la población objetivo y si ha logrado los resultados deseados, siendo uno de sus objetivos principales mejorar los resultados en salud (15).

Por tanto, las evaluaciones deben poder establecer si se ha producido un cambio deseado en la salud, si este cambio es significativo en torno a los objetivos de la intervención y en lo posible determinar si los cambios fueron una consecuencia

directa de la intervención de salud pública en lugar de un resultado de otros eventos o factores (15). Sin embargo, en muchas de las intervenciones en salud, es difícil demostrar que un cambio está directamente vinculado a una intervención, especialmente las intervenciones en un ambiente no controlado.

Las intervenciones en Salud pública requieren en su gran mayoría la implementación de estrategias múltiples, regularmente simultáneas, combinadas o en secuencia, siendo difícil atribuir un efecto a un componente en particular de una intervención. Por otra parte, realizar una evaluación empleando diseños experimentales (clasificados como el *Gold estándar*), es casi improbable en la práctica y desaconsejable, debido a que no se adaptan a la realidad (11). Por tal motivo han surgido diversos enfoques y metodologías que permiten realizar evaluaciones confiables, coherentes a las etapas del desarrollo de una intervención y que permiten la toma de decisiones.

La evaluación de los resultados consiste esencialmente en verificar si se han alcanzado los objetivos establecidos, pudiendo determinar los resultados directos o inmediatos y/o los resultados a largo plazo. En las evaluaciones de resultados, es importante identificar las diferencias entre las evaluaciones de eficacia y las de efectividad. Según la definición de la Oficina de Evaluación de Tecnología, OTA, la eficacia se refiere a la *“probabilidad de que individuos de una población definida obtengan un beneficio de la aplicación de una tecnología en salud a un problema determinado en condiciones ideales de uso –controladas–”*. Por su parte, la efectividad se refiere a la *“probabilidad de que individuos de una población definida obtengan un beneficio de la aplicación de una tecnología en salud a un problema determinado en condiciones normales de uso –no controladas–”* (15).

Para el caso del presente estudio se desarrollará una evaluación de efectividad de un plan de vacunación, la cual consiste esencialmente en verificar si se han alcanzado los objetivos establecidos en la población objetivo en condiciones reales no controladas, lo cual estaría determinado por un cambio observable en los

indicadores de resultado (15). Las evaluaciones de efectividad de las vacunas de un programa de vacunación evalúa los resultados sanitarios en individuos vacunados bajo condiciones habituales de práctica clínica o programas de salud pública, que pueden diferir significativamente de las condiciones ideales(16).

Al centrarse en los estudios para estimar la efectividad en las vacunas contra el COVID-19, se ha encontrado que son efectivas en la prevención del COVID-19, especialmente en la reducción de casos graves y fatales frente a todas las variantes de interés, pero la calidad de la evidencia varía enormemente en función de las vacunas consideradas(17). Siendo estos estudios principalmente enfocados en población adulta(18).

Estas investigaciones presentan diferentes tipos de diseños metodológicos de tipo observacional para estimar la efectividad en condiciones del mundo real de las vacunas contra el COVID-19, la mayoría de ellos reportes de casos, series de caso o estudios de cohorte(17). Sin embargo, las características con las que se desarrollan los planes no son tenidas en cuenta desde la perspectiva de evaluación de planes de vacunación en estas investigaciones y se centran en la evaluación de efectividad de las vacunas más que del plan de vacunación.

#### Plan Nacional de Vacunación contra el COVID-19 Colombia

El PNV es la estrategia mediante la cual se pretende vacunar a la mayor cantidad de la población del territorio nacional. Los criterios de priorización fueron definidos de acuerdo con los principios orientadores de la política: la solidaridad, eficiencia, beneficencia, primacía del interés general, justicia social y distributiva, equidad, transparencia, progresividad, acceso y accesibilidad e igualdad, con el propósito de propiciar que la población más vulnerable ante el virus accediera primero a los biológicos, en un escenario inicial de escasez global (9).

A diciembre del 2020, algunas vacunas contra la COVID-19 habían recibido autorización de uso de emergencia en países específicos y contaban con aprobación de las Autoridades Regulatorias como la Food and Drug Administration FDA para EEUU y la European Medicines Agency EMA para Europa. Sin embargo, no existían vacunas contra el COVID-19 con aprobación reglamentaria a nivel mundial para su uso generalizado en la población. En Colombia con el PNV se aprobó la aplicación de las vacunas desarrolladas por Pfizer (BNT162b2), Moderna (mRNA-1273), AstraZeneca (ChAdOx1), Janssen (Ad26.COV2.S) y Sinovac (CoronaVac) con el permiso de INVIMA.

La OMS ha proporcionado orientación sobre la eficacia preferida y mínima que las vacunas contra el COVID-19 (7), así:

- Preferida: Por lo menos 70% de eficacia en la población base con resultados consistentes en adultos mayores.
- Mínima: Idealmente con una estimación del 50% y con demostración clara de eficacia en la población base.

A partir de febrero del 2021 se comenzó a distribuir y aplicar las vacunas contra el COVID-19 en Colombia. No obstante, dichas dosis llegaron al país paulatinamente, por lo que el proceso de vacunación se hizo gradual. La cadena de suministro disponía los biológicos de acuerdo con su llegada al país. De igual forma, la aplicación de los biológicos se dividió en cinco etapas basadas en principios éticos, epidemiológicos y logísticos.

Como se puede observar en la Tabla 2, la primera fase, que obedece a los objetivos primarios, contempla las etapas 1, 2 y 3, con estas se busca reducir la incidencia de casos graves de COVID-19, proteger el talento humano en salud y personal de apoyo, a los cuidadores de poblaciones de especial protección y a la fuerza pública. Con la fase 2 que incluye las etapas 4 y 5 se buscó la reducción del contagio en la población general.

Tabla 2. Plan Nacional de vacunación COVID-19, Etapas y fases de vacunación Colombia 2021

Etapa 1	Fase 1		Fase 2	
	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5
Personas de 80 y más años	Personas entre 60 y 79 años	Personas entre 50 y 59 años	Personas entre 40 y 49 años.	Población mayor de 12 años no priorizada en las etapas 1 a 4
Trabajadores de la salud y apoyo de atención a áreas COVID-19	Todo el talento humano en salud, personal de apoyo, convenios que no trabajen en los servicios de salud en cualquier nivel y que no hayan sido priorizados en la etapa 1.	Agentes educativos, madres y padres comunitarios identificados por ICBF.	Personas Privadas se la Libertad. Personal con contacto con PPL.	
	Talento humano en salud y apoyo que atiende a pacientes en prestadores de servicios de salud.	Fuerzas militares y policía Personal de unidad de búsqueda de personas. Personal de migración Colombia. Personal Fiscalía. Personal DIAN. Personal Unidad Nacional de Protección.	Personal de primera respuesta en gestión del riesgo.	



EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DEL PLAN NACIONAL DE VACUNACIÓN CONTRA EL COVID-19 EN DOS CIUDADES COLOMBIANAS DURANTE EL PERIODO DE EMERGENCIA SANITARIA

Fase 1		Fase 2	
Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4 Etapa 5
	Médicos tradicionales, sabedores ancestrales y agentes de salud propia.	Cuidadores de población de especial protección. Guardia Indígena y Cimarrona Talento humano de funerarias, centros crematorios y cementerios que manipulen cadáveres.	Talento humano de comisarías de familia
	Estudiantes en práctica clínica. Talento humano que apoya la respuesta a la pandemia. Talento humano en salud que atiende pacientes en espacios diferentes a las IPS. talento humano que labora en bancos de sangre, órganos y tejidos.	Personas entre 12 y 59 años con comorbilidades priorizadas	Talento humano de campo de emergencias y desastres de la UNGRD
		Docentes, administrativos y apoyo logístico desde la educación inicial a la superior.	Habitantes de calle Personal de apoyo a habitantes de calle

EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DEL PLAN NACIONAL DE VACUNACIÓN CONTRA EL COVID-19 EN DOS CIUDADES COLOMBIANAS DURANTE EL PERIODO DE EMERGENCIA SANITARIA

Fase 1			Fase 2	
Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5
		Personal de los y las gestores sociales de la Nación.	Pilotos y auxiliares de vuelo, tripulación de barcos de carga y personal aeronáutico de alto riesgo.	

Modificado de: Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia (19).

Durante los meses de febrero a junio del 2021 se desarrolla la fase 1, siendo el 17 de junio el inicio de la fase 2, fase en la cual la vacunación se abre para toda la población mayor de 2 años en Colombia como se observa en la tabla 3 (19).

Tabla 3. Plan Nacional de vacunación COVID-19, apertura de fases, etapas y respaldo normativo Colombia, 2021

Fase	Etapa	Fecha apertura	Normatividad
1	1	17 de febrero 2021	Decreto 109 de 29 enero de 2021 Resolución 168 de 16 de febrero de 2021
	2	8 de marzo 2021	Resolución 303 de 06 marzo de 2021
	3	22 de mayo 2021	Decreto 466 DEL 8 DE MAYO DE 2021 Resolución 652 del 21 de mayo de 2021
2	4	17 de junio 2021	Resolución 813 de 17 de junio de 2021

EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DEL PLAN NACIONAL DE VACUNACIÓN CONTRA EL COVID-19 EN DOS CIUDADES COLOMBIANAS DURANTE EL PERIODO DE EMERGENCIA SANITARIA

<b>Fase</b>	<b>Etapa</b>	<b>Fecha apertura</b>	<b>Normatividad</b>
5		17 de julio 2021	Resolución 1022 de 14 de julio de 2021

Modificado de: Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia (19).

Colombia tenía a la fecha del fin de la emergencia sanitaria 5 vacunas autorizadas para ser usadas en toda la población mayor de 18 años, en el caso de la población entre 12 y 17 años se usa la vacuna BNT162b2 o mRNA-1273 exclusivamente dado que estas cuentan con estudios que respaldan su aplicación en estas poblaciones. En el caso de la población de 3 a 11 años es vacunada de forma exclusiva con el biológico CoronaVac, por lo cual la vacuna CoronaVac es permitida para la población de 3 a 11 años y de 18 en adelante (Tabla 4).

Tabla 4. Población recomendada para las vacunas contra el COVID-19, Colombia 2021

<b>Vacuna</b>	<b>Población objeto</b>	<b>Normatividad</b>
BNT162b2	Gestantes, de 12 a 17 y población en general mayor de 18	Resolución 2021027977 del 09 julio de 2021 Resolución 1426 del 15 de septiembre del 2021
mRNA-1273	12 a 17 y mayores de 18	Resolución 1379 del 07 de septiembre del 2021
CoronaVac	3 a 11 y población en general mayor de 18.	Resolución 1738 del 29 de octubre del 2021 Decreto 466 DEL 8 DE MAYO DE 2021

EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DEL PLAN NACIONAL DE VACUNACIÓN CONTRA EL COVID-19 EN DOS CIUDADES COLOMBIANAS DURANTE EL PERIODO DE EMERGENCIA SANITARIA

<b>Vacuna</b>	<b>Población objeto</b>	<b>Normatividad</b>
Ad26.COVS.S	Población en general mayor de 18	Resolución 1426 del 15 de septiembre del 2021
ChAdOx1	Población en general mayor de 18	Resolución 1426 del 15 de septiembre del 2021 Resolución 2021005436 de 23 febrero 2021

Modificado de: Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia (19).

Al mes de mayo del 2023 se habían aplicado 81.288.858 dosis de vacunas según la información reportada al Ministerio de Salud con ritmo de aplicación superior entre los meses de mayo y noviembre del 2021 como se observa en la tabla 5. El rezago generado por el retraso en el reporte de la aplicación de las vacunas fue del 8%(5).

Tabla 5. Numero de dosis aplicadas en ciudades participantes en el estudio. Ministerio de salud y protección social de Colombia, 2023

<b>Mes</b>	<b>Cali</b>	<b>Montería</b>	<b>Colombia</b>
<b>Feb-21</b>	8.517	1.165	144.756
<b>Mar-21</b>	125.469	19.431	2.276.801
<b>Abr-21</b>	271.642	42.013	5.024.585
<b>May-21</b>	510.814	85.449	10.114.664
<b>Jun-21</b>	962.735	165.403	18.492.137
<b>Jul-21</b>	1.333.623	245.715	27.252.429
<b>Ago -21</b>	1.636.804	312.367	34.814.296
<b>Sep -21</b>	1. 845.522	351.718	39.557.076
<b>Oct -21</b>	2.051.839	407.670	45.967.290
<b>Nov -21</b>	2.349.712	500.538	54.328.595

EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DEL PLAN NACIONAL DE VACUNACIÓN CONTRA EL COVID-19 EN DOS CIUDADES COLOMBIANAS DURANTE EL PERIODO DE EMERGENCIA SANITARIA

<b>Mes</b>	<b>Cali</b>	<b>Montería</b>	<b>Colombia</b>
<b>Dic -21</b>	2.541.489	546.428	60.268.935
<b>Ene -22</b>	2.743.403	614.897	66.364.463
<b>Feb-22</b>	2.915.787	648.023	70.754.402
<b>Mar-22</b>	3.032.686	671.969	73.509.525
<b>Abr-22</b>	3.102.996	684.753	75.118.977
<b>May-22</b>	3.154.011	686.168	76.489.244
<b>Jun-22</b>	3.192.141	706.097	77.578.771
<b>Jul-22</b>	3.236.551	714.512	78.562.996
<b>Ago -22</b>	3.263.537	719.666	79.392.630
<b>Sep -22</b>	3.280.707	723.414	79.983.561
<b>Oct -22</b>	3.291.993	726.154	80.325.117
<b>Nov -22</b>	3.300.698	727.974	80.572.115
<b>Dic -22</b>	3.308.491	729.935	80.850.723
<b>Ene -23</b>	3.316.164	731.234	81.067.530
<b>Feb-23</b>	3.320.175	732.833	81.183.397
<b>Mar-23</b>	3.322.810	733.741	81.255.430
<b>Abr-23</b>	3.323.849	734.279	81.288.395
<b>May-23</b>	3.323.882	734.281	81.288.858

Tomado de: Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia (10).

De estas dosis aplicadas en las ciudades de estudio la mayor parte pertenecen al biológico BNT162b2 seguido por CoronaVac, al igual que lo registrado en el resto del territorio nacional. Tabla 6.

Tabla 6. Porcentaje de dosis aplicadas en ciudades participantes en el estudio.

Ministerio de salud y protección social de Colombia, 2023

<b>Esquema</b>	<b>Cali (n=1.386.117)</b>	<b>Montería (n=734.281)</b>	<b>Colombia (n=81.288.876)</b>
ChAdOx1	522.623 (15,7%)	1000.488 (13,7%)	12.404.550 (15,3%)
Ad26.COVS.S	258.538 (7,8%)	51.049 (6,9%)	7.926.885 (9,7%)
mRNA-1273	527.074 (15,9%)	134.891 (18,4%)	13.728.245 (16,9%)
BNT162b2	1.181.551 (35,5%)	266.768 (36,3%)	24.031.394 (29,6%)
CoronaVac	834.096 (25,1%)	181.085 (24,7%)	23.197.802 (28,5%)

Modificado de: Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia (10).

La dosis de refuerzo fue autorizada el 15 de septiembre mediante la resolución 1426 del 2021, esta dosis de refuerzo se encontraba dirigida para mayores de 70 años, personas con comorbilidades priorizadas o con trasplante de órgano sólido. El 23 de noviembre del 2021 mediante la resolución 1887 se autoriza la aplicación del refuerzo a la población en general y se modifican la plataforma para la aplicación de la dosis de refuerzo tabla 7.

Tabla 7. Plataformas dosis de refuerzo. Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia, 2022

<b>Primera dosis</b>	<b>Segunda dosis</b>	<b>Dosis de Refuerzo</b>	<b>Plataforma</b>
ARNm (BNT162b2 - mRNA-1273)	ARNm (BNT162b2 - mRNA-1273)	ARNm (BNT162b2 - mRNA-1273)	Homóloga
		Vector viral (ChAdOx1)	Heteróloga
Vector viral (ChAdOx1)	Vector viral (ChAdOx1)	ARNm (BNT162b2 - mRNA-1273)	Heteróloga
		Vector viral (ChAdOx1)	Homóloga
Vector viral		Vector viral (Ad26.COVS.S)	Homóloga

EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DEL PLAN NACIONAL DE VACUNACIÓN CONTRA EL COVID-19 EN DOS CIUDADES COLOMBIANAS DURANTE EL PERIODO DE EMERGENCIA SANITARIA

<b>Primera dosis</b>	<b>Segunda dosis</b>	<b>Dosis de Refuerzo</b>	<b>Plataforma</b>
(Ad26.COV2.S)		ARNm (BNT162b2 - mRNA-1273) Vector Viral (ChAdOx1)	Heteróloga
Virus Inactivado (CoronaVac)	Virus Inactivado (CoronaVac)	ARNm (BNT162b2 - mRNA-1273) Vector Viral (ChAdOx1)  Virus Inactivado (CoronaVac)	Heteróloga  Homóloga

Modificado de: Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia (19).

### Evaluación de efectividad de los programas de vacunación

Las intervenciones en salud pública pueden ser abordadas desde la relación de sus diferentes componentes, condiciones a las que están expuestos y cambios en los objetivos resultantes (figura 3). Para el caso del PNV se observó la relación entre los componentes del programa y las condiciones resultantes, los resultados de estas. De esta forma la efectividad del programa será medida en términos de si el programa logro cumplir con los objetivos para los cuales fue diseñado y en qué medida lo hizo en el marco de una evaluación de resultados.

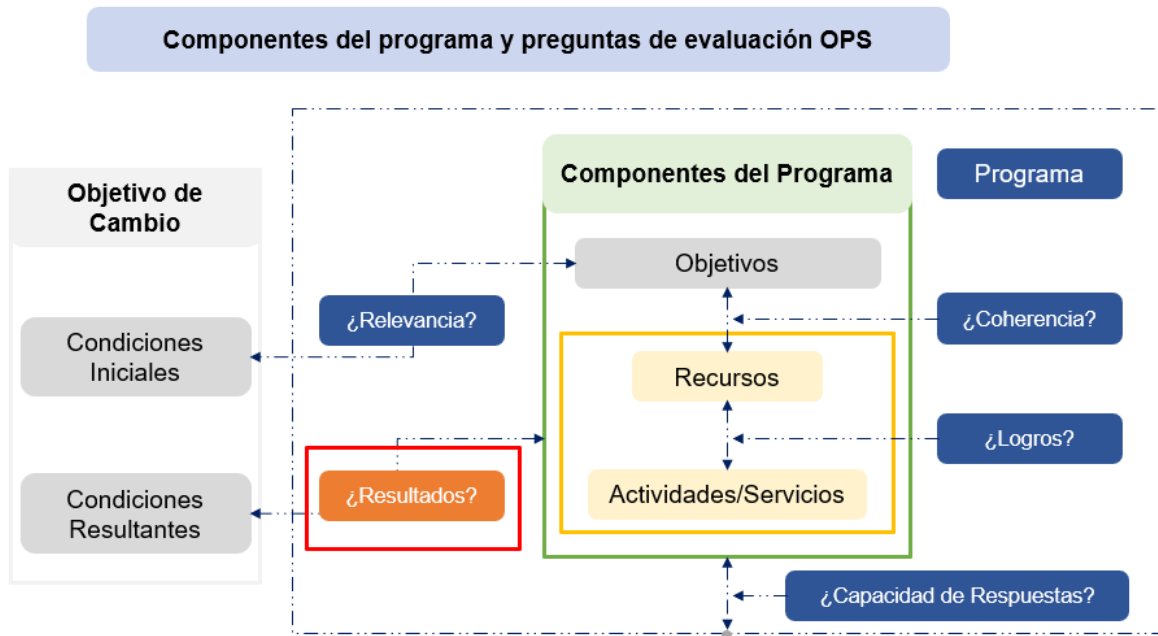


Figura 3. Componentes de un programa y pregunta de evaluación  
Modificado de: CERQUEIRA, María Teresa, et al. Evaluación de la promoción de la salud: principios y perspectivas. Metodologías para la promoción de la salud. OPS, 2007(20).

Como se observa en la figura 4, el PNV es una gran sombrilla que alberga los aspectos correspondientes a la aplicación de las vacunas y los requerimientos para la puesta en marcha del plan, siendo una gran cadena causal en la cual son necesarias vacunas efectivas para que el plan sea efectivo y de contar con los requerimientos mínimos para su aplicación.



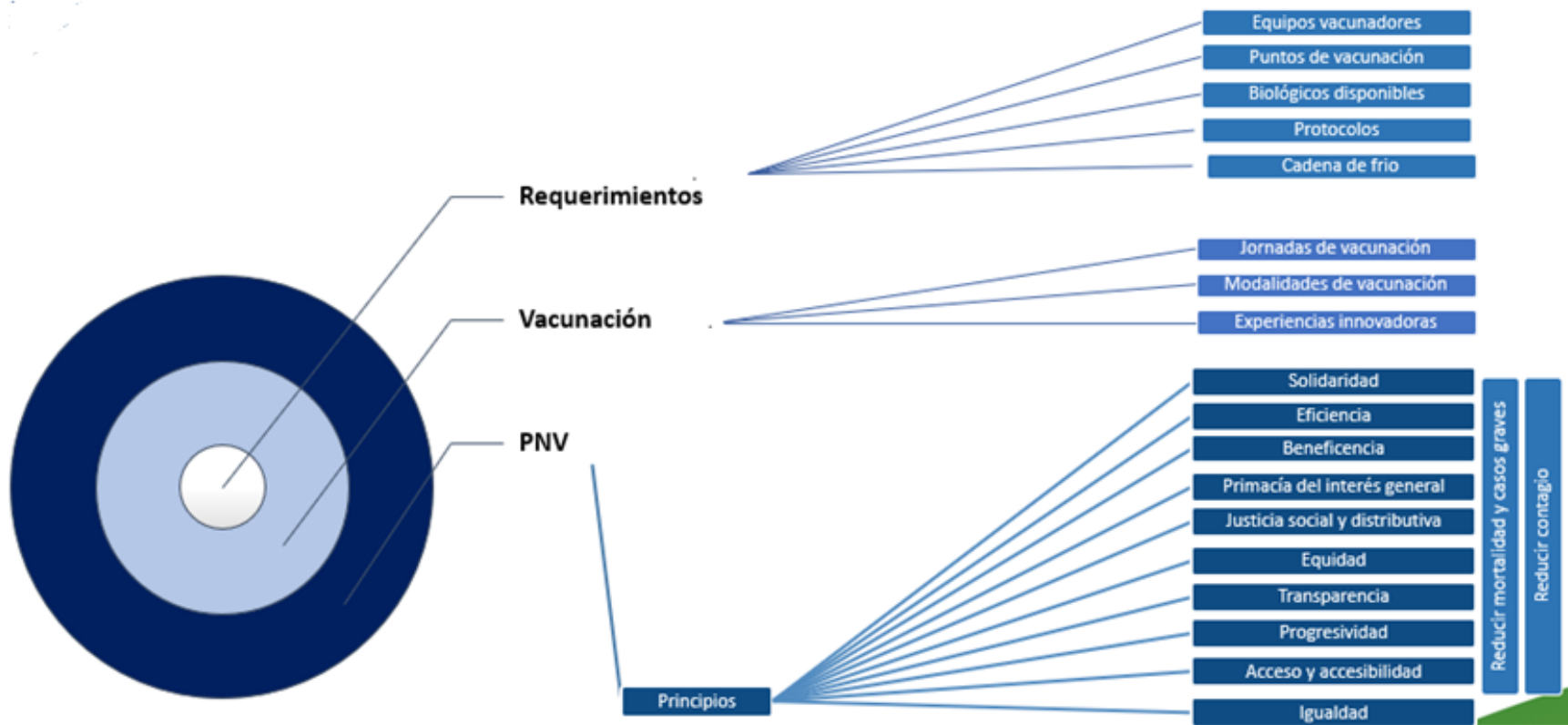


Figura 4. Componentes de implementación PNV Colombia  
Tomado de: Creación propia a partir del decreto 109 del 2021

Por su parte cada uno de estos componentes tiene un nivel de rectoría diferente, en donde las competencias pueden ser nacionales, otras locales y en algunos casos de ambas. El cumplimiento de cada uno de estos apartados es lo que se espera según la estructuración del PNV.

Nivel requisito		Rectoría Nacional o Local	Actor según gobernabilidad
Requerimientos	Equipos vacunadores	Ambos	Minsalud, EAPB, Secretario Salud
	Puntos de vacunación	Aspecto no centralizado	Coordinador PAI
	Biológicos disponibles	Ambos	Minsalud, EAPB, Secretario Salud
	Protocolos	Aspecto centralizado	Minsalud/Entes de control
	Cadena de frío	Aspecto no centralizado	Prestador
Vacunación	Jornadas de vacunación	Aspecto no centralizado	Coordinador PAI, Prestador, EAPB
	Modalidades de vacunación	Aspecto centralizado	Minsalud
	Experiencias innovadoras	Aspecto no centralizado	Secretario salud
PNV	Solidaridad	Aspecto centralizado	Minsalud
	Eficiencia	Aspecto centralizado	Minsalud
	Beneficencia	Aspecto centralizado	Minsalud
	Primacía del interés general	Aspecto centralizado	Minsalud/Entes de control
	Justicia social y distributiva	Aspecto centralizado	Minsalud/Entes de control
	Equidad	Aspecto centralizado	Minsalud
	Transparencia	Aspecto centralizado	Minsalud/Entes de control
	Progresividad	Aspecto centralizado	Minsalud
	Acceso y accesibilidad	Aspecto centralizado	Minsalud
	Igualdad	Aspecto centralizado	Minsalud

Estrategia según fase y etapa

Reducir mortalidad y casos graves

Reducir contagio

Figura 5. Niveles rectoría de implementación PNV Colombia

Tomado de: Diseño propio a partir del decreto 109 del 2021

Para la presente evaluación de efectividad se recogieron los principios del enfoque de evaluación de impacto en las intervenciones en salud propuesto por el Banco Mundial(12) dada la ruta lógica de implementación de los diferentes pasos que conducen a un resultado en salud. En este sentido las evaluaciones de efectividad inician por el conocimiento de la intervención en salud que se pretende evaluar y de sus componentes a lo largo de su aplicación, como se puede observar en la figura 6, a esta cadena causal es lo que se le denomina teoría del cambio, la cual hace referencia a la cadena de pasos mediante los cuales el programa pretende alcanzar los resultados previstos en su objetivo. Esta cadena de resultados consta de los

siguientes componentes: Implementación (relacionada con los factores internos de la oferta del programa), Resultados (relación de la oferta y de la demanda que tiene en la población, fuertemente influenciada por factores externos al programa) y las suposiciones y riesgos, que hacen referencia a las contingencias que pueden ocurrir en su desarrollo (11). Se incluye de igual forma el apartado de principios, dado que los objetivos estipulados en el plan son similares a los usados en las evaluaciones de vacunas, por lo cual es necesario incluir estos principios como aspecto diferenciador.

Principios PNV	Objetivos PNV	Requerimientos	Actividades	Productos	Resultados	Resultados Finales
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solidaridad</li> <li>• Eficiencia</li> <li>• Beneficencia</li> <li>• Primacía del interés general</li> <li>• Justicia social y distributiva</li> <li>• Equidad</li> <li>• Transparencia</li> <li>• Progresividad</li> <li>• Acceso y accesibilidad</li> <li>• Igualdad</li> </ul>	<b>Fase 1:</b> Reducir la mortalidad específica por COVID-19, reducir la incidencia de casos graves de COVID-19, proteger el talento humano en salud y personal de apoyo, a los cuidadores de poblaciones de especial protección y a la fuerza pública.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipos vacunadores</li> <li>• Puntos de vacunación</li> <li>• Biológicos disponibles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jornadas de vacunación</li> <li>• Modalidades</li> <li>• Experiencias innovadoras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Población vacunada</li> <li>• Velocidad de vacunación</li> <li>• Cobertura grupos vulnerables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hospitalización</li> <li>• Muerte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descongestión UCI</li> </ul>
	<b>Fase 2:</b> Reducir el contagio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipos vacunadores</li> <li>• Puntos de vacunación</li> <li>• Biológicos disponibles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jornadas de vacunación</li> <li>• Modalidades</li> <li>• Experiencias innovadoras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Población vacunada</li> <li>• Velocidad de vacunación</li> <li>• Cobertura general</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Casos COVID-19</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reactivación económica</li> </ul>
	Implementación (lado de la oferta)					Resultados (Demanda + oferta)

Figura 6. Teoría del cambio

Modificado de: Mundial, Banco. La evaluación de impacto en la práctica.

Washington: Banco Mundial, 2011(12)

Mediante esta estructura de teoría del cambio, se tomó cada objetivo del PNV tanto en la fase de disminución de la mortalidad como en la de disminución de la morbilidad y del contagio y se caracterizó con que principios, requerimientos, actividades, productos y resultados se contó(21). De tal forma que la fase de resultados de la aplicación del PNV se analizó desde la implementación de este.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la efectividad del Plan Nacional de Vacunación considerando las características operativas de implementación del plan en las ciudades de Montería y Cali durante el periodo de emergencia sanitaria.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estimar la efectividad de las vacunas en la prevención de la hospitalización y muerte producidas por el COVID-19.
- Cuantificar las muertes evitadas por COVID-19 del PNV en la población de las ciudades de estudio.
- Entender como perciben los actores clave la implementación desarrollada del PNV en cada una de las ciudades de estudio.

## HIPÓTESIS

De acuerdo con los objetivos propuestos se plantean las siguientes hipótesis.

Hipótesis para el objetivo específico 1:

- Las vacunas contra el COVID-19 son efectivas para la prevención de los desenlaces en salud de hospitalización y muerte.

Hipótesis para el objetivo específico 2:

- Se lograron evitar muertes en todo el conjunto de la población de las ciudades mediante la aplicación del PNV.

Hipótesis para el objetivo específico 3:

- Los actores clave tienen una percepción informada sobre la implementación del PNV en sus ciudades de residencia.

## METODOLOGÍA

### *Tipo de estudio*

Este estudio emplea un diseño multimetodo (22), que utiliza métodos cuantitativos y cualitativos para ofrecer una comprensión más completa del fenómeno investigado. Este diseño tiene la particularidad de usar diferentes tipos de métodos los cuales pueden o no validarse entre ellos según las características y necesidades del fenómeno de estudio abordado. En el componente cuantitativo, se llevó a cabo la estimación de la efectividad de las vacunas aplicadas dentro del Plan Nacional de Vacunación (PNV) y se calculó el número de muertes evitadas en los territorios estudiados. Por su parte, el componente cualitativo exploró la percepción de la implementación del PNV en las ciudades seleccionadas, mediante entrevistas a actores clave como funcionarios de salud pública, personal sanitario, y líderes comunitarios.

El desenlace de infección por COVID-19 no se tomó en el presente estudio dadas las limitaciones en la detección del desenlace, limitado exclusivamente a la infección reportada por el sistema de vigilancia, dejando a un lado los casos de COVID-19 que no accedieron a la aplicación de pruebas diagnósticas.

El método de integración utilizado fue el diseño explicativo secuencial(23) que guio la escritura de los apartados de discusión y conclusiones, el cual sigue una secuencia lógica en dos fases. Inicialmente, se recolectaron y analizaron los datos cuantitativos para generar estimaciones sobre la efectividad vacunal y las muertes evitadas. Posteriormente, se llevó a cabo el componente cualitativo, donde se utilizó la información generada por los métodos cuantitativos para guiar la recolección y el análisis de los datos cualitativos, con el fin de interpretar y contextualizar mejor los resultados obtenidos en el análisis numérico.

Esta integración de métodos se dio en dos niveles principales:

- Interpretación de resultados: Los hallazgos cuantitativos fueron complementados por los cualitativos, proporcionando una comprensión más profunda del impacto del PNV. Se compararon y contrastaron las percepciones de los actores clave sobre la implementación de las vacunas con los datos numéricos sobre la efectividad y las muertes evitadas.
- Elaboración de conclusiones integradas: Finalmente, se elaboró una interpretación integrada que vincula los hallazgos cuantitativos con las percepciones cualitativas, con el objetivo de ofrecer una visión completa del fenómeno. En la discusión se analizaron ambas fuentes de datos de manera conjunta, lo que permitió obtener conclusiones que reflejan tanto la amplitud cuantitativa de los resultados como la profundidad cualitativa de las percepciones de los actores clave.

Este enfoque permitió no solo verificar la efectividad de las vacunas en términos numéricos, sino también comprender los factores sociales, logísticos y operativos que influyeron en su implementación en los territorios, aportando una visión más robusta y contextualizada del fenómeno estudiado.

Las características de formulación y operativas del PNV fueron tomadas en cuenta para la evaluación del mismo, en donde, en un primer momento las poblaciones a las que llegó la vacunación fueron las prioritizadas en razón del riesgo de infección o mortalidad presentados según sus características biológicas u ocupacionales. Llevando el plan en fases dada la imposibilidad de desarrollarlo en todos los grupos poblacionales simultáneamente. En este escenario se buscó que el grupo control que no recibió las vacunas compartiera características puntuales de importancia con el grupo de intervención, aumentando de esta forma la solidez de la estimación contrafactual entre los grupos.

Es posible la aparición de otras fuentes de sesgos provenientes de la imperfección en el cumplimiento de las reglas operativas definidas previamente en la normatividad del PNV. Por lo cual, la información de los actores clave ayudó a

entender de forma integral la efectividad del plan en los territorios en aspectos relacionados con los insumos, actividades, productos y resultados de este.

### ***Metodología objetivo específico 1***

#### Efectividad de las vacunas

Los estudios de seguimiento permiten observar la incidencia de casos durante un tiempo, espacio y población específicas y por lo tanto estimar riesgos de aparición de los eventos según exposiciones (24). Los estudios de cohorte fueron uno de los tipos de estudios recomendados para la evaluación de efectividad de las vacunas contra el COVID-19 por parte de la OMS (25), siendo este diseño uno de los principales utilizados en los actuales estudios de efectividad (26, 27), dado que permite comparar los efectos directos de la vacunación en los grupo vacunado en relación a los no vacunado frente a diferentes tipos de desenlaces como lo son la hospitalización o muerte a causa del COVID-19, que según la información disponible y la cobertura de vacunación que se tenga en la población, se puede realizar seguimientos prospectivos o retrospectivos (28, 29). Siendo una cohorte retrospectiva el diseño adoptado en este primer objetivo al adaptarse a las características mencionadas.

#### Población de estudio

La población en la que se desarrolló la investigación fue la residente en las ciudades de Montería y Cali. Dado que es una estrategia aplicada a todo el conjunto de la población de los municipios, se tomó todo el conjunto de la población proyectada para el año 2022 a partir de fuentes secundarias de las bases de datos oficiales, convirtiéndolo en un estudio de base poblacional. Se tomó como grupo expuesto la población con esquemas completos de vacunación y como grupo no expuesto quienes no presentaron ninguna dosis reportada en las fuentes de información



establecidas en Colombia, de tal forma que la selección de los grupos no estuvo condicionada por la aparición de los desenlaces estudiados y sus diferencias aleatorias.

## Criterios de inclusión y exclusión

### Criterios de inclusión

- Toda persona a partir de los 3 años quien recibió el esquema completo de vacunación contra COVID-19 según los registros del PNV.
- Toda persona a partir de los 3 años quien no haya recibido ninguna dosis de vacunación contra COVID-19, según el cruce de las bases de datos de afiliación al sistema de seguridad social de la ciudad y del registro de vacunación.
- Ser parte de la población residente en las ciudades en estudio.

### Criterios de exclusión

- Personas con datos inconsistentes en su esquema de vacunación.
- Personas con datos inconsistentes en las fechas de desenlaces Covid-19 de enfermedad, hospitalización o muerte.
- Personas menores de 3 años de edad.

Se examinaron de igual forma las características de la población excluida de la base de datos inicialmente considerada para verificar la presencia de posibles concentraciones en algún grupo poblacional particular y de esta forma evitar un posible sesgo de selección.

## Variables

Las variables a tratar en el modelo se identificaron por medio del uso de diagramas

causales DAG que posteriormente fueron enriquecidos con los elementos expuestos en la teoría del cambio, los cuales son una herramienta para representar el conocimiento y los supuestos a priori acerca de un sistema estructural causal (30). Los supuestos a priori fueron codificados en un DAG como se observa en la Figura 7, refiriendo lo que el investigador cree acerca de las relaciones causales entre exposición, desenlace y covariables.

Los diagramas son dirigidos porque las flechas apuntan en la dirección de causa a efecto. Es decir, ambas  $E \rightarrow Y$  e  $Y \rightarrow E$  quieren decir que E es una causa directa de Y. Por lo tanto, E precede temporalmente a Y. Además, son acíclicos, porque ninguna variable puede causarse a sí misma. Por lo cual, una vía en un DAG no puede pasar más de una vez por el mismo nodo. Si X causa Y, Y no puede ser causa de X en el mismo momento. Por otro lado, estos gráficos son no-paramétricos debido a que, si E es una causa de Y, esto se da independiente de la distribución de E e Y. Lo anterior, permite la identificación de un efecto causal de forma no paramétrica pero no garantiza que el estimador sea factible en la práctica, es decir, los DAG son representaciones visuales de los supuestos causales cualitativos (Anexo 2).

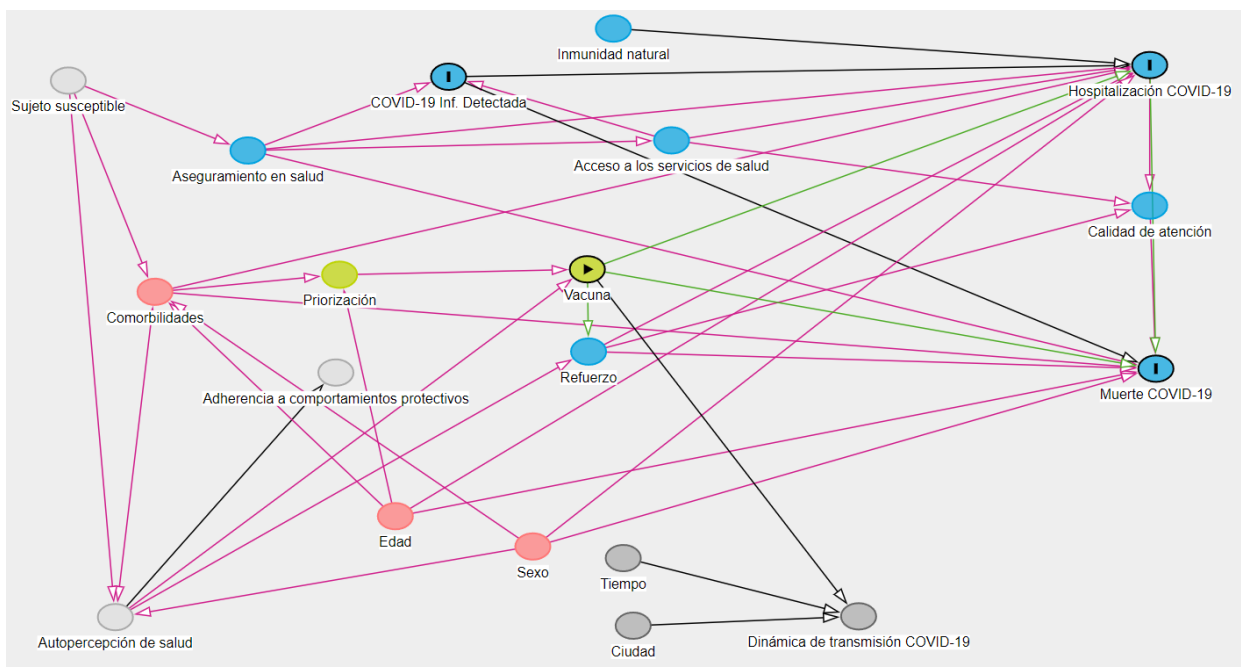


Figura 7. Gráfico Acíclico Dirigido DAG

MODIFICADO DE: [http://dagitty.net/dags.html?id=W1Li3g\(31\)](http://dagitty.net/dags.html?id=W1Li3g(31))

El DAG se construyó teniendo en cuenta las diferentes variables relacionadas con los resultados medidos en el proyecto, así mismo, con la exposición que en este caso corresponde con la vacuna. Se tuvieron en cuenta 14 covariables las cuales se listan a continuación y 13 posibles vías causales.

- Vacuna
- Hospitalización por COVID19
- Muerte por COVID19
- Aseguramiento en salud
- Comorbilidades
- Edad
- Sexo
- Dinámica de la transmisión
- Tiempo
- Lugar
- Inmunidad natural
- Acceso a servicios de salud
- Calidad de la atención.
- Priorización.
- Autopercepción de salud
- Adherencia a comportamientos protectores
- Susceptibilidad

De acuerdo con el diagrama, se identificaron las siguientes funciones para cada una de las variables medidas:

- Variable de exposición: Vacuna. Toda persona vacunada con al menos una dosis 14 días después de la fecha de la aplicación.
- Resultados: Hospitalización por COVID-19, muerte por COVID-19 en los registros nacionales del sistema de vigilancia epidemiológica del país.
- Posibles factores de confusión: Comorbilidades, edad, sexo.
- Variables relacionadas con el resultado (antecedentes): inmunidad natural, acceso a los servicios de salud, calidad de la atención y aseguramiento en salud. Este grupo de variables no serán tomadas dentro de los análisis con excepción del aseguramiento.
- Variables relacionadas únicamente con la exposición: priorización según el PNV.
- Variables no observadas (latentes): autopercepción de salud, adherencia a conductas protectoras, susceptibilidad e historial de exposición. Este grupo de variables no serán tomadas dentro de los análisis.

En la tabla 8 se observa la definición de cada una de las variables de resultado anteriormente presentadas.

Tabla 8. Definición de eventos COVID-19. Instituto Nacional de Salud de Colombia, 2022

<b>Evento</b>	<b>Definición</b>
Hospitalización	Caso probable con RT-PCR o prueba antigénica positiva para SARS-CoV-2 que requiera hospitalización.
Muerte	Muerte resultante de una enfermedad clínicamente compatible en un caso probable o confirmado de COVID-19 con RT-PCR o prueba antigénica positiva para SARS-CoV-2 pre o postmórtem.

Modificado de: <https://www.ins.gov.co/BibliotecaDigital/anexo-instructivo-vigilancia-covid-v14-07012021.pdf>, Consultado: 1 de febrero 2022.

La tabla número nueve presenta la operacionalización de las variables de estudio según la definición de la naturaleza de cada variable, la fuente de la cual fue tomada, forma de medición y sus posibles valores.

Tabla 9. Operacionalización de variables

Variable	Tipo de variable	Fuente	Medición	Valores
Ciudad	Independiente	BDUA	Nominal, politómica	Nombre ciudad
Fecha nacimiento	Independiente	BDUA	De razón, discreta	AAAA/MM/DD
edad	Independiente	BDUA	De razón, discreta	Edad según fecha de nacimiento
sexo	Independiente	BDUA	Nominal, dicotómica	Masculino o femenino
Régimen de afiliación a salud	Independiente	BDUA	Nominal, dicotómica	Contributivo o subsidiado
Fecha inicio de síntomas	Independiente	SIVIGILA	De razón, discreta	AAAA/MM/DD
Hospitalización	Dependiente	SIVIGILA	Nominal, dicotómica	0, 1
Fecha ingreso a hospitalización	Independiente	SIVIGILA	De razón, discreta	AAAA/MM/DD

EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DEL PLAN NACIONAL DE VACUNACIÓN CONTRA EL COVID-19 EN DOS CIUDADES COLOMBIANAS DURANTE EL PERIODO DE EMERGENCIA SANITARIA

Variable	Tipo de variable	Fuente	Medición	Valores
Muerte	Dependiente	RUAF	Nominal, politómica	0 (no muerte), 1 (muerte), 2 (muerte por otras causas)
Fecha de muerte	Independiente	RUAF	De razón, discreta	AAAA/MM/DD
Biológico 1D	Independiente	PAIWEB	Nominal, politómica	Nombre biológico aplicado
Primera Dosis	Independiente	PAIWEB	Nominal, dicotómica	0, 1
Fecha Primera dosis	Independiente	PAIWEB	De razón, discreta	AAAA/MM/DD
Biológico 2D	Independiente	PAIWEB	Nominal, politómica	Nombre biológico aplicado
Segunda Dosis	Independiente	PAIWEB	Nominal, dicotómica	0, 1
Fecha Segunda dosis	Independiente	PAIWEB	De razón, discreta	AAAA/MM/DD
Refuerzo	Independiente	PAIWEB	Nominal, dicotómica	0, 1
Fecha Refuerzo	Independiente	PAIWEB	De razón, discreta	AAAA/MM/DD
Biológico Refuerzo	Independiente	PAIWEB	Nominal, politómica	Nombre biológico aplicado
Hipertensión	Independiente	Cuenta Alto costo	Nominal, dicotómica	0, 1
Artritis	Independiente	Cuenta Alto costo	Nominal, dicotómica	0, 1
Cáncer	Independiente	Cuenta Alto costo	Nominal, dicotómica	0, 1
Diabetes	Independiente	Cuenta Alto costo	Nominal, dicotómica	0, 1
VIH	Independiente	Cuenta Alto costo	Nominal, dicotómica	0, 1

Variable	Tipo de variable	Fuente	Medición	Valores
Enfermedad huérfana	Independiente	Cuenta Alto costo	Nominal, dicotómica	0, 1

Tomado de: Elaboración propia.

Existen variables que no fueron incluidas en el análisis puesto que no se cuenta con fuentes de información disponibles para el estudio, estas son: acceso a servicios de salud, calidad de la atención, priorización, autopercepción de salud, adherencia a comportamientos protectores, inmunidad natural, susceptibilidad e infección.

### Muestra

El estudio al ser de base poblacional no tiene tamaño de muestra fijo, sin embargo, la OMS recomienda un tamaño de muestra mínimo de 28.998 participantes tomando como supuesto una efectividad del 50% y una tasa de ataque del 5% en los no vacunados (25). Al observar el comportamiento de vacunación en las ciudades participantes se encuentra que las cifras logran ser superadas en cada ciudad (Tabla 1)

### Plan de recolección de datos

#### Bases de datos

Se hizo uso de cinco fuentes de datos oficiales de la nación anonimizadas (Figura 8), las cuales, al entrelazarse, brindaron información complementaria entre sí para el desarrollo del estudio. El número de documento de cada participante del estudio fue el dato llave para enlazar la información entre las bases de datos custodiadas por el Ministerio de Salud y Protección Social Minsalud, los datos entregados para el estudio no contienen información sensible y el número de documento ha sido reemplazado por un código anonimizado por parte de Minsalud previa entrega al investigador.

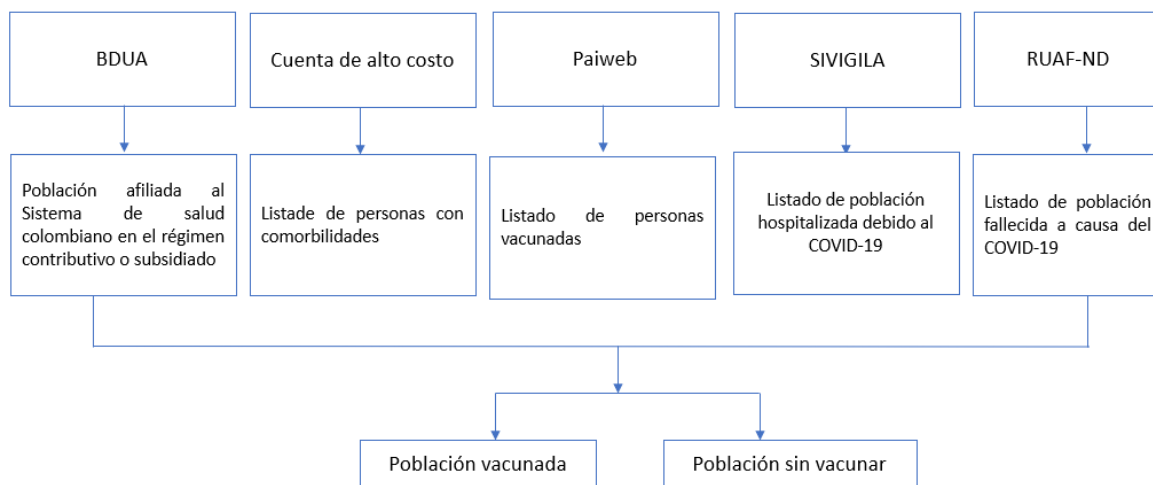


Figura 8. Fuentes de información bases de datos

Tomado de: Sistema de Información en Salud de Colombia. Elaboración propia con base en las bases de datos seleccionadas.

#### Autorizaciones/Avales

El Ministerio de Salud y Protección Social-MSPS autorizó el uso de los datos anonimizados para la realización del estudio al ser responsables del seguimiento del PNV y encargados de custodiar la información el MSPS fue el encargado de realizar los cruces de bases de datos y entregar la base final anonimizada al investigador principal de la cual se extrajo la información correspondiente a las dos ciudades de estudio.

#### Custodia de la información

La información recolectada fue guardada en servidores autorizados que garantizaron la seguridad de la información.

#### Control de sesgos

En la tabla 10 se presentan los posibles sesgos a los que el estudio se encontró



expuesto y las medidas de control planteadas para los mismos.

Tabla 10. Posibles sesgos y medidas de control

Sesgo	Control
Sesgo de selección	<p>El estudio al ser de base poblacional las características de los sujetos seleccionados para los grupos expuesto y no expuesto a la vacuna, no difieren de las de la población en general de la que fueron tomados. De igual forma se verificó que las características de la población de la cohorte fueran similares a las de la población en general después de aplicar los criterios de exclusión y evaluar las pérdidas para conocer si son o no aleatorias (tabla 14).</p>
Mala clasificación	<p>Ocurre cuando la probabilidad de mala clasificación difiere entre el grupo expuesto y no expuesto, este sesgo se puede presentar en el estudio dado los rezagos en la información en donde un individuo vacunado (expuesto) se tome como no vacunado (no expuesto) si la información no aparece en los sistemas.</p> <p>También se presenta en el desenlace hospitalización por las mismas razones tanto en el grupo vacunado como en el no vacunado. Este sesgo se controló al fijar la fecha de corte al 30 de junio del 2022 con datos entregados a enero del 2023 en las diferentes bases de datos, lo cual incrementa la probabilidad de mejorar la integralidad de los datos reportados en las fuentes de información al momento de obtener la información y así evitar que una persona que haya sido vacunada no tenga el registro como tal y sea tomada en el grupo de los no vacunados (tabla 14).</p>
Tiempo inmortal	<p>El sesgo de tiempo inmortal se presenta cuando se toma en cuenta para el análisis el tiempo en que la población expuesta aún no ha recibido la intervención, en este caso la vacuna, dado que en este</p>

<b>Sesgo</b>	<b>Control</b>
	<p>tiempo la persona no puede presentar el desenlace de fallecimiento, puesto que tendría que estar viva para haber recibido la vacuna. Para el control de este sesgo se tomará en cuenta el tiempo aportado por la población expuesta solo después de 15 días después de haber recibido la vacuna contra el COVID-19.</p> <p>En el caso de la población no expuesta, se inició a observar desde la fecha de la apertura de la de la etapa del PNV a la que corresponde cada persona.</p>

---

Tomado de: Elaboración propia.

### Procesamiento y análisis de datos

En la cohorte propuesta se consideró como población “expuesta” la población que haya recibido un esquema completo de cualquiera de las vacunas que se ofrecieron en el país durante el tiempo de seguimiento y como no expuesta la población que no presenta registro de vacunación en las bases de datos consultadas.

### Grupo de comparación

Para la elección de un grupo de comparación que pueda cumplir con el efecto contrafactual, es decir, que los grupos sean similares difiriendo solo en la exposición de interés, fue necesario balancear diferentes factores conocidos y no conocidos en los grupos vacunado (expuesto) y no vacunado (control), de tal forma que los efectos encontrados después de la intervención, puedan ser atribuidos a la misma. En estudios observacionales donde el beneficio de la aleatorización no es posible, se pueden utilizar diferentes tipos de alternativas estadísticas como es el caso del apareamiento, el uso de Puntajes de Propensión o el de modelos multivariados.

Siendo este último el elegido al ser una alternativa recomendada para balancear la confusión y maximizar el poder utilizando todos los datos disponibles en la muestra. Sin embargo, se necesita sumo cuidado con el modelo de regresión para capturar adecuadamente la relación entre las covariables y el resultado, siendo necesario garantizar que los supuestos del modelo fueran cumplidos(32).

### Modelo de regresión de Cox

El análisis estadístico para la evaluación de la efectividad de la vacunación se llevó a cabo por medio del análisis de supervivencia, a partir del modelo de regresión de Cox, una clase de modelo usado para modelar los riesgos que afectan a la supervivencia de una población de sujetos en un tiempo dado en términos de Hazard Ratio HR, siendo el tiempo de especial relevancia no solo el riesgo de presentar los desenlaces estudiados sino también que tan rápido los presentan (28, 29, 33, 34). Entendiendo que estos desenlaces pueden estar condicionados a la aparición de alguno de los otros desenlaces estudiados como se puede observar en la figura 9 (35).

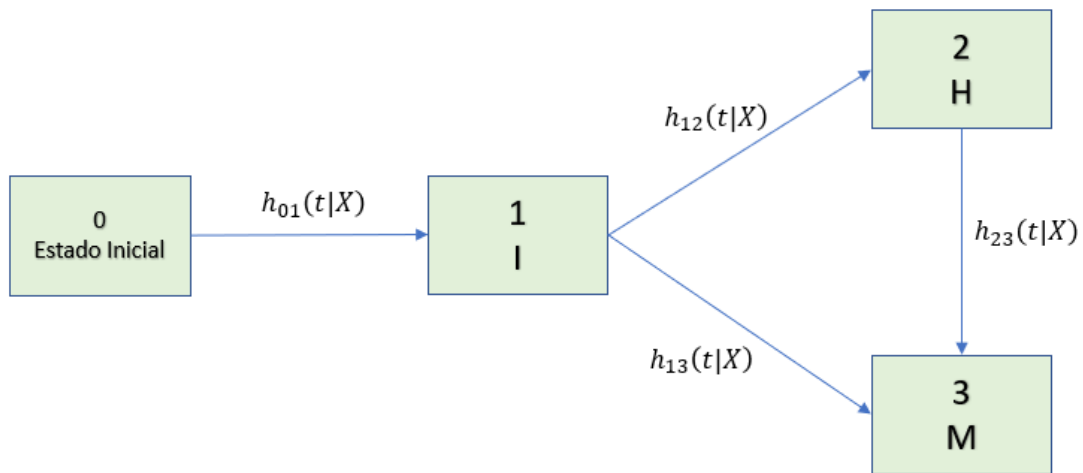


Figura 9. Desenlaces para eventos

Tomado de: Real-world effectiveness of the CoronaVac vaccine in a retrospective population-based cohort in four Colombian Cities 2021-2022 (36).

Cada  $h_{jk}(t|X)$  con  $j=0,1$  ;  $k=1,2,3$ ;  $j \neq k$  representa la función de riesgo para el tiempo de permanencia en el estado  $j$  hasta pasar al estado  $k$ . I: Infectado, H: Hospitalizado, M: Muerto

De esta forma se propone un modelo de regresión de COX que modifica la función de riesgo base.

- $T$ : Tiempo cuando el individuo experimenta un evento de interés (Hospitalización o muerte)
- $S$ : Tiempo cuando es inmunizado
- $X$ : Vector de factores de riesgo base (grupos de edad, sexo, exposición previa, comorbilidad, ...)
- $V$ : Vacunas
- $h_0(\cdot)$ : es la función de riesgo base
- $\beta$ : es el vector de parámetros para el efecto de los factores de riesgo base

- $\theta_l$  (.): es la función que caracteriza el efecto variando en el tiempo del  $l$ -ésimo tipo de vacuna
- $A_l(t) = I(S < t, V = l)$ , con  $I(.)$  es la función indicadora.

$$h(t|S, X, V, Z) = h_0(t) \exp \left\{ \beta^T X + \sum_{l=1}^5 \theta_l(t - S) A_l(t) \right\}$$

La puerta de ingreso para la población expuesta es 15 días después de la aplicación del esquema completo del biológico, tiempo recomendado en múltiples estudios de efectividad para que los biológicos alcancen la respuesta esperada (37-40) y en la población no expuesta es la fecha en que se habilitó su vacunación según la progresividad del PNV. El tiempo transcurrido entre la aplicación de la primera y la segunda dosis fue entre 7 y 35 días siendo el tiempo inicialmente contemplado por el PNV con un intervalo de 7 días. De igual forma se exploró la distribución de la frecuencia del intervalo entre 36 y 90 días autorizado en tiempos de escasez de biológicos y más de 90 días entre dosis los cuales no fueron recomendados por el PNV.

En el periodo de observación cada individuo aportó un tiempo de seguimiento específico entre la fecha de ingreso y la fecha en que presenta el evento (Desenlace COVID-19) o la censura (No presentación del evento al cierre de la cohorte, fallecimiento por otras causas) de manera individual. El valor HR se obtiene a partir de exponenciar el coeficiente resultante de la aplicación del modelo, este estadístico presenta una distribución Z, por lo cual se puede usar el cálculo de IC (intervalos de confianza) para distribuciones normales de tal forma que “95% CI para HR =  $\exp[\hat{\ell}]$ :  $\exp[\hat{\ell} \pm 1.96 \sqrt{V \hat{a}r \hat{\ell}}]$ ” (27). Al establecer la diferencia 1 - HR multiplicado por 100 se obtiene el porcentaje de efectividad de la vacuna estudiada para cada desenlace en específico (41).

- **Grupo expuesto:** Población vacunada con al menos una dosis.
- **Grupo no expuesto:** Población sin vacunar.

- **Punto de ingreso a la cohorte:**

Expuestos: 15 días después desde la fecha de vacunación.

No expuestos: Desde la fecha en que fue habilitada la persona para ser susceptible a la vacunación según edad y comorbilidades.

- **Punto de salida:** Presentación de desenlaces COVID-19 de hospitalización o muerte, fecha de cierre de la cohorte 30 de junio 2022, día en que termina la emergencia sanitaria en Colombia o muerte por otras causas.

Cabe aclarar que la muerte por otras causas diferentes a COVID-19 se tomó como un evento competitivo dado que después de experimentar este suceso no es posible presentar los eventos de interés de la investigación.

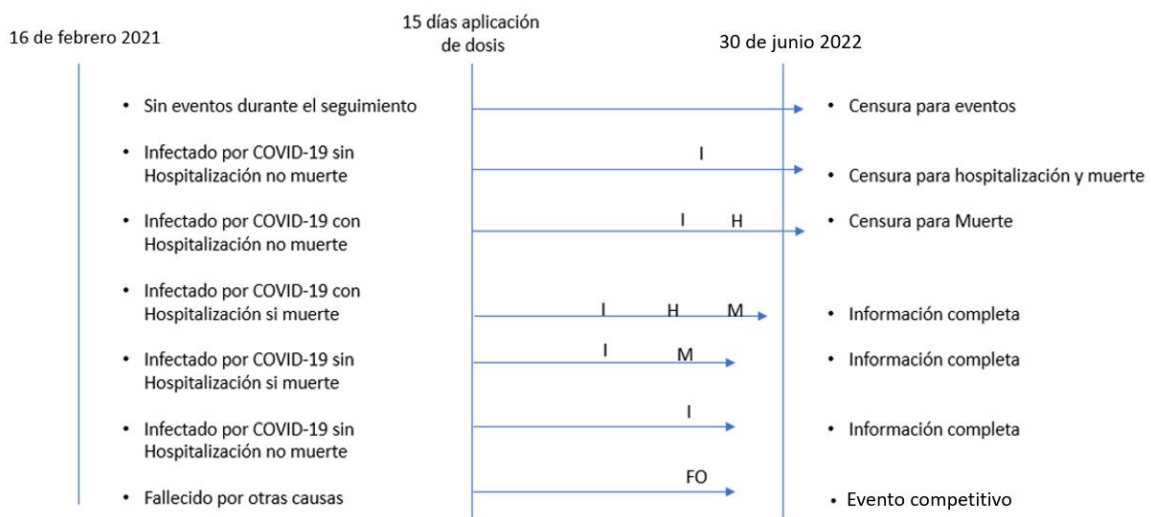


Figura 10. Censuras para eventos

Tomado de: Elaboración propia.

Se examino la posible modificación del efecto al momento de hacer estimaciones de la efectividad, especialmente entre las variables de edad y comorbilidades dado que la probabilidad de tener comorbilidades aumenta a medida que aumenta la edad, además de haber sido identificadas como potenciales confusores en el DAG. En el

contexto de un efecto prospectivo epidemiológico, el término modificación del efecto se refiere a una situación en la cual el impacto de una variable predictora sobre el resultado depende de los valores de otras covariables que pueden aumentar o disminuir su efecto. Al momento de presentarse estas interacciones el modelo puede ajustarse mediante la inclusión del producto de dos o más variables predictoras, junto con sus correspondientes variables individuales en los modelos de regresión(42).

Para evaluar la potencial modificación del efecto se debió conocer la naturaleza de las relaciones propuestas en la literatura previamente frente a efectos de modificación del efecto en el fenómeno a estudiar, posteriormente apoyarse en la visualización de los efectos estimados a través de gráficos para entender mejor la naturaleza de la interacción propuesta y la heterogeneidad en los datos.

Al sospechar de una posible interacción, se puede explorar la heterogeneidad de los efectos en diferentes subgrupos de la población para detectar si el efecto de una variable difiere en los niveles de otra. De ser independiente es posible utilizar las interacciones sumativas, donde los coeficientes estimados indican cómo cambia la respuesta promedio de la variable de resultado cuando ambas variables predictoras están presentes en el modelo. En el caso de que el efecto de una variable predictora sobre la variable de resultado dependa del nivel o valor de otra variable, se puede usar una interacción multiplicativa en donde el efecto conjunto de las variables predictoras se calcula mediante la multiplicación de sus efectos individuales(43).

La no identificación de posibles modificadores del efecto en un análisis de regresión va en contra de las prácticas recomendadas para el proceso de construcción de un modelo y resulta en un sesgo considerable en las estimaciones de parámetros debido a la falta de consideración del efecto de interacción cuando este realmente existe, lo cual representa en riesgo en la interpretación de factores de importancia para la salud pública(42).

## Elección del modelo

Se usó el Akaike Information Criterion (AIC) para la elección del modelo final, en donde se examina la calidad relativa de un modelo estadístico para un conjunto de datos dado y se penaliza los modelos por la cantidad de parámetros libres que tienen y premia aquellos que mejor explican la variación en los datos, que es más parsimonioso. Un modelo con un valor AIC más bajo se considera mejor, ya que sugiere un mejor equilibrio entre complejidad y ajuste, de tal forma que  $AIC = -2(\log \text{likelihood}) + 2(\#\text{parameters})$ . En el caso de encontrar valores extremos se usó el análisis de sensibilidad mediante escenarios con y sin los valores atípicos y con diferentes tipos de interacciones.

Se validó el ajuste del modelo frente al efecto de las vacunas en función de las demás variables constitutivas del modelo por medio del uso de pruebas de calibración y discriminación. Para el caso de la calibración se usó un gráfico de predicción en donde se compararon las *YY*'s observadas versus probabilidades predichas. Para el caso de la discriminación se usaron las curvas ROC, en donde se evaluó qué tan bien el modelo puede distinguir entre diferentes resultados, sugiriendo que un AUC de 0.5 presenta una capacidad predictiva similar al azar, mientras que un AUC de 1.0 indica una predicción perfecta.

### ***Metodología objetivo específico 2***

Para el cálculo de las muertes evitadas por COVID-19 dentro de las ciudades de estudio se utilizó el método descrito por Machado usada en estudios como el del MSPS Colombia(44) y el de ciudad de Cali (45) para estimar el número de muertes. Este método toma como base la efectividad para prevenir la muerte con esquemas completos calculada en cada grupo de edad para cada una de las ciudades obtenida en el objetivo anterior, la cobertura de vacunación poblacional para cada semana según las cifras reportadas en la base de estudio del mismo punto y el cambio en la frecuencia de estos resultados luego de aplicar la intervención vacunal (13). Es de



aclarar que los grupos poblacionales en los cuales no se logró obtener medidas estadísticamente significativas en la prevención del desenlace de muerte, no pudieron ser tomadas en cuenta al momento de calcular las muertes evitadas dada la imposibilidad de atribuir alguna disminución en el número de muertes.

#### Plan de recolección de datos

La información necesaria para desarrollar el modelo fue obtenida por medio de:

- base de datos otorgada por el MSPS de vacunación usada en el objetivo anterior (número de vacunas aplicadas en cada semana, cobertura de vacunación por grupos etarios)
- base de datos demográfica del DANE (población por grupos etarios en cada ciudad).

#### Criterios de inclusión y exclusión

##### Criterios de inclusión

- Toda persona a partir de los 3 años quien recibió el esquema completo de vacunación contra COVID-19.
- Toda persona a partir de los 3 años quien no haya recibido ninguna dosis de vacunación contra COVID-19.
- Ser parte de la población residente en las ciudades en estudio.

##### Criterios de exclusión

- Personas con datos inconsistentes en su esquema de vacunación.
- Personas con datos inconsistentes en las fechas de desenlaces Covid-19.
- Personas con esquema incompleto de vacunación.
- Personas menores de 3 años.

### Procesamiento y análisis de datos

Para este cálculo, se utilizó la efectividad estimada en el objetivo anterior ( $VE_j$ ) de las vacunas para prevenir la muerte usando la siguiente ecuación:

$$D_a = \sum_{ij} \left[ D_{oij} \times \frac{FV_{i-2j} \times VE_j}{1 - (FV_{i-2j} \times VE_j)} \right]$$

En donde,  $D_{oij}$  son las muertes observadas en la semana  $i$  en el grupo de edad  $j$ ,  $FV_{i-2j}$  es la cobertura vacunal completa dos semanas antes de la semana  $i$  para el grupo de edad  $j$ , y  $VE_j$  es la efectividad de la vacunación en grupo de edad  $j$ .

Con base en el número de muertes observadas, la cobertura de vacunación con esquema completo después de un intervalo de dos semanas y la efectividad de la vacuna medida en Cali y Montería, se estimaron las muertes que pudieron haber ocurrido si la vacuna contra el COVID-19 no se hubiera aplicado dentro de la población de las ciudades de estudio durante el periodo de emergencia sanitaria.

Tabla 11. Posibles sesgos y medidas de control en muertes evitadas

Sesgo	Control
Mala clasificación	Este sesgo se puede presentar en el estudio dada la clasificación como muerte evitada por la vacunación, la cual también pudo ser influida por mejoras en el tratamiento, medidas de salud pública adicionales, o cambios en la virulencia del virus, lo cual es una limitante del estudio.

Esta metodología tiene el supuesto de homogeneidad de la efectividad de las vacunas dentro de cada grupo de edad según los resultados del objetivo anterior, sin embargo, esta efectividad dentro de cada grupo fue ajustada por sexo, régimen de seguridad social, comorbilidades, uso de refuerzo y ciudad.

De igual manera, este método utilizado presenta limitantes en comparación al uso de métodos como los modelos de transmisión o comparación de grupos con alta y baja cobertura de vacunación, los cuales permiten simular cómo la vacuna reduce la transmisión del virus, protegiendo a las personas no vacunadas o vulnerables. Sin embargo, dada la naturaleza de la información disponible y la facilidad de la implementación del método se opta por el uso de la suma ponderada. De igual forma la estimación de la efectividad de las vacunas fue ajustada por diferentes covariables como se presentó en la metodología del objetivo anterior.

### ***Metodología objetivo específico 3***

Para el cumplimiento del tercer objetivo en donde se requiere entender como perciben los actores clave el proceso de implementación desarrollado del PNV en cada una de las ciudades de estudio, se tomaron como características operativas la información recolectada por medio de la aplicación de las entrevistas semiestructuradas, las cuales fueron construidas siguiendo los componentes de la teoría del cambio e incluidas e incluidas como elementos del instrumento de entrevista.

La investigación fue desarrollada por el investigador principal quien opta al título de doctor en Epidemiología de la Universidad de Antioquia y es el encargado de la recopilación de la información mediante la aplicación de entrevistas semiestructuradas y posteriormente analizar dicha información. La información referente al proyecto de investigación y la participación de cada individuo, fue compartida por medio del instrumento de entrevista y el consentimiento informado. De igual forma se realizó una prueba piloto de la aplicación del instrumento de

entrevista para constatar el funcionamiento de este.

### Entrevista semiestructurada

El uso de datos cualitativos en investigaciones evaluativas, aportan una perspectiva complementaria a los hallazgos obtenidos mediante la metodología cuantitativa (12). Aunque las opiniones de las personas entrevistadas no son representativas de todos los actores del programa o ciudades de estudio, son útiles para comprender mejor las actividades, productos, resultados y resultados finales del PNV en los territorios específicos seleccionados y dar explicaciones sistemáticas del desempeño del programa observado en los resultados cuantitativos (46).

### Criterios de inclusión y exclusión

#### Inclusión

- Personas que conocen el proceso de implementación del PNV en sus territorios

#### Exclusión

- No encontrarse interesado en participar

El proceso para acceder a la información cualitativa fue por medio de los actores clave, los cuales se definen como las personas que conocen el proceso de implementación del PNV en sus territorios y fueron identificados por medio de la consulta a expertos. La invitación formal se realizó por medio del correo electrónico, en el caso de que la persona se encuentre interesada se fijó una cita en donde se explicó a mayor profundidad el estudio y se le hizo entrega del consentimiento informado como requisito para ingresar a la investigación. La información de estos actores fue obtenida mediante la técnica de entrevista semiestructurada (Anexo 1) que integra preguntas motivadoras, para la generación de la información por parte del entrevistado.

### Categorías y muestra

Los actores clave fueron elegidos a conveniencia según correspondan a los apartados de rectoría que involucren a los territorios como se describió en la figura 6 y los cuales son aspectos diferenciadores en la implementación del plan en las ciudades de estudio, como se observa en la tabla 8 para cada territorio, por medio de estos actores se conocieron las características operativas en la implementación del PNV según la lógica de la Teoría del Cambio (12) tomadas como categorías predefinidas incluidas en el instrumento de recolección de la información (Anexo 1), en donde se obtuvo la información acerca de los principios insumos, actividades, productos, resultados y resultados finales de la intervención según los componentes correspondientes ilustrados en la figura 6 de nivel de requisitos necesarios para la puesta en marcha del PNV.

Tabla 12. Proceso de recolección de la información del componente cualitativo

Objetivo	Datos recopilados	Elementos	Fuente	Participantes	Entrevistador /Facilitador
Describir la teoría de cambio del programa en la ejecución del PNV en las ciudades de estudio.	Procesos de intervención	Principios Insumos Actividades Productos Resultados	Entrevistas individuales semiestructuradas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secretario de salud.</li> <li>• Coordinador Programa Ampliado de Inmunización PAI</li> <li>• Gerente IPS vacunadora</li> <li>• Líder PAI de IPS vacunadora</li> <li>• Líder comunitario</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Doctorando autor de la investigación</li> </ul>

Modificado de: Valery R, Dagenais C. Enfoques y Practicas en la evaluación de programas. Colección gerencial y políticas de salud, Editorial Pontificia Universidad Javeriana, Santafé de Bogotá. 2015 (24).

#### Plan de recolección de datos

Las entrevistas semiestructuradas se desarrollaron en los horarios y fechas

acordados previamente con el entrevistado y en los espacios locativos o virtuales que ellos designaron, de manera que se construyera un ambiente de confianza que facilitó la comunicación y el registro de la información suministrada por medio de un dispositivo digital, para posteriormente ser transcritas y analizadas mediante categorías predeterminadas desde el análisis de contenido, en donde los datos cualitativos se descomponen en unidades de significado que se asignan a categorías emergentes con patrones o tendencias (47).

### Procesamiento y análisis de datos

Se examinaron los componentes de la teoría del cambio de principios, insumos, actividades, productos, resultados y resultados finales para cada objetivo del PNV, lo cual fue de familiar para los actores clave dada su afinidad y experiencia en el tema. Las preguntas tuvieron la finalidad de conocer las perspectivas de cada participante frente al objeto de estudio.

Posterior a la recolección de la información el investigador principal procedió a la codificación de esta identificando patrones y relaciones entre los diferentes conceptos para la identificación de categorías emergentes. Estos componentes se examinaron mediante la técnica de análisis de contenido en donde el investigador interpreta sistemáticamente los datos textuales, identificando y catalogando temas, ideas y patrones. En el análisis de contenido, se busca comprender no solo qué se dice, sino cómo se dice y el contexto en que ocurre. Este proceso implica la identificación de fragmentos de texto (códigos) que representan conceptos o temas recurrentes y la agrupación de estos códigos en categorías más amplias las cuales surgen del propio texto (análisis inductivo) para responder a la pregunta de investigación planteada y se plantearon descripciones de redes de categorías predefinidas y emergentes.

Para la organización de las categorías se hizo uso del ATLAS.ti, el cual es un software de análisis cualitativo de datos que permite analizar los datos de manera sistemática y estructurada, identificar patrones y relaciones entre los datos, y generar visualizaciones para ayudar a interpretar los resultados. Los resultados de la

investigación fueron compartidos a los participantes para su retroalimentación.

### ***Aspectos éticos***

El Estado es el principal garante del derecho a la salud en los Estados sociales de derecho como es el caso del Estado Colombiano. En el contexto de la pandemia COVID-19, donde la vacunación contra esta enfermedad generó una demanda generalizada en la población y recursos limitados, se requería de la mejor intervención en salud posible para contrarrestar las implicaciones de esta enfermedad.

La presente investigación permite analizar el PNV como intervención estatal en salud y evaluar como el esfuerzo institucional en la aplicación en los territorios seleccionados afecto la efectividad de la intervención. Información necesaria para sustentar la aplicación de las intervenciones en salud, su mejoramiento continuo y propender el respeto a la dignidad humana de los sujetos que son participantes de la intervención.

En términos operativos se cuenta con el aval del comité de ética de la Sede de Investigaciones Universitarias -SIU- como proyecto anidado en el proyecto “Real-World Effectiveness of the SINOVAC Vaccine on Colombian Population” que actualmente tiene autorización por parte de este comité mediante el acta 978 y el acta 252 como proyecto propio dando alcance a la información cualitativa usada en la presente investigación. Además, se hará uso del consentimiento informado a las personas que participen de las entrevistas como informantes clave, entendiéndolo como un proceso mediante el cual el participante entiende y asume el compromiso de participar en la investigación haciendo pleno uso de sus



facultades. Para proteger los derechos de los informantes a no ser identificados y mantener la confidencialidad de la información se explicará la forma en que se usará la información y datos suministrados y como estos se protegerían, respetando la identidad los informantes, no serán expuestos en primera persona, ni se utilizará su identidad utilizando solo la información necesaria con fines estrictamente académicos.

Según el Artículo 11º de la resolución 8430 en su literal b), esta investigación fue catalogada como: “Investigación con riesgo mínimo”. Dado que es una investigación que emplean el registro de datos suministrados por la persona y bases de datos institucionales con información poblacional. Se resalta que los resultados de la investigación serán analizados dentro de parámetros éticos de seriedad y cumplimiento. La información recolectada estará bajo extrema confidencialidad y se almacenará en un servidor encriptado para garantizar su seguridad, no se registrará el nombre de los informantes de la investigación y la información referida no tendrá repercusiones en ningún aspecto, para lo cual se hará uso de la triangulación de información sensible. De ser esta información expuesta, el investigador del proyecto será quien asuma toda la responsabilidad y cualquier aspecto legal.

El presente proyecto de investigación esta adherido al proyecto Real-World Effectiveness of the SINOVAQ Vaccine on Colombian Population, en donde el investigador principal manifiesta que está siendo financiado por el gobierno de la China para el estudio de una de sus vacunas, por lo cual el investigador se compromete a que los resultados de la investigación no se verán afectados por esta relación.

### ***Estrategia de divulgación de los resultados***

Los resultados obtenidos a partir de la investigación son categorizados según los lineamientos de tipologías de productos de Minciencias en donde se clasifican en

cuatro tipos:

- Productos resultados de actividades de generación de nuevo conocimiento.
- Productos resultados de actividades de desarrollo tecnológico e innovación.
- Productos resultados de actividades de apropiación social del conocimiento.
- Productos de actividades relacionadas con la Formación de Recurso Humano en CTel.

Para esta investigación se desarrollaron 2 productos correspondientes a la línea de generación de nuevo conocimiento y apropiación social del conocimiento.

Tabla 13. Generación de nuevo conocimiento

<b>Tipo</b>	<b>Propuesta nombre</b>	<b>Idioma</b>	<b>Factor de impacto</b>
Artículo de investigación	Mortality due to COVID-19 during the vaccination plan against the SARS-CoV-2 virus in Cali, Colombia	Inglés	Q2
Artículo de investigación	COVID-19 mortality in two waves of the pandemic in Cali, Colombia, before and during vaccination roll-out	Inglés	Q2
Artículo de investigación	Effectiveness and safety of COVID-19 vaccination been evaluated: a scope review with emphasis on CoronaVac	Inglés	Q1
Artículo de investigación	Real-world effectiveness of the CoronaVac vaccine in a retrospective population- based cohort in four Colombian Cities 2021-2022.	Inglés	Q1

El envío de los artículos se realizó a revistas que correspondan al área de

investigación teniendo en cuenta su factor de impacto y que se encuentren registradas en motores de búsqueda altamente frecuentados por investigadores o indexadas en Publindex.

- Apropiación social del conocimiento

Este tipo de productos facilita la divulgación de la experiencia de investigación y sus resultados con instituciones participantes, público interesado, redes académicas y no académicas interesadas en el tema de investigación. La elección de los espacios será definida según el área de conocimiento y pertinencia del evento en términos académicos.

Tabla 14. Apropiación social del conocimiento

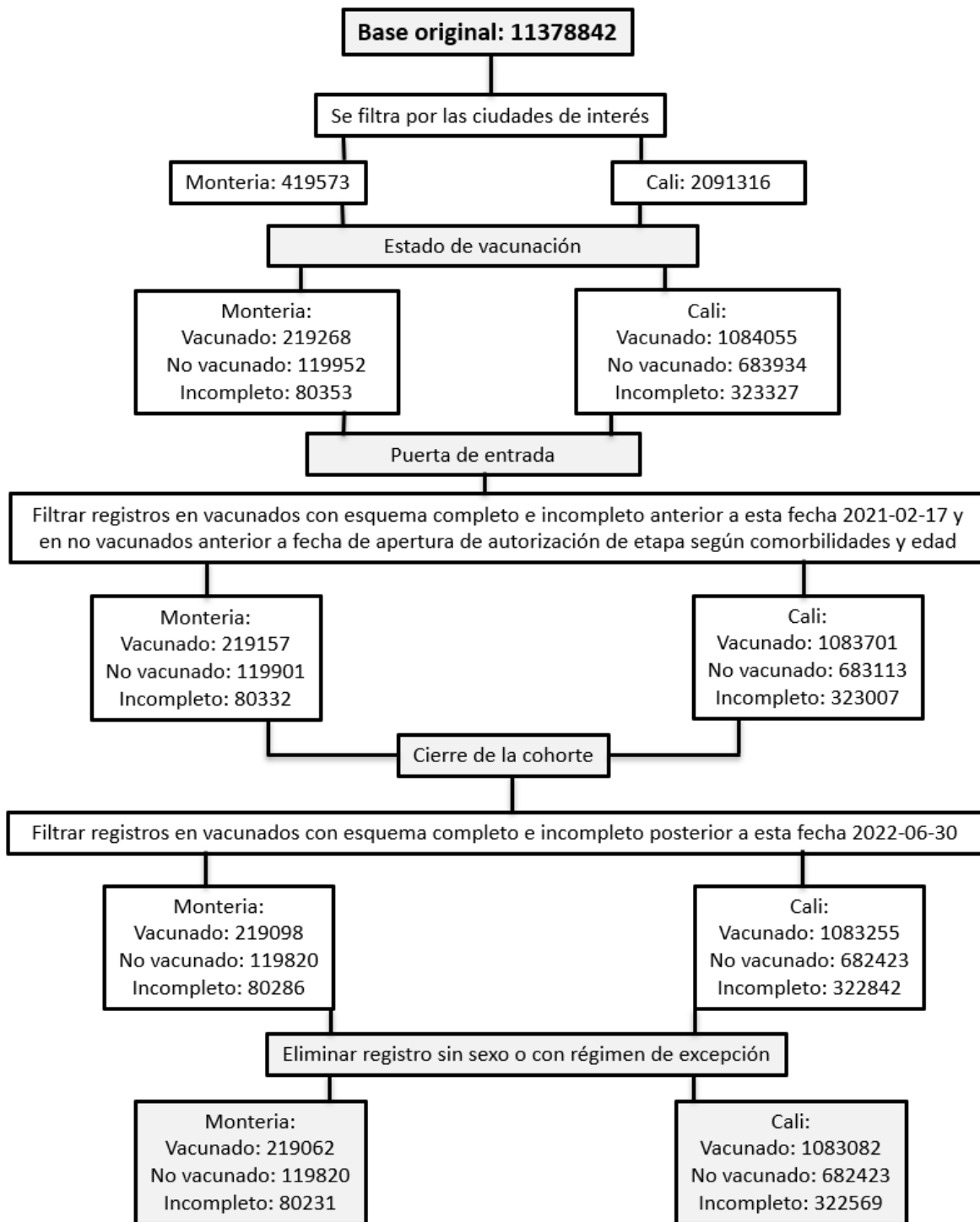
<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Alcance</b>	<b>Repositorio</b>
Circulación de conocimiento especializado	Informe de tesis	Nacional	Universidad de Antioquia
Comunicación social del conocimiento	Ponencia en evento científico	Internacional	Evento internacional

## RESULTADOS

### ***Resultados objetivo 1***

El proceso de depuración de la base de datos original es presentado en la figura 11 que presenta los diferentes pasos para su depuración iniciando con 11,378,842 registros correspondientes a los registros de las principales ciudades del País. Primero, se filtran los datos de las dos ciudades de interés: Montería (419,573 registros) y Cali (2,091,316 registros). Luego, se clasifican los individuos por su estado de vacunación en "Vacunado", "No vacunado" e "Incompleto". Posteriormente, se filtran los registros de vacunados con esquema completo e incompleto, así como no vacunados, que están registrados antes de la fecha de apertura del 2021-02-17, ajustando los datos para la cohorte. Después, se filtran los registros posteriores a la fecha de cierre de la cohorte (2022-06-30). Finalmente, se eliminan registros sin información sobre sexo o con un régimen de excepción.

Figura 11. Flujograma de selección de la cohorte



Tomado de: Creación Propia

Las características de la población seleccionada para el estudio son presentadas en la Tabla 15, en la cual se diferencian los sujetos incluidos y excluidos del estudio conforme a los criterios de inclusión y exclusión descritos en el protocolo. Al analizar las diferencias entre los datos de la población total de la muestra y aquellos excluidos por cada variable de interés, se observa que la pérdida de información no se concentra específicamente en algún segmento poblacional, lo cual permite descartar la presencia de un sesgo de selección a causa de la depuración de la base de datos.

Tabla 15. Selección de participantes

Categorías	TODOS		INCLUIDOS		EXCLUIDOS	
	23001 - Montería (N=419573)	76001 - Cali (N=2091316)	23001 - Montería (N=338882)	76001 - Cali (N=1765505)	23001 - Montería (N=80691)	76001 - Cali (N=325811)
<b>Vacunado</b>						
No vacunados	119952	683934	119820	682423	132(0.11%)	1511(0.22%)
Vacunados	219268	1084055	219062	1083082	206(0.09%)	973(0.09%)
Incompletos	80353	323327	80231	322569	122(0.15%)	758(0.23%)
<b>Grupos Edad</b>						
3-11	68250	246174	67945	243392	305(0.44%)	2782(1.1%)
12-25	98301	438015	98213	437293	88(0.08%)	722(0.16%)
26-39	96265	497135	96263	497031	2(0.0%)	104(0.02%)
40-49	54962	294647	54962	294618	0(0.0%)	29(0.0%)
50-59	46178	270836	46178	270820	0(0.0%)	16(0.0%)
>=60	55605	344506	55605	344483	0(0.0%)	23(0.0%)
<b>Sexo</b>						
FEMENINO	218479	1110248	218479	1110248	0(0%)	0(0%)
MASCULINO	200699	977962	200699	977962	0(0%)	0(0%)
<b>Comorbilidades</b>						
1.Ninguna	374947	1804116	374545	1803251	402(0.10%)	865(0.0%)
2.Otra	3157	22180	2896	21426	261(8.2%)	754(3.4%)
3.Hipertensión+Diabetes+Otra	937	10494	937	10494	0(0.0%)	0(0.0%)
4. Hipertensión+Diabetes	40176	251942	40176	251941	0(0.0%)	1(0.0%)
<b>Regimen</b>						
CONTRIBUTIVO	151093	1394584	150955	1392696	138 (0.0%)	1888(0.0%)
SUBSIDIADO	268473	696704	268216	695486	257 (0.0%)	1218(0.0%)

EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DEL PLAN NACIONAL DE VACUNACIÓN CONTRA EL COVID-19 EN DOS CIUDADES COLOMBIANAS DURANTE EL PERIODO DE EMERGENCIA SANITARIA

Categorías	TODOS		INCLUIDOS		EXCLUIDOS	
	23001 - Montería (N=419573)	76001 - Cali (N=2091316)	23001 - Montería (N=338882)	76001 - Cali (N=1765505)	23001 - Montería (N=80691)	76001 - Cali (N=325811)
<b>Hospitalización</b>						
Si	22910	143201	22899	143102	11 (0.0%)	99(0.0%)
No	396663	1948115	396279	1945108	384(0.0%)	3007(0.0%)
<b>Muerte</b>						
Si	3067	20648	3066	20646	1(0.0%)	2(0.0%)
No	416506	2070668	416112	2067564	394(0.0%)	3104(0.0%)

La presente sección detalla la descripción de la población de estudio, destacando la distribución de las variables de interés. Estas últimas fueron identificadas a partir del Diagrama Acíclico Dirigido (DAG) y clasificadas conforme al tipo de desenlace de estudio, ya sea por la presencia o ausencia del mismo. Se distinguieron las categorías en función del estado de vacunación, diferenciando entre individuos no vacunados, vacunados con esquema completo y vacunados con esquema incompleto.

Se observó una mayor frecuencia de hospitalizaciones en el grupo vacunado (Tabla 16). No obstante, para el desenlace de mortalidad, el número de casos fue significativamente superior en el grupo no vacunado. Además, se encontró que el 85% de los individuos vacunados que fallecieron por COVID-19 no habían recibido la dosis de refuerzo, siendo los mayores de 60 años el grupo etario más afectado por fallecimientos, tanto entre vacunados como no vacunados.

En cuanto a la distribución por ciudades, en las ciudades de Cali y Montería, la proporción de muertes fue tres veces superior en el grupo no vacunado en comparación con el vacunado. Asimismo, el tiempo transcurrido a la aparición de los eventos fue mayor en el grupo vacunado con la mayor cantidad de tiempo al evento.

EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DEL PLAN NACIONAL DE VACUNACIÓN CONTRA EL COVID-19 EN DOS CIUDADES COLOMBIANAS DURANTE EL PERIODO DE EMERGENCIA SANITARIA

Tabla 16. Características sociodemográficas de la población de estudio de acuerdo a la ocurrencia de desenlaces clínicos durante el seguimiento

	Hospitalización debida a COVID				Muerte debida a COVID			
	No vacunado (N=10955)	Incompleto (N=4865)	Vacunado (N=19113)	Refuerzo (N=15833)	No vacunado (N=2702)	Incompleto (N=463)	Vacunado	Refuerzo (N=162)
<b>Grupo de edad</b>								
3-11	492 (4.5%)	141 (2.9%)	228 (1.2%)	20 (0.1%)	7 (0.3%)	0 (0%)	1 (0.1%)	0 (0%)
12-25	1616 (14.8%)	1173 (24.1%)	3102 (16.2%)	1887 (11.9%)	22 (0.8%)	8 (1.7%)	6 (0.5%)	0 (0%)
26-39	2053 (18.7%)	1677 (34.5%)	5828 (30.5%)	4297 (27.1%)	62 (2.3%)	6 (1.3%)	12 (1.0%)	2 (1.2%)
40-49	1596 (14.6%)	675 (13.9%)	3285 (17.2%)	2743 (17.3%)	141 (5.2%)	9 (1.9%)	16 (1.4%)	2 (1.2%)
50-59	1729 (15.8%)	448 (9.2%)	2624 (13.7%)	2656 (16.8%)	349 (12.9%)	35 (7.6%)	48 (4.1%)	5 (3.1%)
>=60	3469 (31.7%)	751 (15.4%)	4046 (21.2%)	4230 (26.7%)	2121 (78.5%)	405 (87.5%)	1093 (92.9%)	153 (94.4%)
<b>Sexo</b>								
FEMENINO	5990 (54.7%)	2729 (56.1%)	11095 (58.0%)	9381 (59.2%)	1263 (46.7%)	199 (43.0%)	486 (41.3%)	49 (30.2%)
MASCULINO	4965 (45.3%)	2136 (43.9%)	8018 (42.0%)	6452 (40.8%)	1439 (53.3%)	264 (57.0%)	690 (58.7%)	113 (69.8%)



EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DEL PLAN NACIONAL DE VACUNACIÓN CONTRA EL COVID-19 EN DOS CIUDADES COLOMBIANAS DURANTE EL PERIODO DE EMERGENCIA SANITARIA

<b>Comorbilidad</b>								
Ninguna	8359 (76.3%)	4110 (84.5%)	15346 (80.3%)	12087 (76.3%)	1245 (46.1%)	169 (36.5%)	371 (31.5%)	46 (28.4%)
Otra comorbilidad	182 (1.7%)	77 (1.6%)	293 (1.5%)	299 (1.9%)	60 (2.2%)	12 (2.6%)	33 (2.8%)	4 (2.5%)
Hipertensión, diabetes y otra	87 (0.8%)	36 (0.7%)	158 (0.8%)	189 (1.2%)	62 (2.3%)	16 (3.5%)	63 (5.4%)	17 (10.5%)
Hipertensión, diabetes	2327 (21.2%)	642 (13.2%)	3316 (17.3%)	3258 (20.6%)	1335 (49.4%)	266 (57.5%)	709 (60.3%)	95 (58.6%)
<b>Régimen de seguridad social</b>								
CONTRIBUTIVO	8243 (75.2%)	4215 (86.6%)	17301 (90.5%)	14887 (94.0%)	1632 (60.4%)	289 (62.4%)	888 (75.5%)	144 (88.9%)
SUBSIDIADO	2712 (24.8%)	650 (13.4%)	1812 (9.5%)	946 (6.0%)	1070 (39.6%)	174 (37.6%)	288 (24.5%)	18 (11.1%)
<b>Municipio</b>								
Montería	939 (8.6%)	387 (8.0%)	1731 (9.1%)	1536 (9.7%)	365 (13.5%)	53 (11.4%)	132 (11.2%)	11 (6.8%)
Cali	10016 (91.4%)	4478 (92.0%)	17382 (90.9%)	14297 (90.3%)	2337 (86.5%)	410 (88.6%)	1044 (88.8%)	151 (93.2%)
<b>Tiempo al evento</b>								
Media (SD)	124 (90.7)	124 (81.8)	156 (83.6)	173 (87.6)	141 (99.4)	116 (100)	200 (95.5)	300 (43.5)
Mediana [Min, Max]	110 [1.00, 359]	122 [1.00, 359]	158 [1.00, 359]	181 [1.00, 359]	113 [4.00, 359]	74.0 [2.00, 359]	213 [15.0, 358]	305 [57.0, 359]

Se procedió con la construcción y estimación del modelo de Cox sin covariables (tabla 17 y 18) discriminado por ciudades de interés para observar su rendimiento, evaluando dos tipos de desenlaces: hospitalización y muerte por COVID-19. Los resultados del Hazard Ratio (HR) sugieren que para los desenlaces de hospitalización y muerte en la ciudad de Cali presentan un efecto protector en el grupo los diferentes esquemas de vacunación, siendo el más fuerte el grupo con refuerzo. Este efecto es más notable en el desenlace de muerte por COVID-19, donde el HR es sustancialmente menor que 1 en el grupo con refuerzo (HR 0.01; 95% CI 0.01, 0.02), lo que indica una reducción significativa en el riesgo de este desenlace entre los vacunados comparado con los no vacunados.

Tabla 17. Estimación del Hazard Ratio (HR) entre los diferentes desenlaces de estudio. Modelo crudo Cali

Esquema de vacunación	Hospitalización debida a COVID-19		Muerte debida a COVID-19	
	HR	95 CI	HR	95 CI
Vacunado incompleto	0.54	0.53, 0.57	0.18	0.16, 0.20
Vacunado completo	0.49	0.48, 0.50	0.10	0.10, 0.11
Refuerzo	0.44	0.43, 0.45	0.01	0.01, 0.02

Categoría de referencia no vacunados\*

Para el caso de la ciudad de Montería los resultados indican que el efecto protector ante los desenlaces de hospitalización y muerte aumentan a medida que se completan los esquemas de vacunación y se usan las dosis de refuerzo. Llegando para el caso de la hospitalización a un HR 0.37; 95% CI 0.34, 0.40.

Tabla 18. Estimación del Hazard Ratio (HR) entre los diferentes desenlaces de estudio. Modelo crudo Montería

Esquema de vacunación	Hospitalización debida a COVID-19		Muerte debida a COVID-19	
	HR	95 CI	HR	95 CI
Vacunado incompleto	0.48	0.43, 0.54	0.13	0.10, 0.18
Vacunado completo	0.39	0.36, 0.42	0.06	0.05, 0.07
Refuerzo	0.37	0.34, 0.40	0.01	0.01, 0.01

Categoría de referencia no vacunados\*

En la Tabla 19 y 20 se presentan los resultados de un modelo de Cox ajustado general y discriminado por ciudades, obtenidos tras aplicar la técnica Stepwise. Se partió de un modelo saturado que incluía todas las variables identificadas en el Directed Acyclic Graph (DAG). Luego de explorar las posibles combinaciones de variables, se optó por continuar con el modelo saturado, ya que este presentaba el valor más bajo de Akaike Information Criterion (AIC): 920.394 para hospitalización y 71.322 para muerte. Según la regla de Burnham y Anderson para la selección de modelos, una diferencia de AIC superior a 2 ofrece una evidencia considerable de que el modelo con el menor AIC es preferible, y una diferencia mayor a 10 se considera una evidencia muy fuerte de que este es el mejor modelo.

La estimación de los HR mediante el modelo multivariado ajustado se lleva a cabo para cada uno de los desenlaces de estudio. Para la variable de edad, se utiliza el grupo de 40-49 años como referencia, debido a que la literatura sugiere que este grupo posee un riesgo intermedio en comparación con otros grupos etarios. El grupo de 3-11 años no se toma como referencia debido a la baja frecuencia de eventos graves como la muerte, lo cual puede obstaculizar la comparación estadística con grupos de mayor edad, como los mayores de 60 años, que tienen un riesgo más alto de desenlaces adversos relacionados con COVID-19.

En comparación con el modelo crudo, el modelo ajustado de la Tabla 19 muestra que las diferencias en la estimación del Hazard Ratio (HR) para hospitalización y

muerte debido a COVID-19 en el grupo vacunado son consistentes con los encontrados en el modelo crudo, mostrando un efecto protector significativo a medida que aumentan las dosis aplicadas. Este efecto se mantiene al ajustar por las covariables, indicando una reducción en el riesgo de hospitalización (HR 0.45; 95% CI 0.44, 0.46) y muerte (HR 0.05; 95% CI 0.04, 0.05) para los individuos vacunados completos en comparación con los no vacunados.

Tabla 19. Estimación del Hazard Ratio (HR) entre los diferentes desenlaces de estudio. Modelo ajustado Cali

	Hospitalización debida a COVID-19		Muerte debida a COVID-19	
	HR	95 CI	HR	95 CI
<b>Esquema de vacunación</b>				
No vacunado	1		1	
Incompleto	0.52	0.50, 0.54	0.12	0.11, 0.13
Vacunado completo	0.45	0.44, 0.46	0.05	0.04, 0.05
Refuerzo	0.39	0.38, 0.40	0.01	0.00, 0.01
<b>Régimen de seguridad social</b>				
Contributivo	1		1	
Subsidiado	0.91	0.88, 0.94	1.24	1.15, 1.33
<b>Sexo</b>				
Femenino	1		1	
Masculino	1.04	1.02, 1.06	1.55	1.46, 1.66
<b>Comorbilidades</b>				
Ninguna	1		1	
Hipertensión y diabetes	1.07	1.04, 1.10	1.49	1.39, 1.60
Hipertensión, diabetes y otra	0.96	0.87, 1.06	1.78	1.49, 2.11
Otra comorbilidad	1.03	0.96, 1.11	1.64	1.34, 2.01
<b>Grupo de Edad</b>				
40-49	1		1	
3-11	0.57	0.53, 0.61	0.04	0.02, 0.08
12-25	0.78	0.75, 0.80	0.03	0.02, 0.05

EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DEL PLAN NACIONAL DE VACUNACIÓN CONTRA EL COVID-19 EN DOS CIUDADES COLOMBIANAS DURANTE EL PERIODO DE EMERGENCIA SANITARIA

26-39	0.81	0.79, 0.84	0.07	0.05, 0.09
50-59	0.95	0.92, 0.98	2.71	2.22, 3.30
>=60	0.98	0.95, 1.01	6.84	5.71, 8.18

Para el caso de la ciudad de Montería La Tabla 20 muestra que la vacunación completa y, en mayor medida, el refuerzo reduce significativamente el riesgo de hospitalización y muerte por COVID-19. El HR para hospitalización en vacunados completos es 0.37 (95% CI: 0.34, 0.41) y 0.35 (95% CI: 0.32, 0.38) con refuerzo, mientras que para muerte es 0.04 (95% CI: 0.04, 0.05) y 0.01 (95% CI: 0.00, 0.01) respectivamente. Los hombres y las personas con comorbilidades, como hipertensión y diabetes, presentan un mayor riesgo de hospitalización y muerte. El grupo de mayor edad ( $\geq 60$  años) tiene el mayor riesgo de muerte (HR 2.78; 95% CI: 2.23, 3.45). Estos resultados subrayan el fuerte efecto protector de la vacunación, especialmente en los grupos vulnerables.

Tabla 20. Estimación del Hazard Ratio (HR) entre los diferentes desenlaces de estudio. Modelo ajustado Montería

	Hospitalización debida a COVID-19		Muerte debida a COVID-19	
	HR	95 CI	HR	95 CI
<b>Esquema de vacunación</b>				
No vacunado	1		1	
Incompleto	0.48	0.43, 0.55	0.14	0.10, 0.18
Vacunado completo	0.37	0.34, 0.41	0.04	0.04, 0.05
Refuerzo	0.35	0.32, 0.38	0.01	0.00, 0.01
<b>Régimen de seguridad social</b>				
Contributivo	1		1	
Subsidiado	1.09	1.02, 1.16	0.93	0.79, 1.10
<b>Sexo</b>				
Femenino	1		1	
Masculino	1.07	1.01, 1.13	1.48	1.26, 1.75
<b>Comorbilidades</b>				
Ninguna	1		1	

Hipertensión y diabetes	0.95	0.88, 1.04	1.27	1.07, 1.50
Hipertensión, diabetes y otra	1.17	0.85, 1.60	2.08	1.36, 3.19
Otra comorbilidad	1.03	0.80, 1.32	1.45	0.69, 2.73
Grupo de Edad				
40-49	1		1	
3-11	0.60	0.48, 0.75	0	0.00, inf
12-25	0.66	0.59, 0.74	0.03	0.01, 0.08
26-39	0.78	0.71, 0.86	0.04	0.01, 0.07
50-59	1.04	0.93, 1.15	1.3	0.98, 1.72
>=60	0.96	0.87, 1.07	2.78	2.23, 3.45

Para evaluar la colinealidad entre las variables predictoras en el modelo de Cox, se procedió a examinar las puntuaciones del Factor de Inflación de la Varianza (VIF). Aunque el VIF es típicamente utilizado en modelos de regresión lineal, se adaptó un enfoque equivalente para el contexto de los modelos de supervivencia. La Tabla 21 muestra las puntuaciones VIF para cada variable en los modelos de hospitalización y muerte debido a COVID-19. Los valores de VIF por debajo de 5 sugieren que no hay evidencia de colinealidad problemática entre las variables en los modelos. Esto asegura que las estimaciones de los coeficientes son estables y que el modelo no está inflado por relaciones lineales fuertes entre las variables predictoras.

Tabla 21. Puntuaciones VIF para búsqueda de colinealidad Cali

Variable	Hospitalización debida a COVID-19	Muerte debida a COVID-19
	VIF	VIF
Incompleto	1.54	1.84
Vacunado	2.31	3.14
Refuerzo	2.34	3.21
Masculino	1.00	1.01
Subsidiado	1.05	1.06

<b>Variable</b>	<b>Hospitalización debida a COVID-19</b>	<b>Muerte debida a COVID-19</b>
Hipertensión y diabetes	1.36	1.39
Hipertensión, diabetes y otra	1.04	1.04
Otra comorbilidad	1.01	1.01
3-11	1.16	1.20
12-25	1.75	1.86
26-39	2.03	2.15
50-59	1.66	1.69
>=60	2.17	2.26

Para el caso de Montería se presenta la tabla 22 con resultados similares a los presentados en la tabla anterior.

Tabla 22. Puntuaciones VIF para búsqueda de colinealidad Montería

<b>Variable</b>	<b>Hospitalización debida a COVID-19</b>	<b>Muerte debida a COVID-19</b>
	VIF	VIF
Incompleto	1.53	1.81
Vacunado	2.52	3.42
Refuerzo	2.58	3.52
Masculino	1.01	1.14
Subsidiado	1.15	1.01
Hipertensión y diabetes	1.42	1.44
Hipertensión, diabetes y otra	1.03	1.03
Otra comorbilidad	1.01	1.01
3-11	1.17	1.19
12-25	1.76	1.83
26-39	2.17	2.27
50-59	1.78	1.80
>=60	2.46	2.56

Tras confirmar la ausencia de colinealidad y seleccionar el modelo con las mejores

puntuaciones de AIC, se procedió a validar la suposición de riesgos proporcionales del modelo de Cox. Las gráficas de residuales de Schoenfeld para hospitalización y muerte debido a COVID-19 que se observan en las figuras 12 a, b, c y d, no muestran patrones que indiquen una violación de los supuestos para las ciudades de Cali y Montería, ya que las líneas suaves permanecen en valores centrales sin cambio en las tendencias a través del tiempo. Esto sugiere que la proporcionalidad de riesgos se mantiene para la mayoría de las covariables en el modelo a lo largo del tiempo de estudio.

Aunque las pruebas globales de Schoenfeld indican diferencias estadísticamente significativas, con valores de  $p$  menores que 0.05, es importante tener en cuenta que, en muestras grandes, incluso diferencias pequeñas pueden resultar estadísticamente significativas. Por lo tanto, la significancia estadística por sí sola no debe ser la única consideración para determinar la violación de la suposición de riesgos proporcionales. Se deben considerar las tendencias de los residuales de Schoenfeld a lo largo del tiempo. Una ausencia de rupturas en las tendencias en las líneas de ajuste suavizadas sugiere que la suposición de riesgos proporcionales se mantiene, a pesar de las significancias estadísticas observadas en las pruebas globales.



Figura 12. Residuales de Schoenfeld

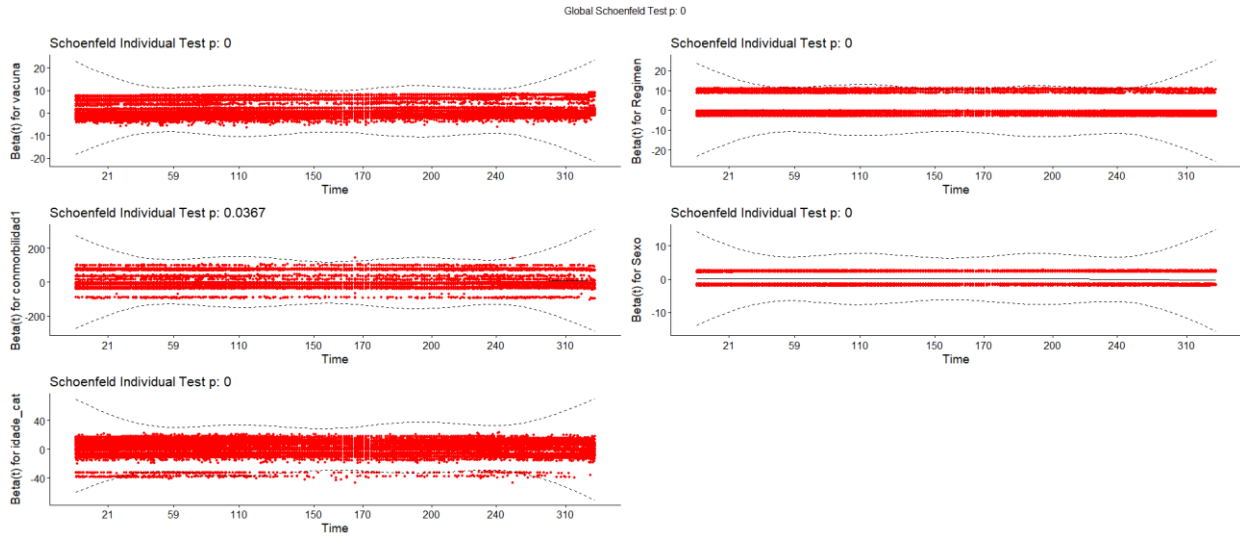


Figura 12 a. Gráfico de residuales Schoenfeld hospitalización debida a COVID-19 Cali

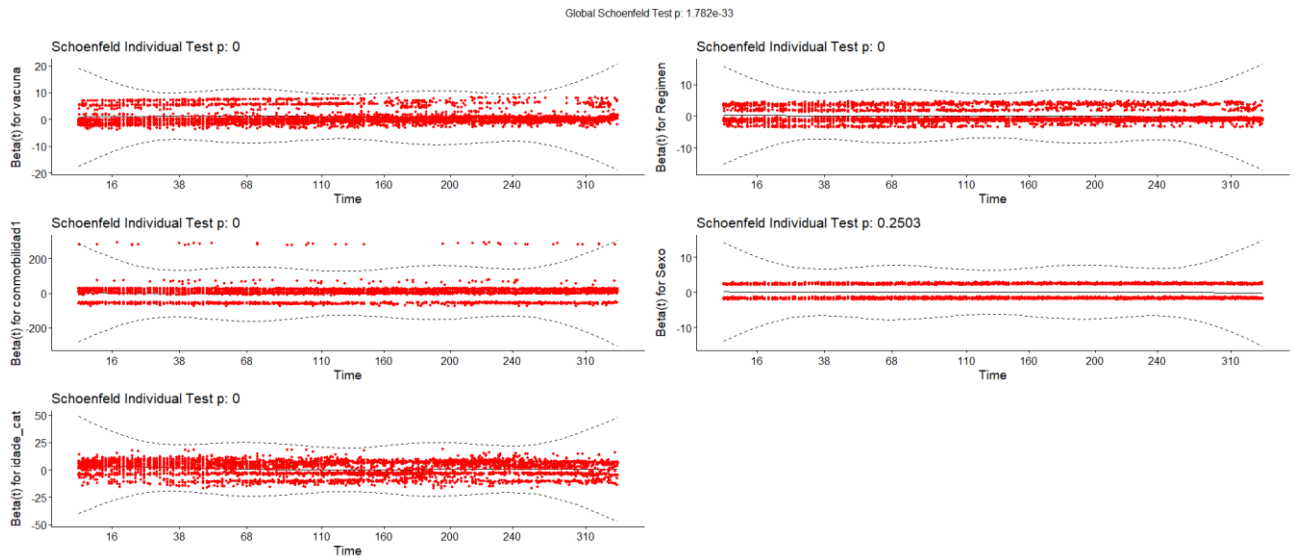


Figura 12 b. Gráfico de residuales Schoenfeld hospitalización debida a COVID-19 Montería

EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DEL PLAN NACIONAL DE VACUNACIÓN CONTRA EL COVID-19 EN DOS CIUDADES COLOMBIANAS DURANTE EL PERIODO DE EMERGENCIA SANITARIA

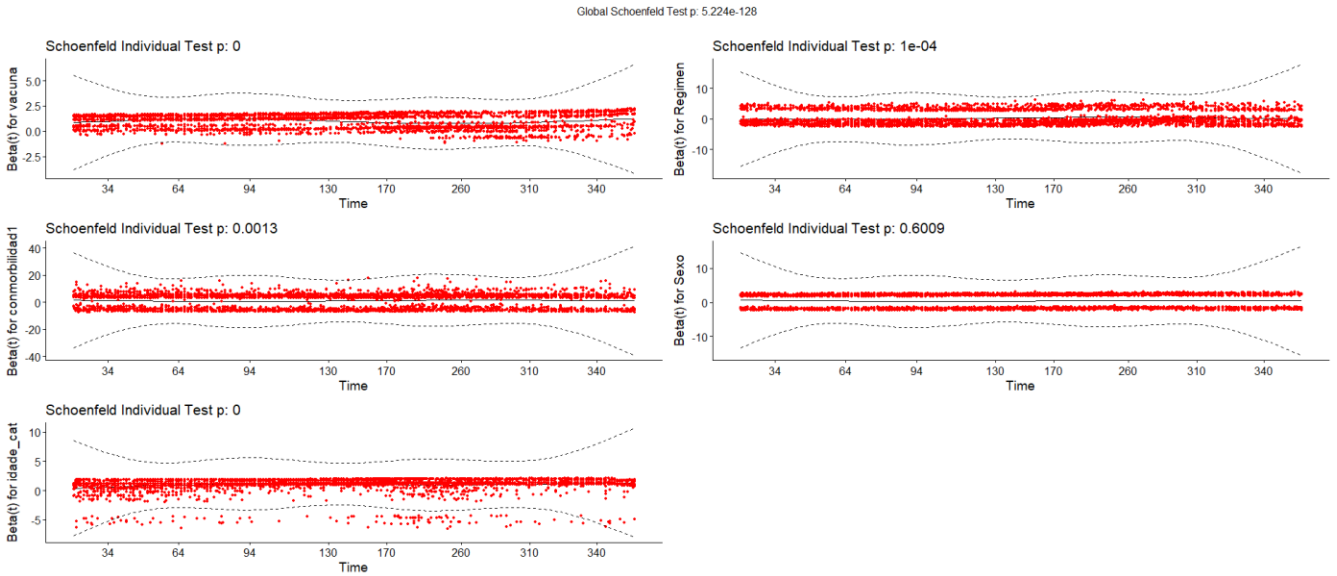


Figura 12 c. Gráfico de residuales Schoenfeld muerte debida a COVID-19 Cali

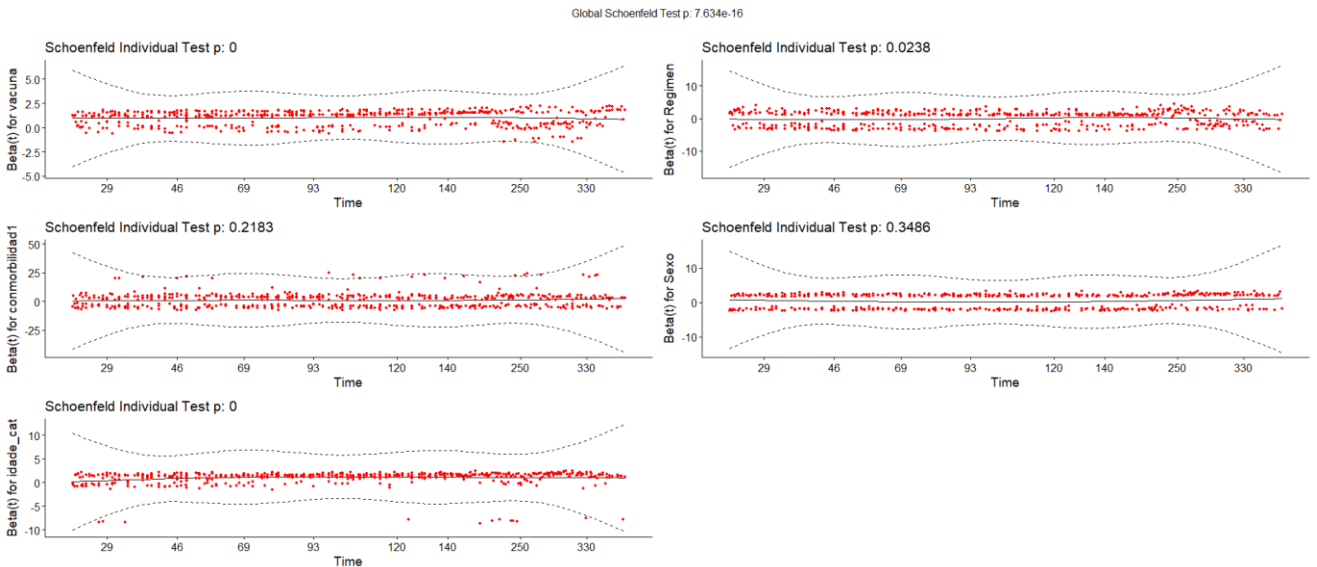


Figura 12 d. Gráfico de residuales Schoenfeld muerte debida a COVID-19 Montería

Las curvas de supervivencia de la Figura 13 a, b, c y d representan las estimaciones de supervivencia para los desenlaces de hospitalización y muerte debido a COVID-19, respectivamente ajustado por las covariables del modelo, y muestran la proporción de sujetos que no han experimentado el evento de interés (hospitalización o muerte) a lo largo del tiempo.

En la Figura 13 a y b donde se muestra las curvas de supervivencia para hospitalización para debido a COVID-19, las curvas parecen divergir más, con el grupo no vacunado exhibiendo una disminución más pronunciada en la supervivencia en comparación con el grupo vacunado. En la Figura 13 c y d, la curva para el grupo vacunado se mantiene relativamente plana en comparación con la curva del grupo no vacunado, lo que sugiere que la vacunación puede estar asociada con una reducción significativa en el riesgo de muerte por COVID-19.

Figura 13. Gráfico de curvas de supervivencia

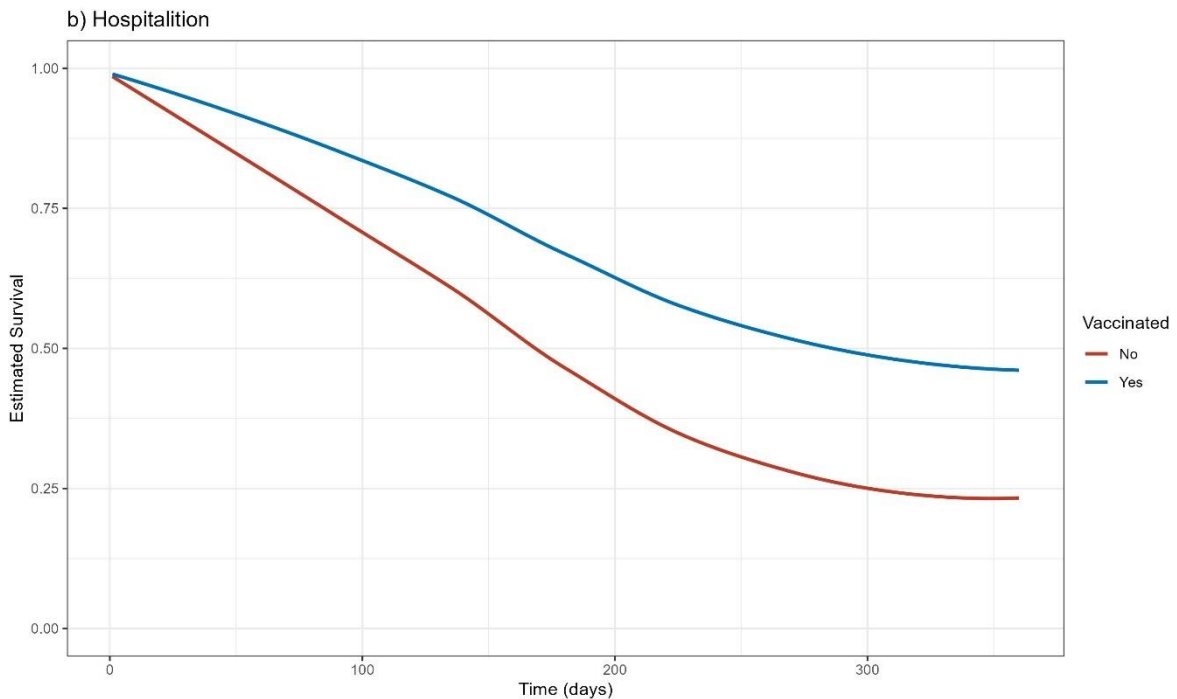


Figura 13 a. Gráfico de curvas de supervivencia para hospitalización debida a COVID-19 Cali

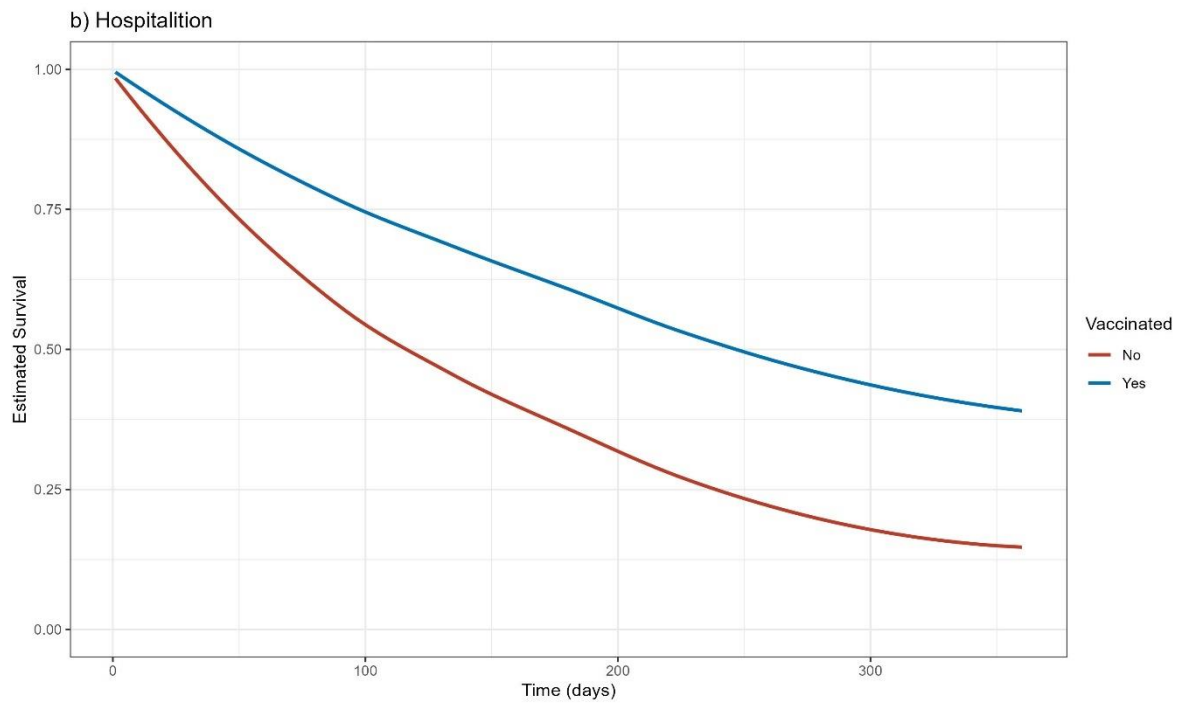


Figura 13 b. Gráfico de curvas de supervivencia para hospitalización debida a COVID-19 Montería

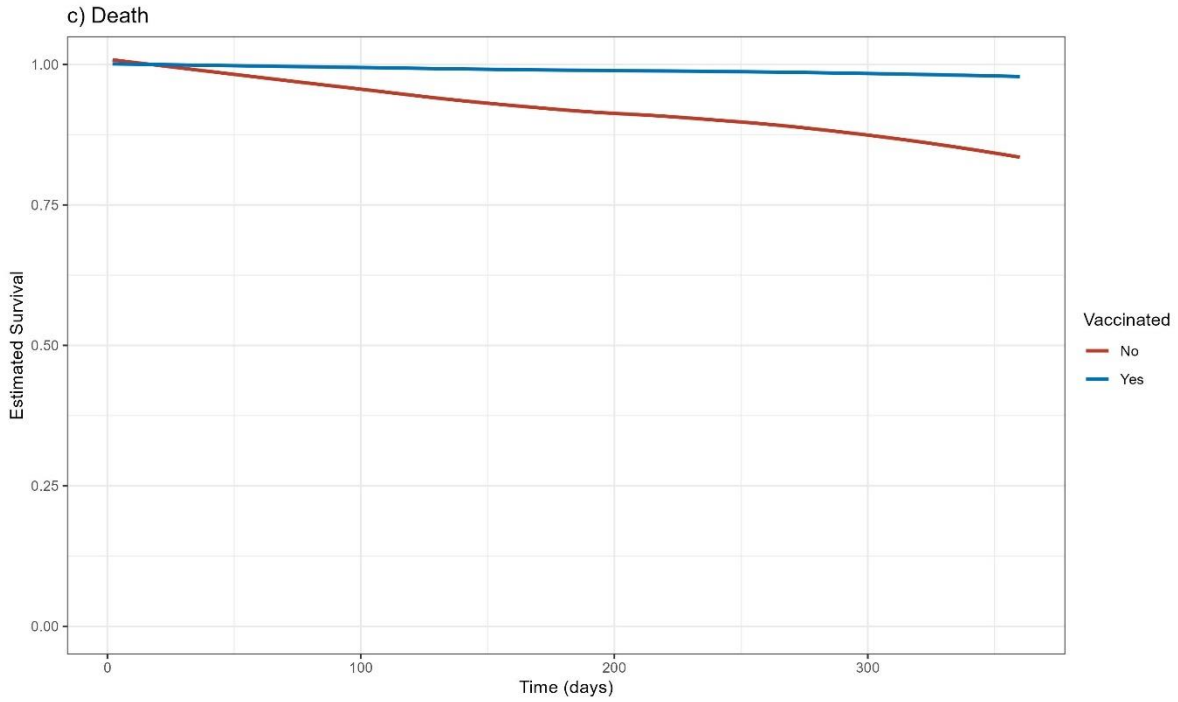


Figura 13 c. Gráfico de curvas de supervivencia para muerte debida a COVID-19 Cali

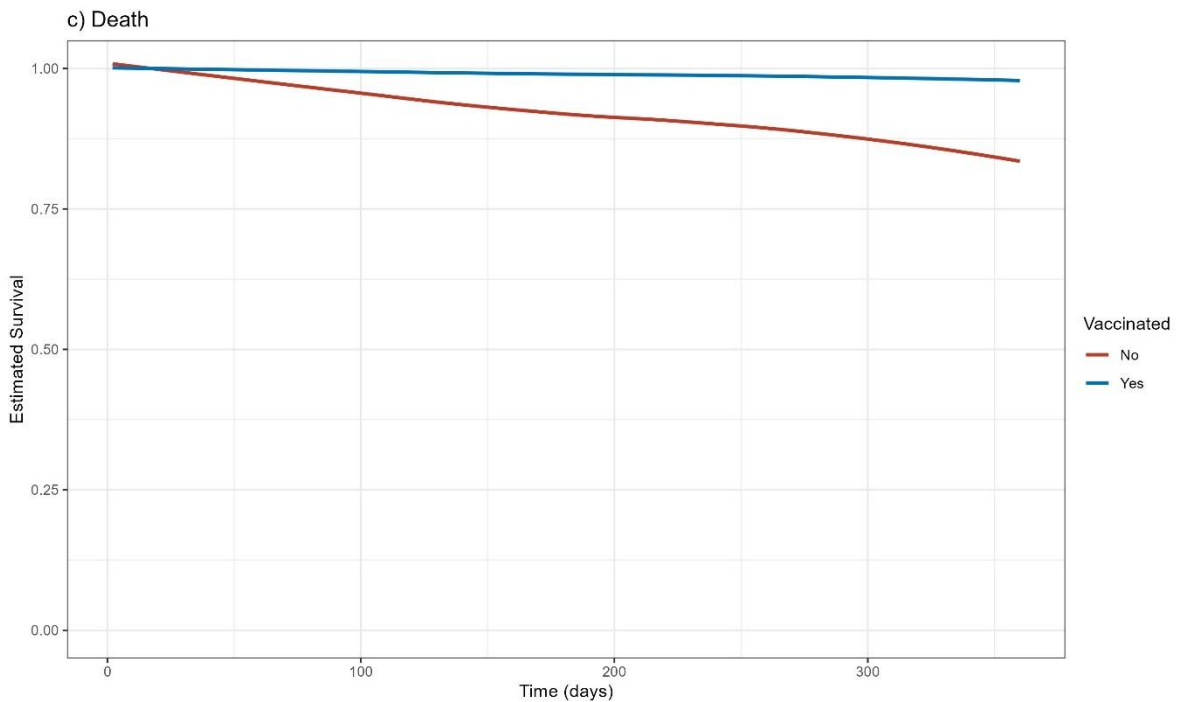


Figura 13 d. Gráfico de curvas de supervivencia para muerte debida a COVID-19 Montería

Para la estimación integral del desempeño del modelo de Cox, es recomendable

realizar pruebas de calibración y discriminación, además de las pruebas de residuales de Schoenfeld y las curvas de supervivencia. Esto proporciona una comprensión completa de la precisión y la utilidad del modelo en la predicción de los riesgos de la población.

Las pruebas de calibración de las figuras 14, se centran en cuán cerca la línea de observados (negra) y la línea corregida por optimismo (azul) siguen la línea ideal (gris). De tal forma que se examina la precisión de las probabilidades de supervivencia predichas por un modelo en comparación con las observadas usando número de simulaciones de bootstrap (B=1000).

- Eje x (Predicted 360 Day Survival): Representa las probabilidades de supervivencia predichas por el modelo a los 360 días. Estos valores varían de 0 a 1, donde 0 indica ninguna supervivencia prevista y 1 indica una supervivencia prevista del 100%.
- Eje y (Fraction Surviving 360 Day): Representa la fracción de sujetos que realmente sobrevivieron a los 360 días. Al igual que en el eje x, los valores varían de 0 a 1.
- Línea negra (observed): Muestra la fracción de supervivencia observada a los 360 días para diferentes niveles de supervivencia predicha. Esta línea debería idealmente seguir la línea gris (ideal), lo que indicaría una perfecta calibración.
- Línea gris (ideal): Representa la línea de calibración ideal, donde las predicciones del modelo son perfectamente precisas. Si las predicciones fueran perfectas, la línea negra se superpondría con esta línea.
- Línea azul (optimism corrected): Indica la línea de calibración corregida por optimismo, que ajusta la línea de calibración basada en los resultados de un

proceso de validación interna, como la validación cruzada o el bootstrapping. Este ajuste tiene en cuenta el sobreajuste del modelo.

En el contexto del análisis de supervivencia, la calibración se refiere al acuerdo entre las probabilidades predichas y las frecuencias del resultado dentro de un período de tiempo determinado. Basado en esta interpretación, el modelo para el desenlace de hospitalización (14 a y b) el modelo presenta buen rendimiento en probabilidades altas dado que, hacia el extremo derecho, la línea azul y la línea gris convergen nuevamente, lo que sugiere que el modelo calibra mejor las probabilidades más altas de supervivencia, siendo la calibración más confiable en el rango donde la línea azul sigue de cerca la línea gris alrededor de 0.5 en el eje X y Y. Las desviaciones significativas en los extremos indican que las predicciones del modelo son menos fiables en esas áreas.

El modelo parece tener un buen desempeño, pero no perfecto para el desenlace de muerte (14 c y d). Exhibe capacidad para calibrar las predicciones en relación con los resultados observados en probabilidades altas y bajas de supervivencia como es el caso del desenlace de muerte en este estudio y menor desempeño en probabilidades de supervivencia intermedias. La cercanía entre las líneas negra y azul indica que no se presenta sobreapareamiento. Es de aclarar que la calibración de los modelos refleja la calibración de tiempo hasta el evento no la aparición del evento.

Figura 14. Gráfico de curvas de calibración

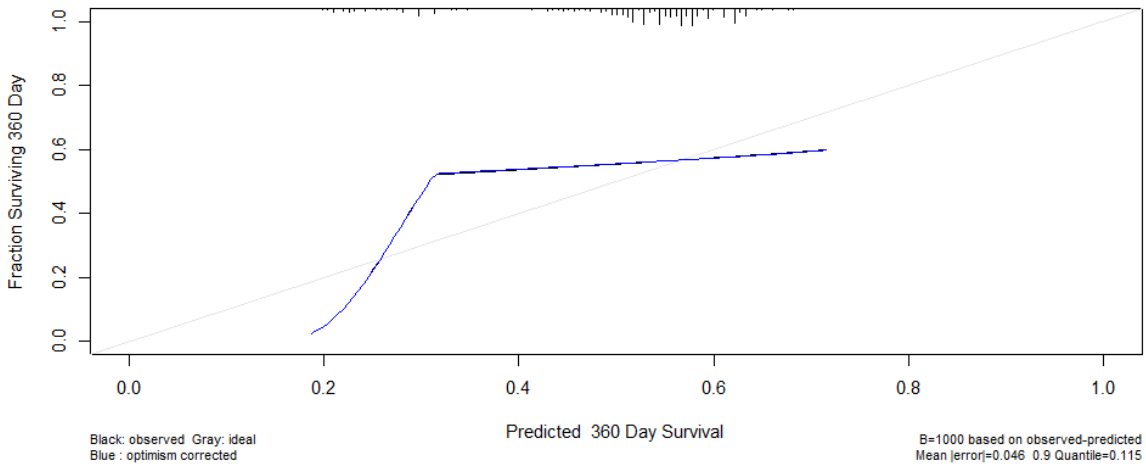


Figura 14 a. Gráfico de curvas de calibración para hospitalización debida a COVID-19 Cali

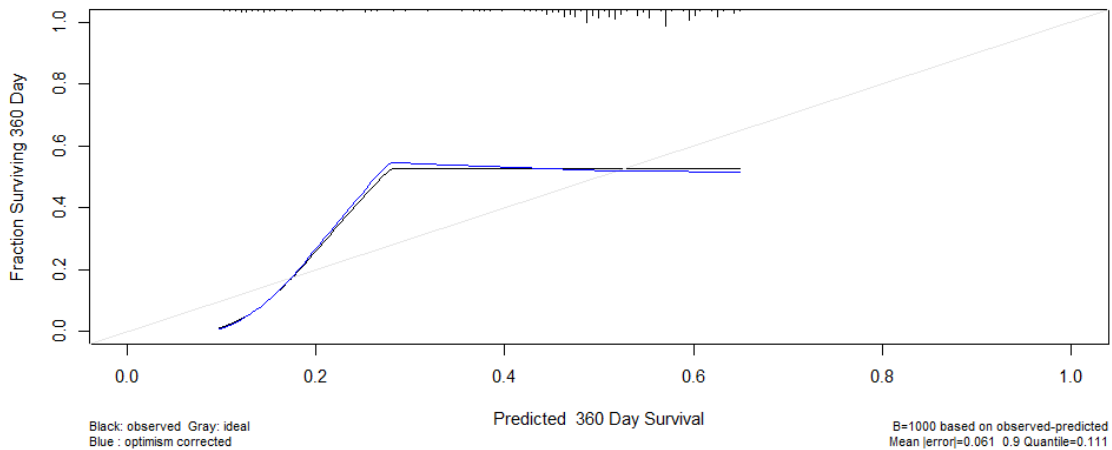


Figura 14 b. Gráfico de curvas de calibración para hospitalización debida a COVID-19 Montería



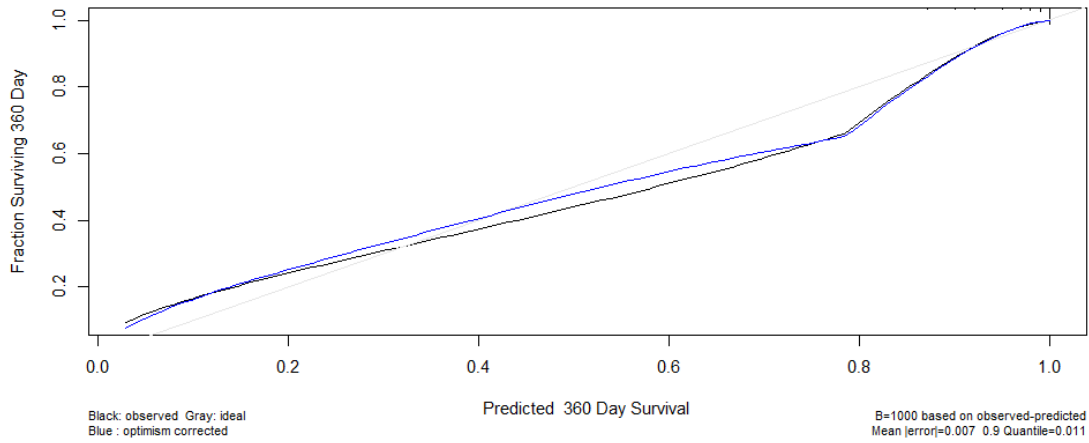


Figura 14 c. Gráfico de curvas de calibración para muerte debida a COVID-19 Cali

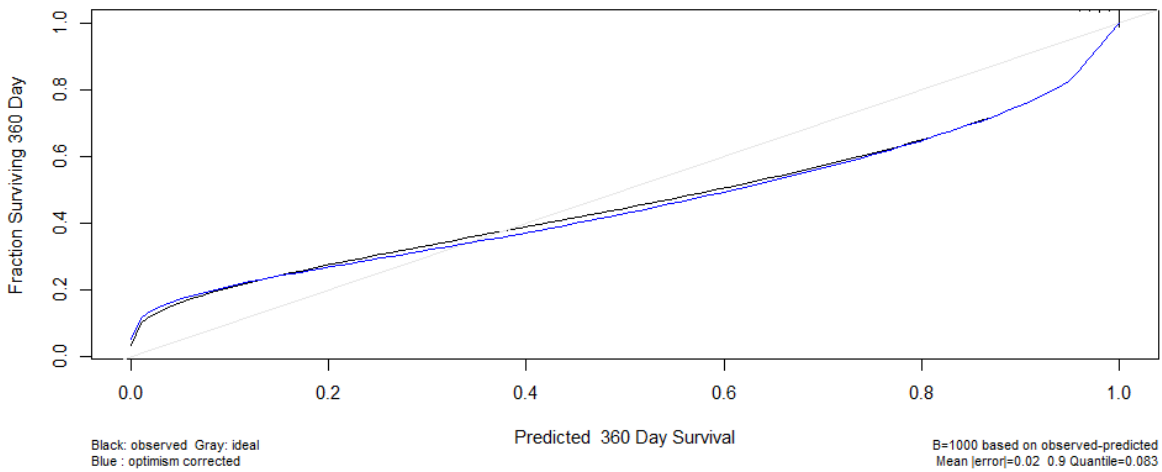


Figura 14 d. Gráfico de curvas de calibración para muerte debida a COVID-19 Montería

Para examinar la discriminación del modelo se hace uso de las curvas ROC presentadas en las figuras 15, en donde la figura 15 a y 15 b (hospitalización)

presentan un AUC de 0.57 y 0.58 respectivamente, mostrando una capacidad de discriminación razonable mejor a la de un sorteo aleatorio (AUC de 0.5). Sin embargo, para el desenlace de muerte presentado en la figura 15 c y d, el AUC es de 0.94 y 0.96, lo cual representa una alta capacidad de discriminación y sugiere que el modelo tiene una alta sensibilidad (tasa de verdaderos positivos) y especificidad (baja tasa de falsos positivos) con una estimación cercana al 95% de probabilidad de que el modelo clasifique correctamente el tiempo al evento de algún caso al azar.

Figura 15. Curva ROC

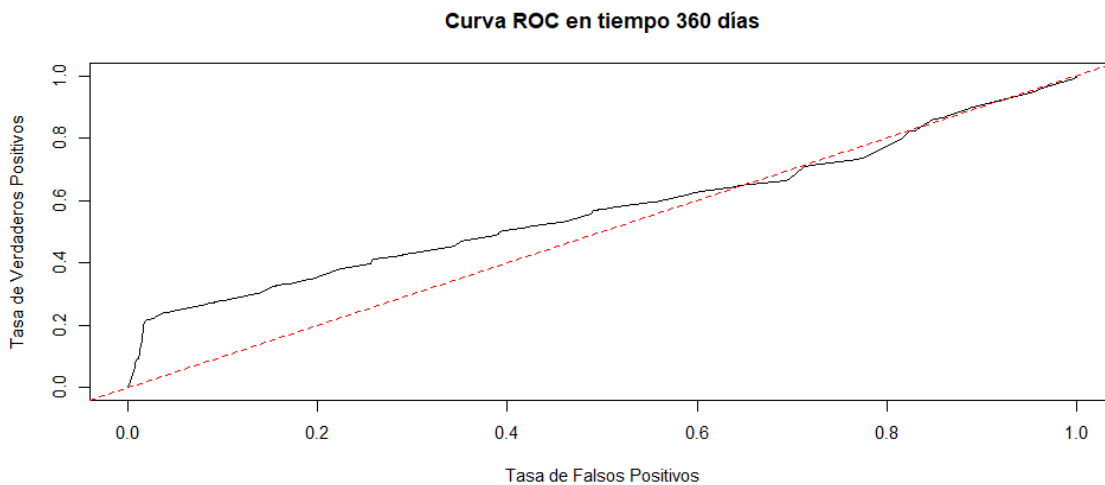


Figura 15 a. Curva ROC para hospitalización debida a COVID-19 Cali

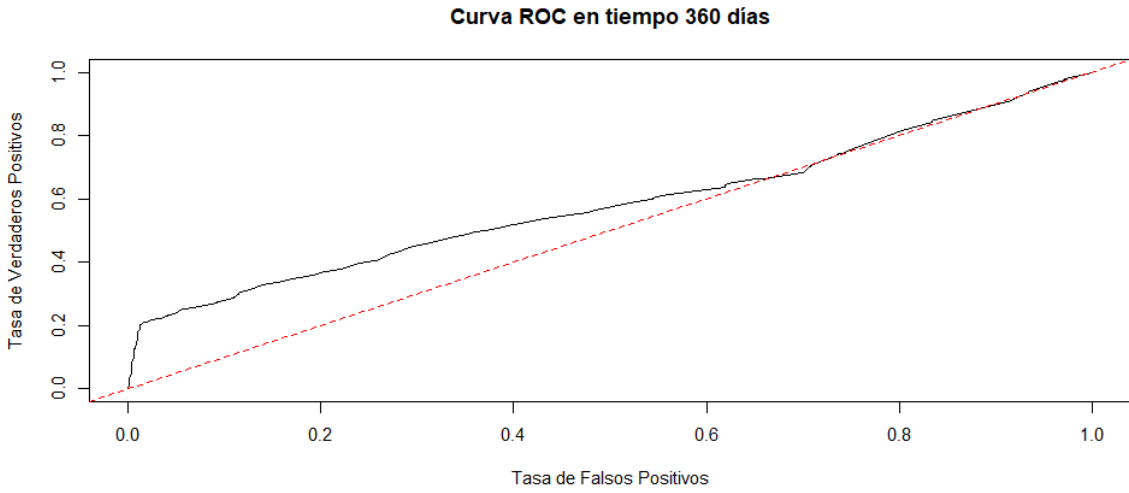


Figura 15 b. Curva ROC para hospitalización debida a COVID-19 Montería

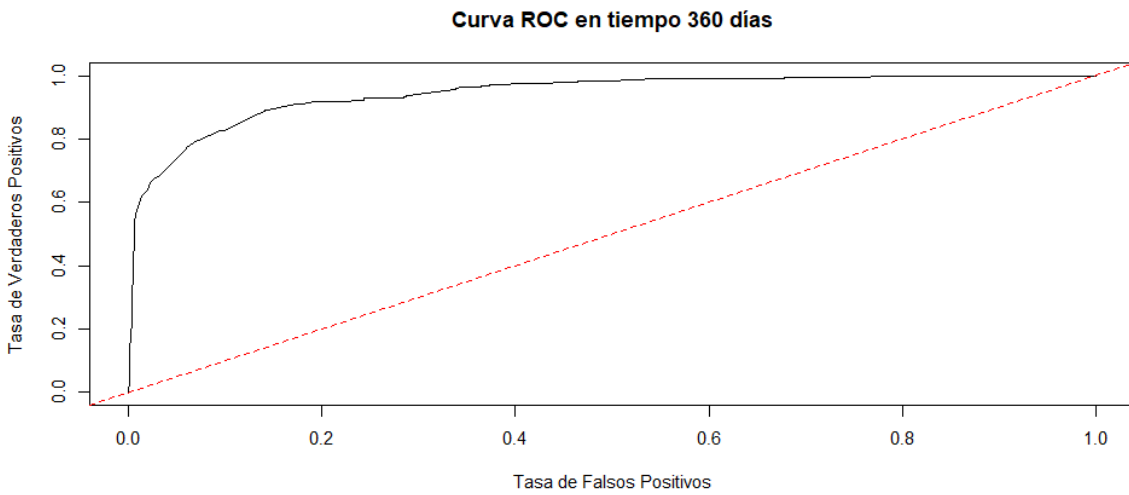


Figura 15 c. Curva ROC para muerte debida a COVID-19 Cali

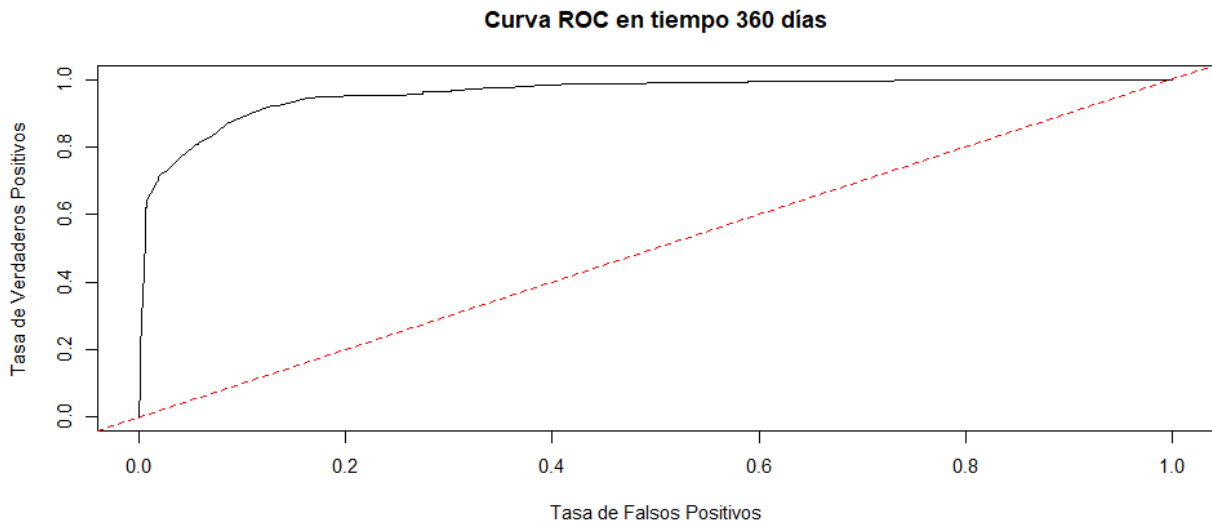


Figura 15 d. Curva ROC para muerte debida a COVID-19 Montería

Las gráficas de la Figura 16 representan la efectividad de las vacunas contra el COVID-19 en la prevención de varios desenlaces de estudio a lo largo del tiempo. Las gráficas ofrecen una visión general de cómo la vacunación contribuye a la protección contra estos eventos a nivel poblacional y como esta cambia en el tiempo.

La Figura 16<sup>a</sup> y b muestra cómo la efectividad de la vacuna contra la hospitalización debido a COVID-19, en donde la tendencia sugiere que la vacuna mantiene una efectividad relativamente alta contra la hospitalización, sin embargo, en el caso de los esquemas incompletos la efectividad es más baja en todos los puntos de medición y al día 150 tiene una caída en la efectividad que retoma la tendencia al día 200 en Cali, mientras que para Montería la tendencia es estable en el tiempo. Por su parte la Figura 16 c y d muestra una línea casi horizontal en el caso del uso de refuerzo, indicando que la efectividad de la vacuna contra la muerte por COVID-19 permanece alta y constante durante el período observado.

Figura 16. Gráfico de curvas de efectividad

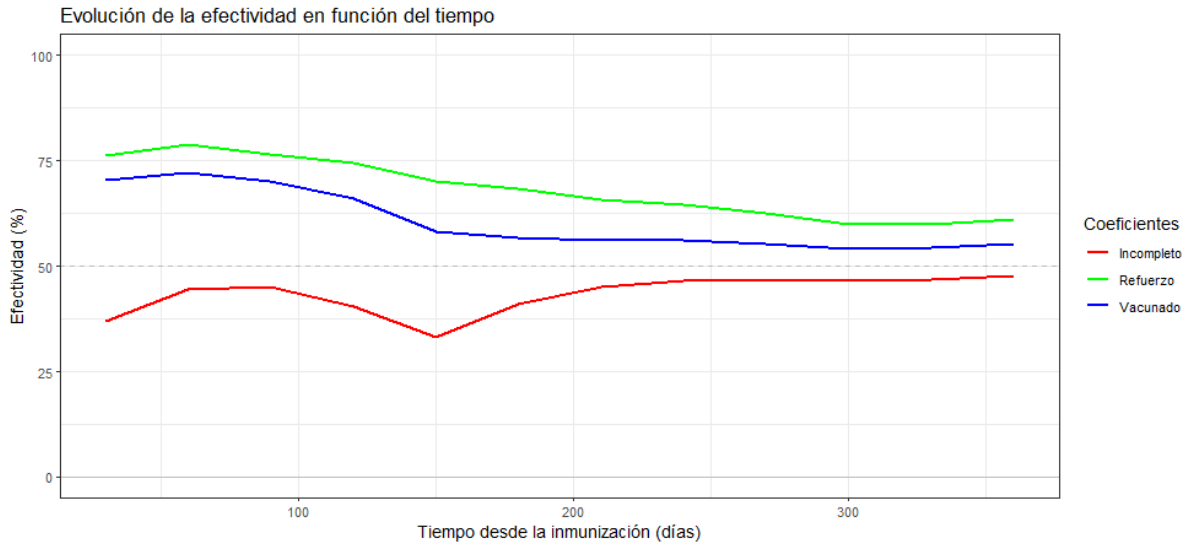


Figura 16 a. Gráfico de curvas de efectividad para hospitalización debida a COVID-19 Cali

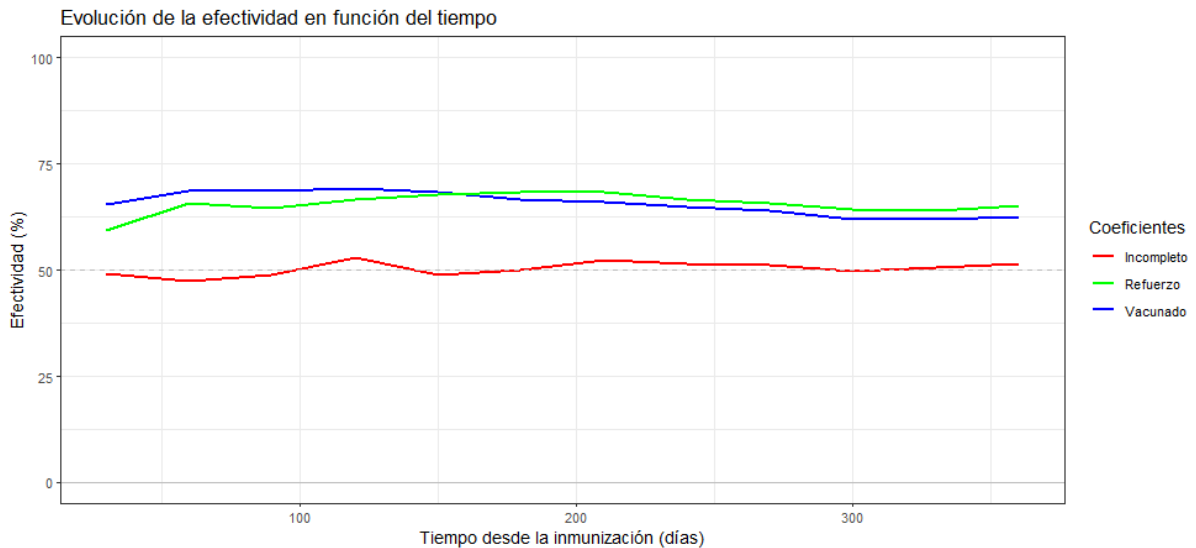


Figura 16 b. Gráfico de curvas de supervivencia para hospitalización debida a COVID-19 Montería

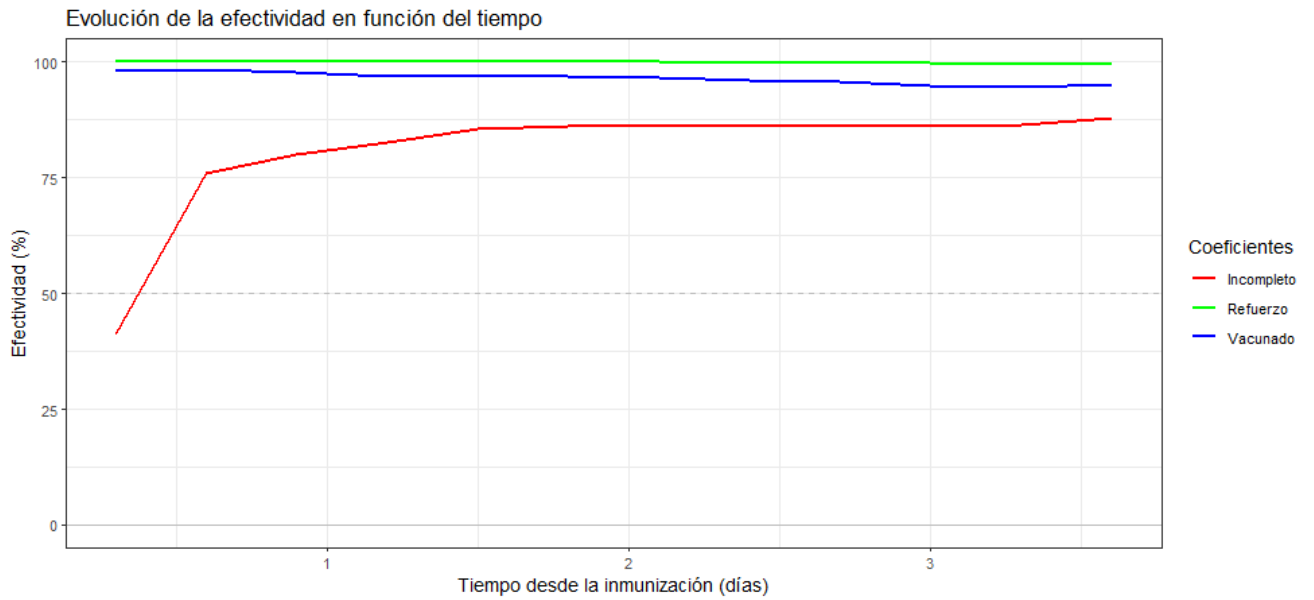


Figura 16 c. Gráfico de curvas de efectividad para muerte debida a COVID-19 Cali

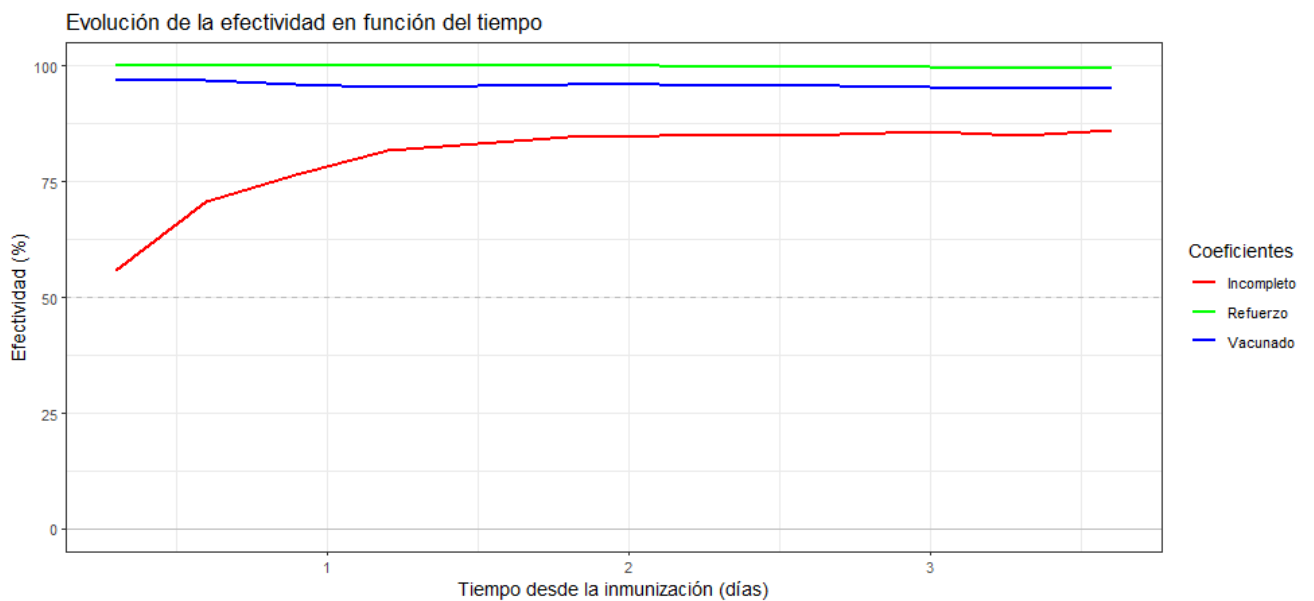


Figura 16 d. Gráfico de curvas de supervivencia para muerte debida a COVID-19 Montería

La efectividad de la vacuna se evaluó cada dos meses en las ciudades de estudio para cada desenlace como se observa en la tabla 19. En donde la efectividad contra de la hospitalización por COVID-19 en esquemas completos se mantiene por

encima del 50% durante los 12 meses en ambas ciudades, aunque Montería muestra un mejor desempeño al final del seguimiento, con una efectividad del 62.62%, en comparación con el 55.16% de Cali.

Respecto a la mortalidad por COVID-19, ambas ciudades mantienen niveles altos de efectividad de la vacuna, cercanos al 95% en esquemas completos y cercano al 99% en uso de refuerzo. Específicamente, Cali muestra una efectividad que se mantiene en un 95.17%, mientras que Montería muestra una efectividad del 95.52%. Estos resultados sugieren que la vacuna es altamente efectiva en prevenir la muerte por COVID-19 a lo largo del tiempo en ambas ciudades, especialmente en esquemas completos y refuerzo.

EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DEL PLAN NACIONAL DE VACUNACIÓN CONTRA EL COVID-19 EN DOS CIUDADES COLOMBIANAS DURANTE EL PERIODO DE EMERGENCIA SANITARIA

Tabla 23. Efectividad estimada de las vacunas para diferentes los diferentes tipos de desenlaces de estudio durante el periodo de seguimiento (cada dos meses)

Meses desde la vacunación	Hospitalización debida a COVID-19						Muerte debida a COVID-19					
	Incompleto	95 IC	Vacunado	95 IC	Refuerzo	95 IC	Incompleto	95 IC	Vacunado	95 IC	Refuerzo	95 IC
<b>Cali</b>												
2	44.31	40.49, 47.89	72.09	70.58, 79.52	78.84	77.55, 80.06	75.20	69.84, 79.62	98.41	97.90, 98.80	99.98	99.83, 100.00
4	40.61	37.52, 43.55	66.13	64.76, 67.45	74.49	73.33, 75.60	82.43	79.71, 84.78	96.95	96.48, 97.35	99.97	99.91, 99.99
6	41.02	38.57, 43.36	56.71	55.36, 58.02	68.55	67.44, 69.62	86.09	84.15, 87.79	96.86	96.48, 97.21	99.98	99.94, 99.99
8	46.59	44.55, 48.56	56.25	55.03, 57.44	64.72	63.66, 65.76	86.24	84.44, 87.83	96.07	95.65, 96.45	99.95	99.91, 99.98
10	46.59	44.61, 48.51	54.09	52.86, 55.29	59.99	58.85, 55.29	86.00	84.20, 87.53	94.90	94.42, 95.33	99.69	99.60, 99.76
12	47.75	45.86, 49.58	55.16	53.99, 56.30	60.94	59.86, 61.99	87.97	86.57, 89.21	95.17	94.76, 95.54	99.42	99.32, 99.51
<b>Montería</b>												
2	46.67	34.52, 56.56	68.90	64.07, 73.08	65.35	59.88, 70.07	69.99	52.56, 81.02	96.91	94.83, 98.15	100.00	-Inf; 100.00
4	53.21	44.96, 60.23	69.13	65.46, 72.41	66.27	62.16, 69.93	81.67	73.48, 87.33	95.43	93.84, 96.61	100.00	-Inf; 100.00
6	49.96	42.58, 56.39	66.70	63.25, 69.83	68.35	64.87, 71.49	84.51	78.75, 88.71	96.02	94.92, 96.87	100.00	-Inf; 100.00
8	51.48	44.95, 57.24	65.02	61.72, 68.78	66.77	63.45, 69.78	84.96	79.58, 88.92	95.84	94.77, 96.69	99.93	99.71, 99.98



EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DEL PLAN NACIONAL DE VACUNACIÓN CONTRA EL COVID-19 EN DOS CIUDADES COLOMBIANAS  
DURANTE EL PERIODO DE EMERGENCIA SANITARIA

---

10	49.88	43.36, 55.65	62.04	58.61, 65.18	64.42	61.02, 67.52	85.83	80.84 89.52	95.55	94.48, 96.41	99.83	99.60, 99.93
12	51.61	45.45, 57.07	62.62	59.35, 65.62	65.07	61.84, 68.02	86.03	81.43, 89.49	95.52	94.53, 96.33	99.70	99.46, 99.84

---

La Tabla 24 detalla la efectividad estimada de las vacunas con sus diferentes esquemas contra el COVID-19 en los diferentes grupos de edad para las ciudades de Cali y Montería.

Para la hospitalización debido a COVID-19, Montería muestra una mayor efectividad de la vacuna con esquemas completos comparada con Cali. Al evaluar la efectividad en función del uso de dosis de refuerzo, se aprecia un rendimiento superior a los esquemas completos y nuevamente mejor rendimiento en la ciudad de Montería. Para el desenlace de muerte, se reporta la más alta efectividad entre los desenlaces estudiados en cualquiera de los esquemas, con niveles similares en ambas ciudades y una mejor efectividad en el uso de esquemas incompletos.

Cabe destacar que, en Cali, el grupo de edad de 12-25 años muestra una reducción significativa en la mortalidad con esquemas completos, resultado que no se refleja en los datos de Montería. Los resultados indican que la efectividad de la vacuna para prevenir la muerte es alta y consistente en los diferentes esquemas de vacunación, aunque hay una ligera ventaja en el uso de refuerzos, pero en la mayoría de los casos los resultados no logran ser estadísticamente significativos.

EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DEL PLAN NACIONAL DE VACUNACIÓN CONTRA EL COVID-19 EN DOS CIUDADES COLOMBIANAS DURANTE EL PERIODO DE EMERGENCIA SANITARIA

Tabla 24. Efectividad estimada de las vacunas para diferentes grupos de edad por intervalos de aplicación

Edad	Hospitalización debida a COVID-19		Hospitalización debida a COVID-19		Hospitalización debida a COVID-19		Muerte debida a COVID-19		Muerte debida a COVID-19		Muerte debida a COVID-19	
	Incompleto	95 IC	Vacunado	95 IC	Refuerzo	95 IC	Incompleto	95 IC	Vacunado	95 IC	Refuerzo	95 IC
<b>Cali</b>												
<b>3-11.</b>	-	-58.76, -29.0	-5.98	-24.98, 11.28	11.9	-43.05, 44.76	100.	-inf, 100	66.45	-177.12, 96.25	100	-inf, 100
<b>12-25.</b>	-6.87	-14.81, 2.06	-1.63	-8.77, 5.17	9.26	2.02, 15.95	46.5	-36.32, 78.01	84.54	57.10, 94.88	100	-inf, 100
<b>26-39</b>	12.5	5.05, 17.18	18.3	14.90, 22.54	26.5	22.43, 30.63	89.4	-74.35, 96.67"	94.90	89.12, 97.81	99.01	95.90, 100
<b>40-49</b>	78.4	76.00, 80.67	79.6	78.40, 81.31	81.7	79.26, 82.30	99.0	97.05, 100	99.50	99.81, 100	99.26	99.61, 100
<b>50-59</b>	78.1	75.00, 80.08	82.0	81.02, 83.49	83.1	82.99, 84.31	99.3	98.83, 99.40	99.57	99.92, 100	99.11	99.71, 100
<b>&gt; = 60</b>	68.0	65.17, 70.75	73.4	72.63, 74.61	77.2	76.72, 78.22	82.5	80.74, 84.90	93.24	92.26, 93.81	99.59	99.20, 99.42
<b>Montería</b>												
<b>3-11.</b>	-5.41	-77.65, 38.66	18.0	-35.53, 50.03	35.8	-168.48, 84.53	1.99	-inf, 100	-4.71	-inf, 100	-13.06	-inf, 100
<b>12-25.</b>	48.2	--98.63, 10.80	18.7	-50.22, 8.32	13.7	-47.75, 13.56	-	-758.23, 83.01	83.75	-91.82, 98.07	100	-inf, 100
<b>26-39</b>	-3.55	-32.75, 20.52	15.4	-3.59, 30.16	16.4	-3.95, 31.74	78.0	-100, 98.78	92.25	56.78, 99.56	100	-inf, 100
<b>40-49</b>	87.8	82.35, 91.20	85.0	82.63, 88.18	88.5	85.63, 90.41	99.6	98.39, 100	99.50	99.68, 100	100	-inf, 100

EVALUACIÓN DE EFECTIVIDAD DEL PLAN NACIONAL DE VACUNACIÓN CONTRA EL COVID-19 EN DOS CIUDADES COLOMBIANAS  
DURANTE EL PERIODO DE EMERGENCIA SANITARIA

---

<b>50-59</b>	74.3 2	63.27, 82.71	81.1 0	78.35, 85.67	78.7 9	74.51, 82.46	96.6 8	91.85, 98.70	99.27	99.78, 100	100	-inf, 100
<b>&gt; = 60</b>	66.4 1	57.79, 74.01	77.1 5	73.05, 80.13	79.4 4	76.28, 82.69	81.7 3	73.37, 86.32	93.36	91.12, 94.00	99.32	99.69, 100

---

## **Resultados Objetivo 2**

Para la valoración de las muertes evitadas del PNV en las muertes evitadas en la población de las ciudades de estudio, se hace uso de la siguiente ecuación, en donde se toma como base la efectividad para prevenir muertes para cada grupo de edad en cada ciudad obtenida en el objetivo anterior, los tamaños poblacionales son tomados del Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. Las variables de muertes observadas y esquemas de vacunación son obtenidas de la base de datos del estudio utilizada en el objetivo anterior.

$$D_a = \sum_{ij} \left[ D_{oij} \times \frac{FV_{i-2j} \times VE_j}{1 - (FV_{i-2j} \times VE_j)} \right]$$

- Muertes observadas en cada grupo de edad en cada semana ( $D_{oij}$ )
- Vacunado con esquema completo en cada semana  $FV_i$
- $FV_i$  dos semanas antes de las muertes observadas en cada grupo  $FV_{i-2j}$
- Efectividad de la vacunación en cada grupo de edad  $VE_j$

### Muertes evitadas Cali

Inicialmente se presenta el cálculo de las muertes evitadas por cada grupo poblacional en la ciudad de Cali en la tabla 25, en donde se describe el número de muertes ocurridas y cuantas más podrías haberse presentado de no contar con la aplicación de las vacunas del PNV en la población de estudio.

Tabla 25. Muertes evitadas para la ciudad de Cali según grupo poblacional

Grupo edad	Tamaño población	Muertes observadas	Personas vacunadas	Personas no vacunadas	Cobertura vacunación	Muertes evitadas
>=60	285051	3442	215066	69985	75.45%	4423
50-59	268975	688	225027	43948	83.66%	816
40-49	284642	342	250120	34522	87.87%	462
26-39	510701	244	326341	184360	63.90%	115
12-25	481488	66	176956	304532	36.75%	12

En la tabla 26 se encuentra el comportamiento de las muertes observadas cada mes durante el período de estudio entre la apertura y cierre de la cohorte, que abarca de febrero de 2021 a junio de 2022. Además, se calculó la cantidad de muertes que se evitaron en cada mes correspondiente. Reflejando que no se evitaron muertes en los primeros meses de la aplicación de PNV dadas sus bajas coberturas, sino que estas muertes fueron evitadas a lo largo del plan, siendo el mes número 12 el mes en que mayor cantidad de muertes lograron evitarse con un total de 1207 muertes evitadas, lo cual destaca los efectos de la aplicación del plan a nivel poblacional.

Tabla 26. Muertes evitadas para la ciudad de Cali según mes en el estudio

Mes	Muertes	
	Observadas	Muertes evitadas
1	396	0
2	270	0
3	376	31
4	510	175
5	631	294
6	662	778

Mes	Muertes	
	Observadas	Muertes evitadas
7	272	476
8	134	286
9	125	305
10	110	263
11	121	277
12	516	1207
13	260	681
14	115	284
15	86	233
16	96	284
17	102	253

La Figura 17 muestra la comparación gráfica de las tendencias en el número de muertes observadas y las muertes evitadas durante los meses del estudio. La línea azul representa las muertes que efectivamente ocurrieron cada mes, mientras que la línea verde indica las muertes que se lograron prevenir gracias a la vacunación, en donde se toma cada mes de estudio y según la efectividad calculada para cada grupo edad y sus coberturas de vacunación en cada mes se realiza la sumatoria de estas muertes evitadas en cada punto. Presentando variabilidad mensual en las muertes observadas, con picos que indican aumentos temporales. Por otro lado, la línea de muertes evitadas muestra un impacto positivo al estar por encima de la línea azul desde el mes 6 y manteniéndose en el este lugar en el tiempo.

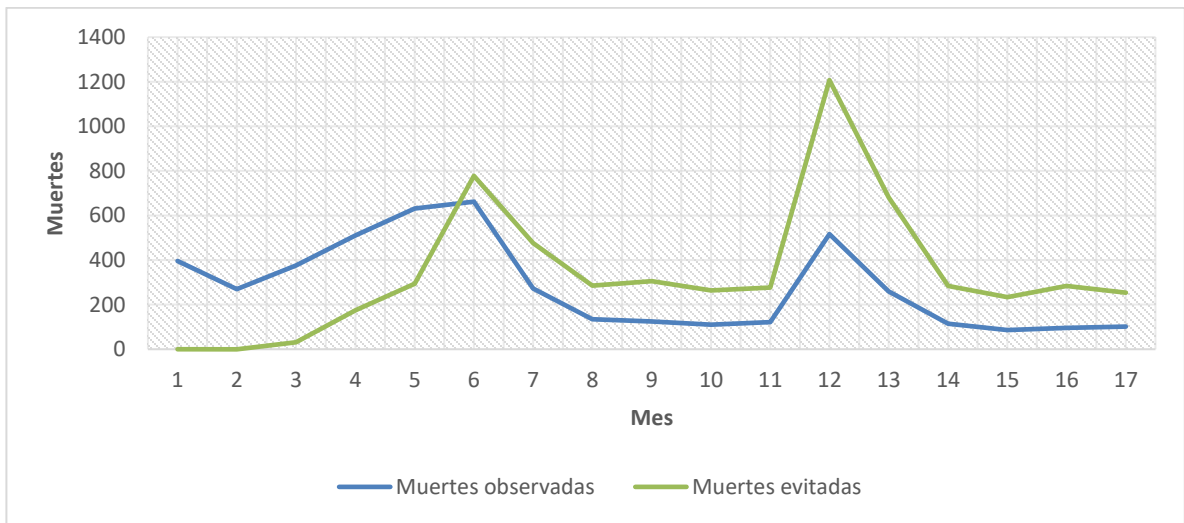


Figura 17. Muertes observadas y evitadas durante los meses de estudio en Cali

La Figura 18 presenta los volúmenes de las muertes evitadas en las ciudades de Cali y Montería, utilizando un gráfico de burbujas para ilustrar la relación entre la cobertura de vacunación y la efectividad de las vacunas por cada grupo de edad. Las burbujas azules representan las muertes evitadas en Cali, mientras que las verdes corresponden a Montería. En el eje horizontal (X), se muestra la cobertura de la población vacunada, y en el eje vertical (Y), se refleja la efectividad de las vacunas. Cada una de las burbujas representa un grupo etario específico señalado en cada etiqueta.

La cobertura de vacunación fue mayor en Cali para todos los grupos etarios, aunque la efectividad de las vacunas fue ligeramente más alta en Montería. Para el caso del grupo de 12-25 años no se evidenciaron muertes evitadas por vacunación en Montería, esto dado que la reducción en las mismas no fue estadísticamente significativa como se encontró en el objetivo anterior. Contrastando, en el grupo de más de 60 años se presentaron el mayor número de muertes evitadas en ambas ciudades pese a no tener la mayor cobertura o efectividad entre los grupos poblacionales, lo que subraya la importancia de la vacunación en poblaciones de mayor edad.



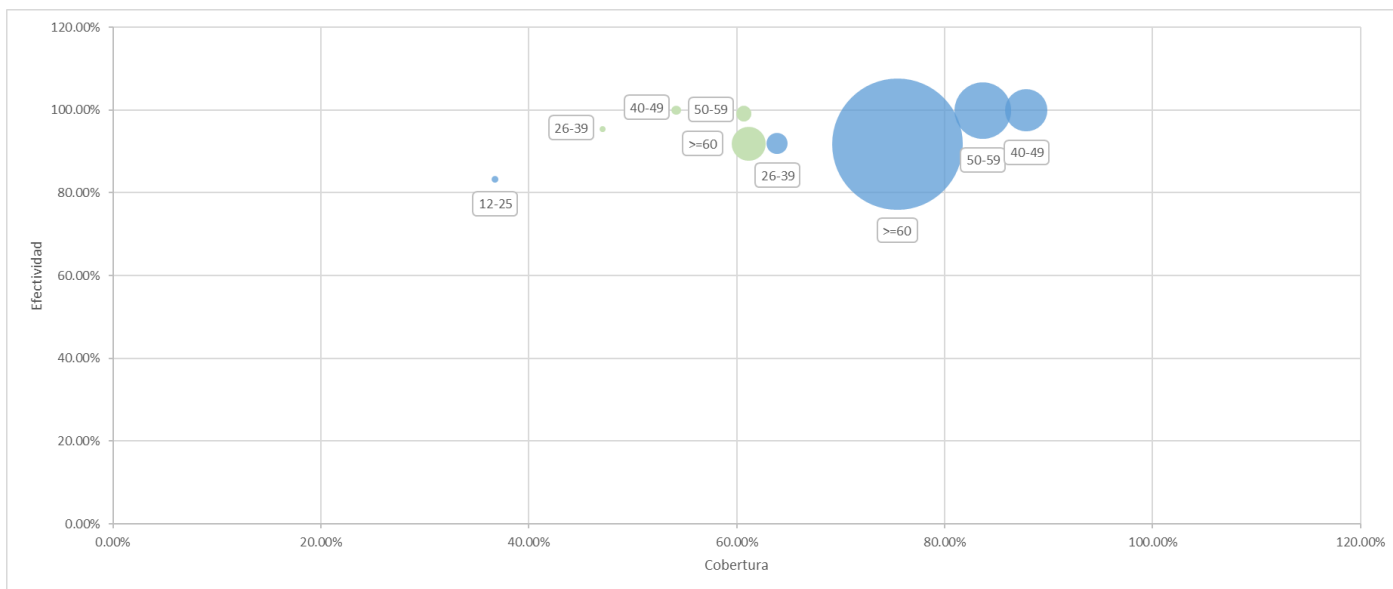


Figura 18. Muertes evitadas según cobertura y efectividad según grupos de edad y ciudad

La tabla 27 detalla los resultados de las muertes evitadas en Montería, segmentado por grupos de edad, estos reflejan el número de muertes que se previnieron gracias a la implementación del PNV. Se observa que el grupo de mayores de 60 años registró la mayor cantidad de muertes evitadas, con 297 vidas salvadas. La cobertura de vacunación en este grupo fue del 61.11%, la más alta entre los grupos estudiados. Aunque los grupos de menor edad mostraron una cobertura de vacunación decreciente, con el grupo de 26-39 años presentando el porcentaje más bajo del 47.08%, aun así, se evidencia reducción de las muertes en los diferentes grupos poblacionales.

Tabla 27. Muertes evitadas para la ciudad de Montería según grupo poblacional

Grupo edad	Tamaño población	Muertes observadas	Vacunados	No vacunados	Cobertura vacunación	Muertes evitadas
>=60	65264	539	39886	25378	61.11%	297
50-59	54240	154	32909	21331	60.67%	62
40-49	64208	103	34791	29417	54.18%	23
26-39	114768	53	54036	60732	47.08%	9

La tabla 28 muestra la evolución mensual de las muertes observadas y las muertes evitadas en la ciudad de Montería durante el período comprendido entre febrero de 2021 y junio de 2022. El impacto del PNV es constatable a medida que los meses avanzan dentro del plan, evidenciando la disminución gradual y significativa de la mortalidad en la población. La efectividad del PNV en la prevención de muertes se hizo más notable con el tiempo, encontrando que el mes 6 fue el más impactante, con 67 muertes evitadas.

Tabla 28. Muertes evitadas para la ciudad de Montería según mes en el estudio

Mes	Muertes	
	observadas	Muertes evitadas
1	37	0
2	81	0
3	100	4
4	97	14
5	167	43
6	131	67

Mes	Muertes	
	observadas	Muertes evitadas
7	48	41
8	18	14
9	11	11
10	10	11
11	9	11
12	36	44
13	41	51
14	23	28
15	9	12
16	16	21
17	15	19

La Figura 19 muestra la evolución de las muertes observadas frente a las muertes evitadas mes a mes en la ciudad de Montería. La tendencia de las muertes reales, representada por la línea azul, muestra fluctuaciones con algunos picos pronunciados de mortalidad. En contraste, la línea verde, que indica las muertes evitadas gracias a la implementación del programa de vacunación, refleja un impacto positivo significativo a partir del sexto mes, superando a las muertes observadas levemente a lo largo del resto del período de estudio.

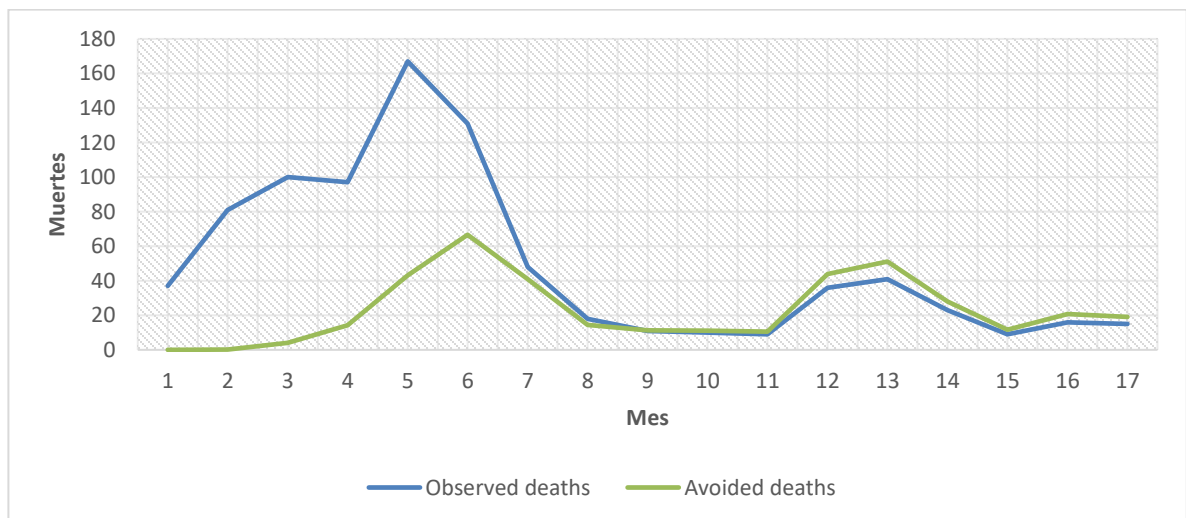


Figura 19. Muertes observadas y evitadas durante los meses de estudio en Montería

Las muertes evitadas en las ciudades de Cali y Montería presentaron un comportamiento diferencial a lo largo del tiempo y grupos de edad, evidenciando la necesidad de mejorar la cobertura de vacunación en los grupos prioritarios de mayor riesgo en el menor tiempo posible con la gestión institucional de los territorios.

La tabla 29 presenta el análisis de muertes evitadas debido a los esquemas completos de vacunación contra COVID-19 en Cali y Montería. En Cali, se observaron 4,782 muertes, con 5,828 muertes evitadas, lo que representa el 55% de las muertes esperadas. En Montería, hubo 849 muertes observadas y 391 evitadas, lo que equivale al 32% de las muertes esperadas. Aunque el porcentaje es menor en Montería, estas diferencias son estadísticamente significativas, con un valor de Chi2 de 242.7 indicando mejores resultados para la ciudad de Cali y un valor p significativo ( $p = 9.78e-55$ ).

Tabla 29 Diferencia en muertes evitadas

<b>Ciudades</b>	<b>Muertes Observadas</b>	<b>Muertes evitadas</b>	<b>Muertes esperadas</b>	<b>% muertes esperadas</b>	<b>Chi2</b>	<b>P Value</b>
Cali	4782	5828	10610	55%	242.7	9.78E-55
Montería	849	391	1240	32%		

### ***Resultados objetivo 3***

A través de la aplicación de entrevistas semi-estructuradas y el análisis de su contenido, se obtienen resultados que buscan comprender la percepción de los actores clave sobre la implementación del PNV en las ciudades de estudio. La Figura 20 refleja el conjunto de intereses expresados por el grupo de expertos durante las entrevistas sobre el PNV en Colombia. La palabra "vacunación" domina visualmente, indicando que es el concepto central de la discusión. Palabras como "población", "salud", "gente" y "nacional" sugieren un enfoque en el impacto y la cobertura del plan de vacunación en la población colombiana en general. Se hace énfasis en la escala ("gran", "todos", "nacional") y la urgencia ("ahora", "rápidamente") de la iniciativa.

El uso frecuente de términos como "plan", "estrategia", "implementación" y "campañas" indica discusiones sobre la organización y ejecución del plan de vacunación. Palabras como "dosis", "vacuna", "covid", y "mortalidad" están relacionadas con los aspectos clínicos y de salud pública de la vacunación. Además, hay una posible preocupación sobre la logística y accesibilidad ("distribución", "acceso", "sitios", "disponibilidad") y los resultados ("eficiencia", "resultados", "riesgo"). El contexto colombiano es subrayado por la aparición de lugares específicos y la atención a la equidad y solidaridad ("igualdad", "solidaridad") también parece ser un tema relevante en las conversaciones.



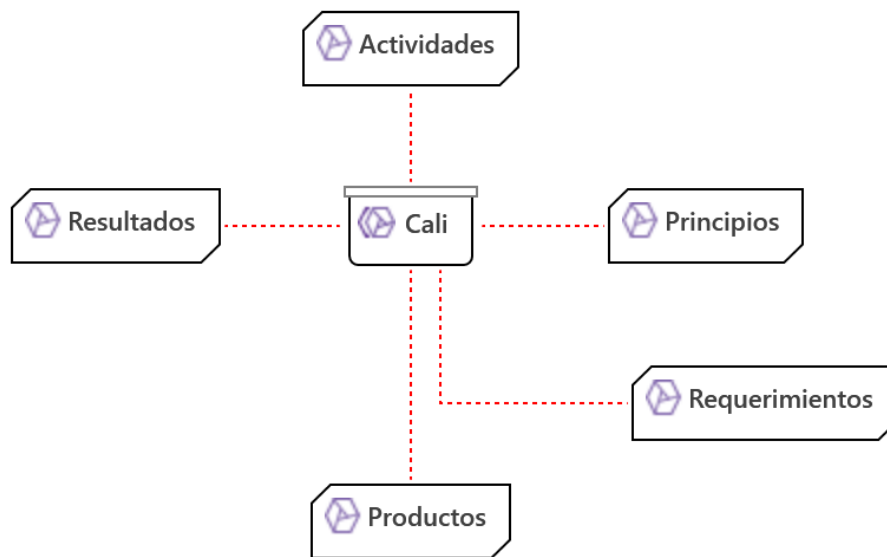


Figura 21. Categorías deductivas entrevistas Cali

A continuación, se detallará el contenido y las implicaciones de los descubrimientos asociados a cada categoría.

### Principios Cali

La primera categoría recogida en el ejercicio de codificación de la información de la ciudad de Cali es la de los Principios que guiaron la implementación del plan nacional de vacunación en la ciudad, resaltando como estos principios se interconectaron entre ellos al momento de ponerlos en práctica. Dentro de estos principios fue enfatizado inicialmente el principio de Solidaridad, en donde se resalta el dar prioridad a aquellos con mayores necesidades, sin importar su riqueza o posición social. Como se menciona en una entrevista "Se tuviera principal interés en la población que tuviera mayores necesidades", lo cual refleja la importancia de dar respuesta las necesidades particulares de los grupos poblacionales que los hacían presentar un mayor grado de riesgo. De igual forma aspectos como la

eficiencia jugaron un papel fundamental al tratar de resolver estas necesidades con el uso de recursos limitados para vacunar a la mayor cantidad de personas. La eficiencia se veía reflejada en que como los recursos eran escasos tenía que hacerse rendir de la mejor forma el recurso disponible dentro del plan Nacional de vacunación es decir con la menor cantidad de recursos con la menor cantidad de biológicos recursos económicos recursos profesionales y demás se espera vacunar a la mayor cantidad de personas disponibles, no podíamos desperdiciar recursos".

Por otra parte, el principio de Beneficencia tuvo como foco principal el beneficiar al mayor número de personas posible a través del plan de vacunación, como se indica "La beneficencia es la forma en que se llevaba el Plan Nacional de Vacunación y va a beneficiar a mayor cantidad de personas posibles" dejando de relieve la necesidad de impactar al mayor número de personas posibles a quienes la intervención generará mejores resultados.

En esta línea, la búsqueda de la mayor cantidad de personas con mayores necesidades dado su riesgo, el principio de Justicia y Equidad fungió como garante de que todas las personas tuvieran acceso a la vacunación en igualdad de condiciones "Todas las personas tenían acceso a la vacunación en igualdad de condiciones independientemente de su estado de aseguramiento o recursos económicos", de tal forma que las reglas de juego fueran aplicadas a toda la población en igualdad de condiciones.

La Transparencia y Accesibilidad fueron principios que facilitaron la confianza de la población en el trabajo desarrollado dado que se comunicaron claramente las reglas del plan de vacunación y se facilitó el acceso a todos, independientemente de su contexto social "La transparencia por eso es que siempre se comunicó no solamente a unas estancias territoriales sino a toda la ciudadanía cuáles eran las reglas del juego porque una persona se puede vacunar en cierto momento cuando no y cuando le iba a tocar eso hace parte de la transparencia", ligado a esto se resalta



la importancia de la Igualdad, con el cual los actores se sienten reconocidos "Igual forma la igualdad en la implementación del Plan Nacional de Vacunación también se logró dado que la igualdad de derechos tenían las personas para acceder al Plan Nacional de Vacunación otra cosa importante para tener en cuenta".

Dado el contexto de la pandemia en donde los recursos eran escasos para satisfacer las necesidades de toda la población fue necesario hacer uso de la Progresividad en la apertura de las etapas de vacunación en donde el plan se desarrolló gradualmente, adaptándose a la disponibilidad de vacunas y recursos además de las capacidades institucionales adquiridas en el ejercicio "La progresividad es cómo fuimos aumentando y cómo fuimos creciendo conforme aumentaban los recursos y nuestras capacidades".

Finalmente se resalta la Justicia Social Distributiva, en donde se destacó la gratuidad y disponibilidad de la vacuna para todos, priorizando el interés general "La vacuna era gratuita y disponible para toda la población no importaba el estrato socioeconómico" resaltando el hecho de tratar diferente a quienes atraviesan por condiciones que los hace ser diferentes y estar en desventaja social y que esta desventaja no fuera una barrera para acceder al plan nacional de vacunación.

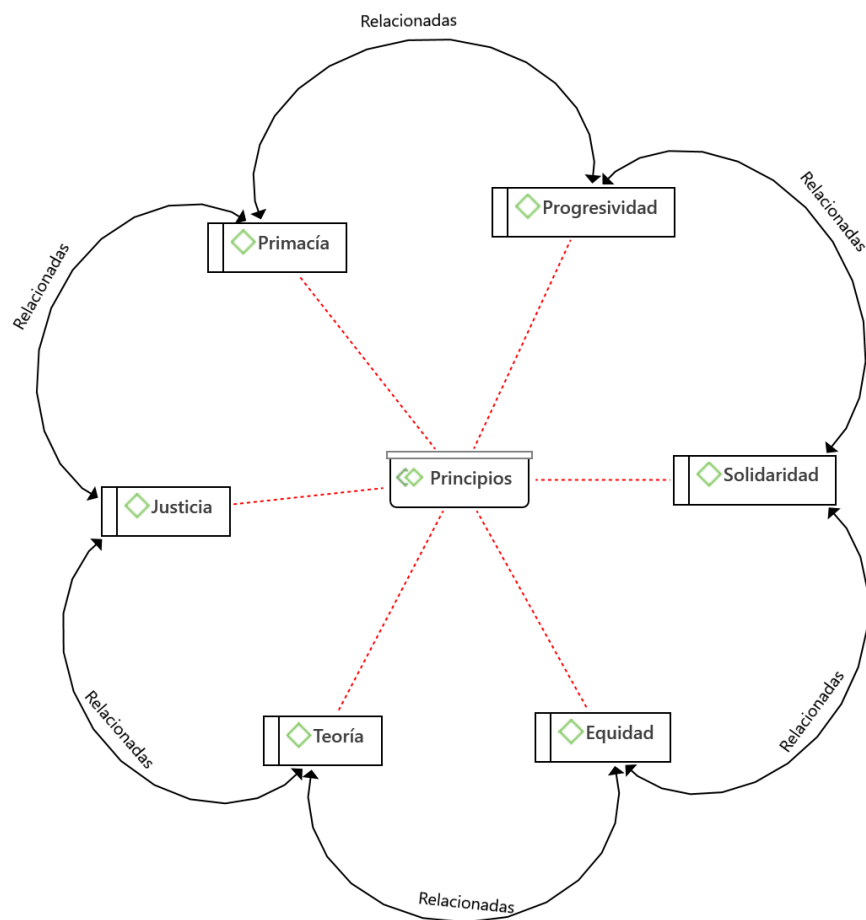


Figura 22. Categorías inductivas principios Cali

### Requerimientos Cali

Los requisitos identificados en Cali abarcaron diversos aspectos esenciales, dentro de los cuales se logra reconocer la importancia de un liderazgo y su interconexión con la experiencia y formación de competencias para un liderazgo fuerte y coherente por parte de sus mandatarios "El liderazgo lo ejerce el alcalde y un secretario de salud porque ellos le dan la fuerza a lo que tiene que hacer" de igual forma se resalta el apoyo en los diferentes niveles administrativos como en el caso de la presidencia y entes de control "El seguimiento día a día que hacía el presidente y seguimiento mensual que se hacía que estaban los entes de control la contraloría

el ministerio las EPS que estaban allí mirando como iba funcionamiento en terreno también fue innovador".

De igual forma la experiencia previa en vacunación de la ciudad contribuyó a la eficiencia y cobertura del programa, como se señala "Cali a nivel nacional ha tenido unas buenas coberturas de vacunación por encima del 95% históricamente". Por su parte aspectos como la comunicación en estrecho enlace con los sistemas de información fue crucial para informar al público sobre la vacunación y el seguimiento de la enfermedad al mismo tiempo que generaba credibilidad en la institucionalidad "El día a día de estarle comunicando a la gente cómo va es importante para que las personas crean en nuestro trabajo".

La formación de competencias fue esencial para el personal de la salud, especialmente debido a las particularidades de la vacuna COVID-19, la cual requería una gran cantidad de talento humano formado que no estaba disponible en la ciudad "nos tocó capacitar a 300 auxiliares de enfermería o sea nadie tenía experiencia no es lo mismo poner una vacuna que poner la vacuna de COVID". De esta forma se logró aumentar la capacidad de los equipos de vacunación, los cuales fueron fundamentales, sin embargo, el direccionamiento de los actores involucrados también fue necesario para el aumento de estos equipos "Se requirió de acciones por parte de la entidad rectora hacia las EAPB para que cumplieran con el mínimo de procesos de vacunación y equipos de vacunación que debía contar para poder alcanzar a toda la población de objeto". Aumentando la disponibilidad de puestos de vacunación, lo que facilitó el acceso a la vacuna para toda la población "Pues en Cali la disponibilidad de puestos de vacunación fue amplia había puestos de vacunación en toda la ciudad".

Otro de los aspectos a considerar fue el cuerpo normativo que enlazo los lineamientos y protocolos, sustentando la reglamentación del PNV guiado por sus principios éticos "Estos principios se logran ver a través de la reglamentación que

se dio en el Plan Nacional de Vacunación" lo cual permitió una distribución equitativa de las vacunas" y la adherencia a los lineamientos del ministerio fue fundamental para la administración de la vacunación a nivel local "La ruta se diseñó acorde a los lineamientos del ministerio entonces nosotros le llevamos la vacunación". La adherencia a los protocolos de vacunación fue estricta para lograr que estos lineamientos pudieran ser cumplidos "Poder garantizar que ninguna persona estaba recibiendo dosis de más o que se pudieran digamos extraviar esas vacunas" y esto se controlaba continuamente "La Secretaría de Salud con su equipo digamos de salud pública de PAI y diferentes grupos de la Secretaría pues se aportó y se apoyó directamente en hacer control".

El mantenimiento de la cadena de frío fue un requisito técnico para garantizar la eficacia de las vacunas y fue apoyada por diversos sectores, como se explica en una de las entrevistas "Todo el mundo compró neveras compró termos o sea hubo una compra masiva de equipos de cadena de frío para fortalecer y para mantener bien las vacunas". En caso de insumos como los biológicos fue crítico "Digamos la primera actividad era tener disponibilidad de equipos de las neveras que contaran con la capacidad para poder almacenar vacunas por debajo de menos 70 grados" y se aseguró un control riguroso de estos biológicos a través de un sistema propio de información "registrarlas en nuestro sistema de información del Covímetro que fue un sistema de información que se implementó en la Secretaría de Salud". La efectividad del programa se vio reforzada por el uso de herramientas de información avanzadas "El sistema de información cambió la aplicación también el biológico era totalmente diferente" y se destacó la utilidad de sistemas como el covímetro "Desde que empezó el covímetro aquí en Cali entonces se tenían unas cifras exactas".



Figura 23. Categorías inductivas requerimientos Cali

### Actividades Cali

En el caso de las actividades necesarias para llevar a cabo la implementación del plan en la ciudad, fue necesario inicialmente la creación de una estrategia, la cual se adaptó a la evolución de la pandemia y a las necesidades de la población “Desde vacunar a los trabajadores de la salud primera línea hasta llegar a los centros de

protección del adulto mayor" y de manera domiciliaria a aquellos que no podían desplazarse, refleja la dinámica respuesta del programa. Además, se expandió la cobertura a "Menores de edad estudiantes universitarios trabajadores", incluso en sus lugares de trabajo o estudio, lo que muestra una planificación estratégica para alcanzar a la población diversa de Cali.

Para que estas actividades pudieran llevarse a cabo se requirió del compromiso de los actores, en donde fue evidente que "Todos los entes gubernamentales tenían un rol en esto, desde las EAPB y EPS hasta el personal de salud que trabajó incansablemente, incluso durante la Feria de Cali. Los entes de control se aseguraron de que la vacuna llegara a la población principalmente de más riesgo" y se destacó el esfuerzo colectivo para promover la vacunación sin barreras, lo que permitió a la gente vacunarse en cualquier IPS, eliminando barreras de acceso.

Sin embargo, la vacunación en ciertas comunas de Cali presentó desafíos únicos debido a factores socioeconómicos y de educación "Las comunas del oriente de la ciudad fueron muy difíciles de vacunar" y requerían estrategias específicas de "mucho trabajo comunitario para abordar las reticencias hacia la vacunación y promover un cambio en la percepción de la misma". Uno de los desafíos más significativos mencionados fue llevar la vacunación a zonas o barrios que son considerados peligrosos, donde la seguridad de los equipos de vacunación y la integridad de las vacunas eran una preocupación primordial "Durante el paro nacional, la ciudad enfrentó bloqueos que la aislaron del resto del país, lo que requirió que las vacunas tuvieran que llegar a la ciudad solamente a través de forma aérea y con acompañamiento de la policía y el ejército".

Para poder desarrollar estas actividades fue necesaria la formación de una mayor cantidad de talento humano, en donde la formación de competencias fue esencial para asegurar una aplicación adecuada de la vacuna COVID-19 "Se hizo un diplomado de vacunación online para todas las vacunadoras del PAI y más gente

de la universidad", lo cual fue crucial para preparar al personal de salud con los conocimientos técnicos necesarios para manejar la vacunación. Esto de la mano de la innovación en las estrategias de vacunación, que se evidenciaron en la implementación de "Megacentros en lugares grandes de la ciudad y vacunación nocturna en bares y discotecas, "chivas rumberas y vacunación en los conciertos", lo cual ayudó a aumentar la cobertura, especialmente entre los jóvenes y menores de edad.

Las diferentes jornadas de vacunación fueron comunicadas por medio beneficios de la vacuna y la disminución de la mortalidad como principal estrategia "La motivación el decirle a la gente diariamente cómo iban los muertos y cómo la vacunación contribuía a la reducción de estos, fue una táctica empleada para incrementar la aceptación de la vacuna". De igual forma se establecieron rutas de atención para "Vacunación sin barrera lo que implicó llevar la vacuna a comedores comunitarios en la ciclovía y otros puntos de fácil acceso para la comunidad", aprovechando las diferentes actividades en la ciudad actividades para alcanzar a la mayor cantidad de personas con el soporte de los sistemas de información.

Los tipos de modalidades de vacunación incluyeron actividades intra o extramurales con jornadas en eventos significativos como "La feria de Cali y los Juegos Panamericanos Junior, donde se ofrecía entrada gratuita a los eventos con la condición de estar vacunado". Esto representó un compromiso significativo de las entidades de salud para garantizar el éxito de estas jornadas y la aplicación efectiva de las vacunas.

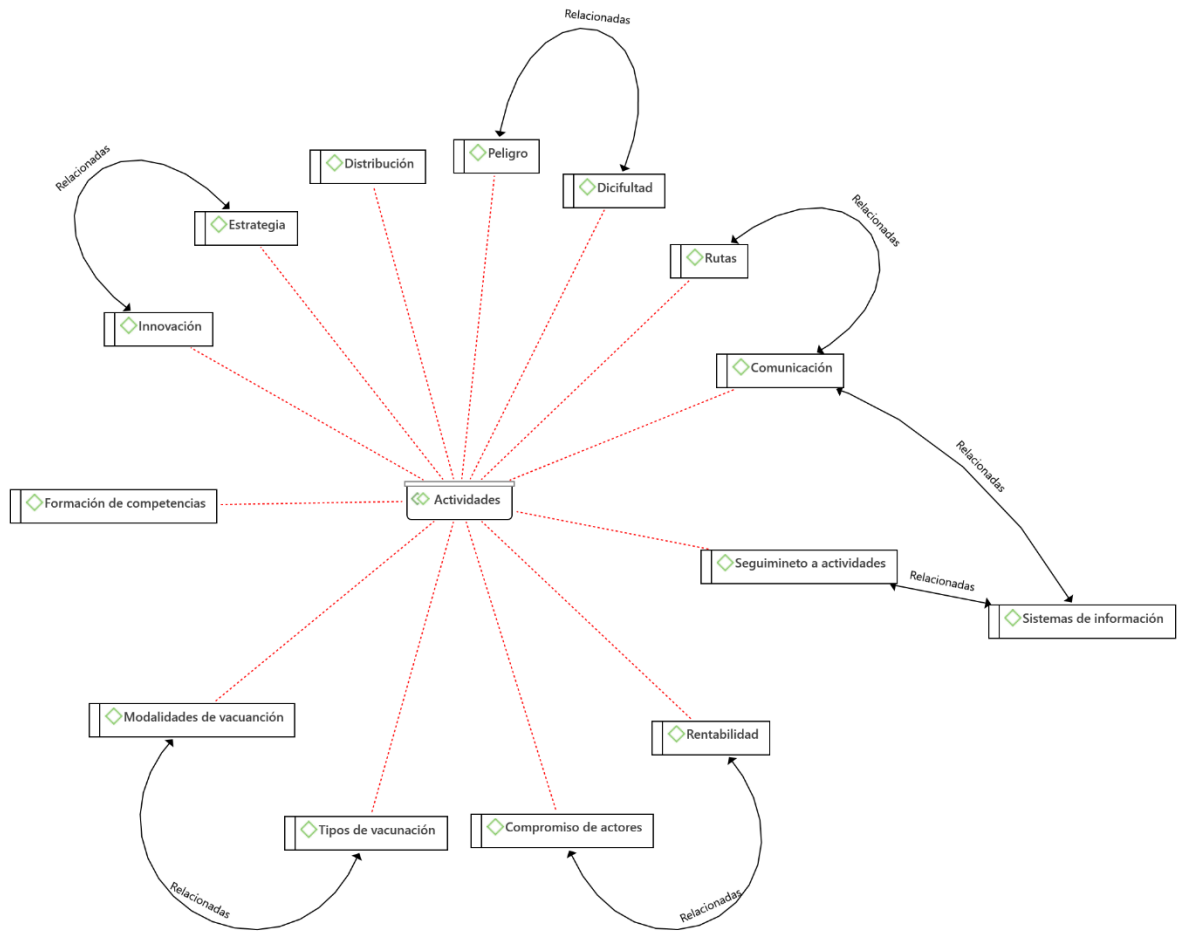


Figura 24. Categorías inductivas actividades Cali



## Productos Cali

Frente a los productos logrados con la implementación de las actividades del PNV en la ciudad de Cali, se reconoce como la cobertura de la vacunación fue un tema complejo, especialmente en algunas áreas con baja cobertura "Hay bajas coberturas en algunos biológicos por lo cual se trabajó con las EPS para que ellos cumplan a su vez los lineamientos del Ministerio de Salud y Protección Social". Esto implicó un esfuerzo coordinado para distribuir los biológicos y seguir los indicadores de cobertura. Para mejorar esta cobertura se implementaron diversas estrategias como "Megacentros en lugares grandes de la ciudad y vacunación nocturna en bares y discotecas". Se encontraron dificultades significativas en ciertas comunas donde la cobertura de vacunación fue más baja. Estas dificultades estaban ligadas a "Factores socioeconómicos y el nivel de educación de la población", lo que represento un reto adicional.

En el contexto de la vacunación en Cali, se trabajó activamente en la introducción de otras vacunas importantes, como la triple viral dado que su cobertura disminuyó en el marco de la pandemia "Se disminuyó desde los 5 años el segundo refuerzo a los 18 meses". La actitud de la población hacia la vacunación varió significativamente. En algunos casos, como "con la población indígena, inicialmente hubo resistencia a vacunarse. Sin embargo, tras mostrar las consecuencias graves de la enfermedad, incluyendo la muerte de líderes indígenas, la comunidad se abrió a la vacunación".

La demanda de vacunas experimentó fluctuaciones. Inicialmente, cuando las vacunas estaban disponibles para todos, había una cantidad suficiente de biológicos "Las etapas de vacunación se abrieron a diferentes grupos poblacionales, como trabajadores de salud, fuerza pública, y docentes, garantizando así un acceso equitativo a la vacuna". En el caso de los grupos vulnerables, considerando sus necesidades y retos particulares "se implementaron estrategias de vacunación en

comunas con bajas coberturas, donde factores socioeconómicos y de educación influían en la actitud hacia la vacunación”. Esto requirió un enfoque comunitario para cambiar percepciones y aumentar la aceptación de la vacuna.

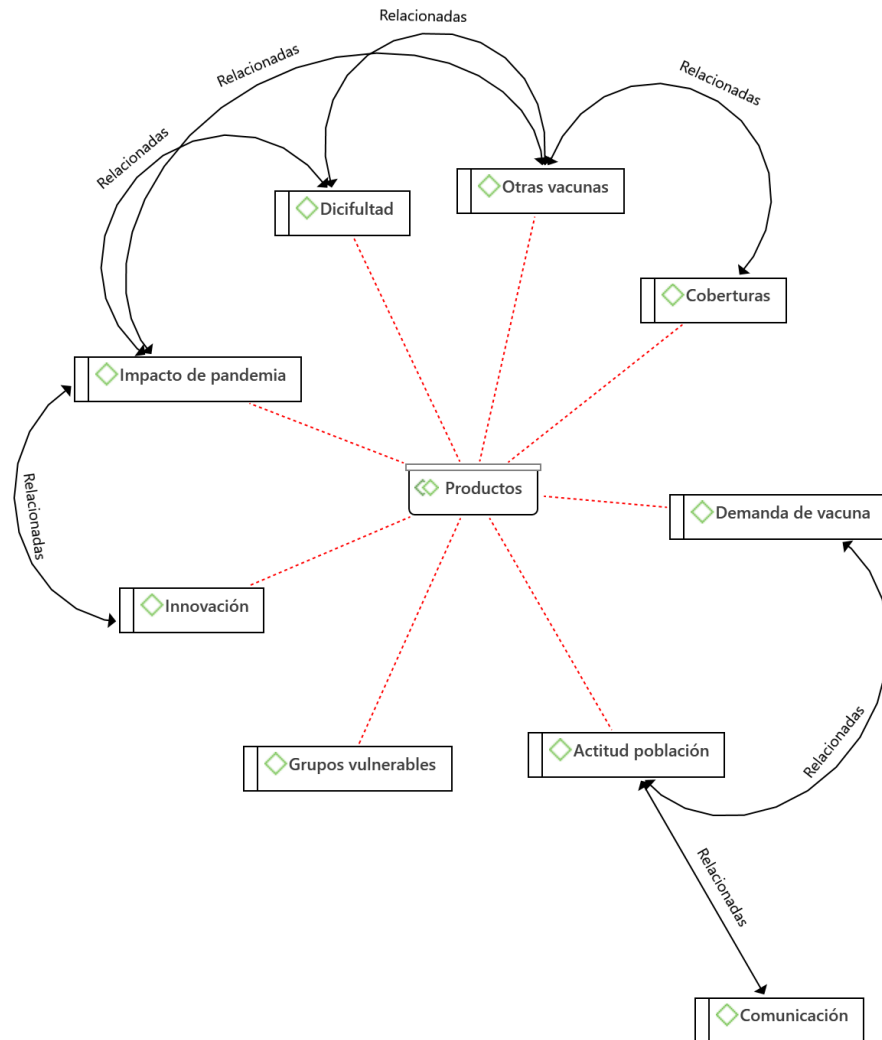


Figura 25. Categorías inductivas productos Cali

## Resultados Cali

Frente a los resultados de la implementación del plan en la ciudad, el primer punto a abordar fueron la cantidad de casos reportados de COVID-19, en donde se observó una notable reducción en general, aunque con excepciones como el cuarto pico relacionado con la variante Ómicron "El número de casos redujo notablemente excepto en el cuarto pico que tenía circulando la variante Ómicron que tenían una tasa de contagio muy alta". Sin embargo, muchos de estos casos no eran complicados, lo que dificultaba su distinción de una gripe común.

El impacto de la pandemia se manejó adaptándose a la evolución de la situación. Inicialmente, se realizó una búsqueda activa de casos sospechosos de COVID-19, y se contrataron lugares para aislar a los pacientes con síntomas leves "Al principio que empezamos a hacer la búsqueda activa de casos sospechosos de COVID entonces uno veía un caso sospechoso de COVID con una sintomatología boba". Con el tiempo, el enfoque cambió a concentrarse en los pacientes que requerían hospitalización.

En el caso de la hospitalización por COVID-19, se observa que la misma disminuyó considerablemente, especialmente en los grupos que fueron vacunados primero, como los adultos mayores y los profesionales de la salud "Digamos que esta parte de la reducción de los casos complicados que requerían hospitalización si fue muy notoria por lo menos en los adultos mayores". Esta tendencia se atribuye a la efectividad del plan de vacunación. La mortalidad debido a COVID-19 también experimentó una disminución, particularmente después de la implementación del plan de vacunación "Ya después fue bajando la mortalidad, eso fue lo más notorio y creo que fue algo se vio por igual en todo el mundo después de la aplicación de las vacunas".

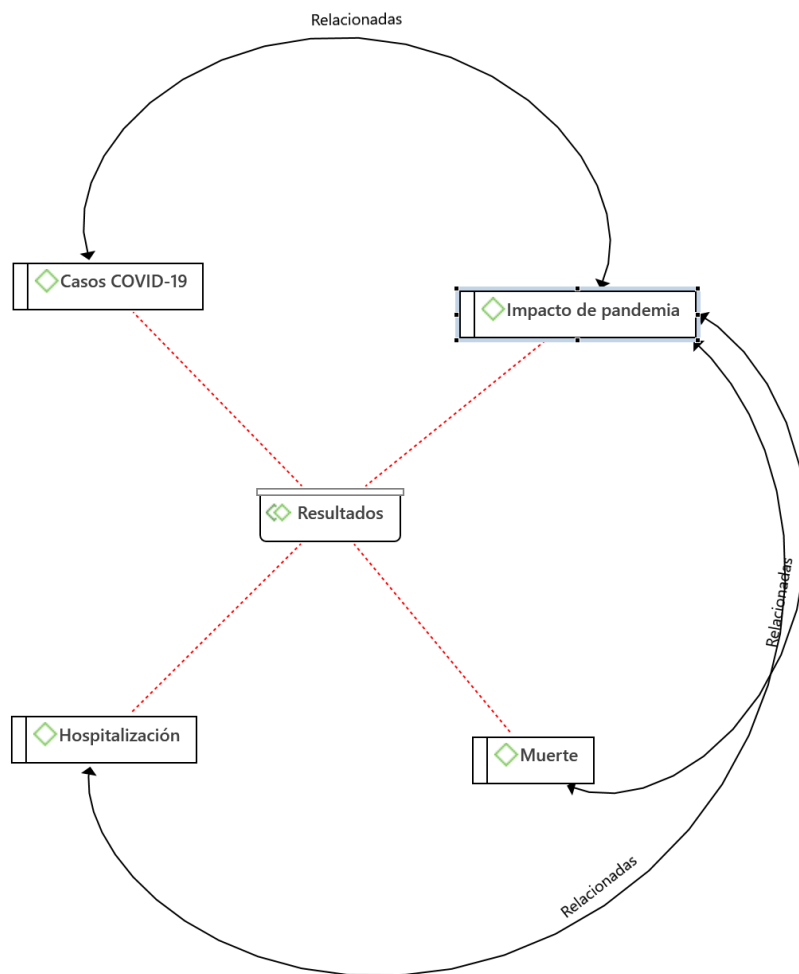


Figura 26. Categorías inductivas resultados Cali

## RELACIÓN DE DATOS EN ENTREVISTAS DE MONTERÍA

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la información recolectada de las entrevistas a actores clave de la ciudad de Montería, en donde se codifica y agrupa en las categorías deductivas expuestas en capítulos anteriores de Actividades, Principios, Resultados, Requerimientos y Productos (figura 27) según la teoría del cambio. Estas categorías conforman la estructura sobre la cual se profundizó para explorar los hallazgos detallados en cada una y se exploran sus relaciones.

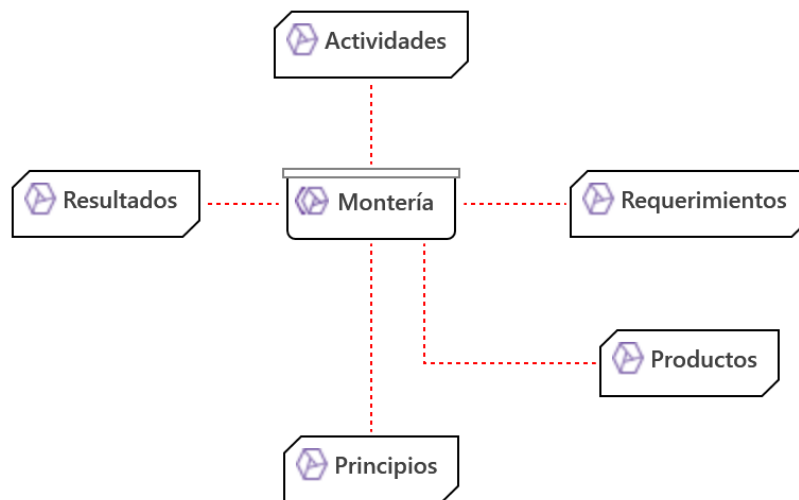


Figura 27. Categorías deductivas entrevistas Montería

## Principios Montería

Dentro de la percepción de los principios que guiaron la implementación del PNV en la ciudad de Montería, se encuentra que la igualdad se reflejó claramente en la implementación del plan de vacunación "Independientemente de la EPS que estuviera afiliado el paciente llegaba al punto de vacunación y se vacunaba pues eso ya era un tema de igualdad que generaba igualdad". Esto demuestra cómo se aseguró el acceso equitativo a la vacuna, independientemente de la afiliación a cualquier EPS.

Por su parte la justicia se manifestó en el esfuerzo por garantizar un acceso justo a la vacuna para toda la población "Todo se concertó y se pregunta entonces ¿en eso hay equidad?". Esto subraya la preocupación por asegurar que todos los ciudadanos tuvieran la misma oportunidad de recibir la vacuna, independientemente de su ubicación o condición social. Principio que en conjunto con la priorización se enfocaron en grupos específicos basados en la edad y las comorbilidades "Pues obviamente se tuvieron en cuenta las priorizaciones por grupo edad comorbilidades, pero vimos posteriormente como todos los grupos etarios fueron accediendo a la vacunación". Esta cita muestra cómo se priorizó a los grupos más vulnerables al principio y luego se extendió la vacunación a toda la población.

La beneficencia se observó en el compromiso de beneficiar a todos los ciudadanos con el acceso a la vacunación "Había acceso en diferentes partes de la ciudad en los centros comerciales donde hay bastante personal, en general el acceso la accesibilidad y la igualdad fueron bastante claras y se evidenció en el proceso". Esto refleja el esfuerzo por alcanzar a toda la población y ofrecer protección contra el COVID-19. La solidaridad se destacó en la colaboración entre diferentes actores del sistema de salud "El sistema de salud colombiano en sí mismo es solidario y ese ejemplo pues a nivel nacional e internacional de solidaridad y en el esquema de

vacunación contra COVID no fue la excepción". Ilustrando cómo diferentes entidades trabajaron juntas para implementar el plan de vacunación de manera efectiva entendiendo que era necesaria la implementación de forma progresiva la apertura de las etapas de vacunación "Yo me podía vacunar en cualquier IPS independientemente que yo fuera afiliado de Sanitas de Sura lo que sea me podía vacunar en cualquier parte de la ciudad". Mostrando cómo el plan se adaptó y evolucionó para incluir a más grupos de la población a medida que avanzaba.

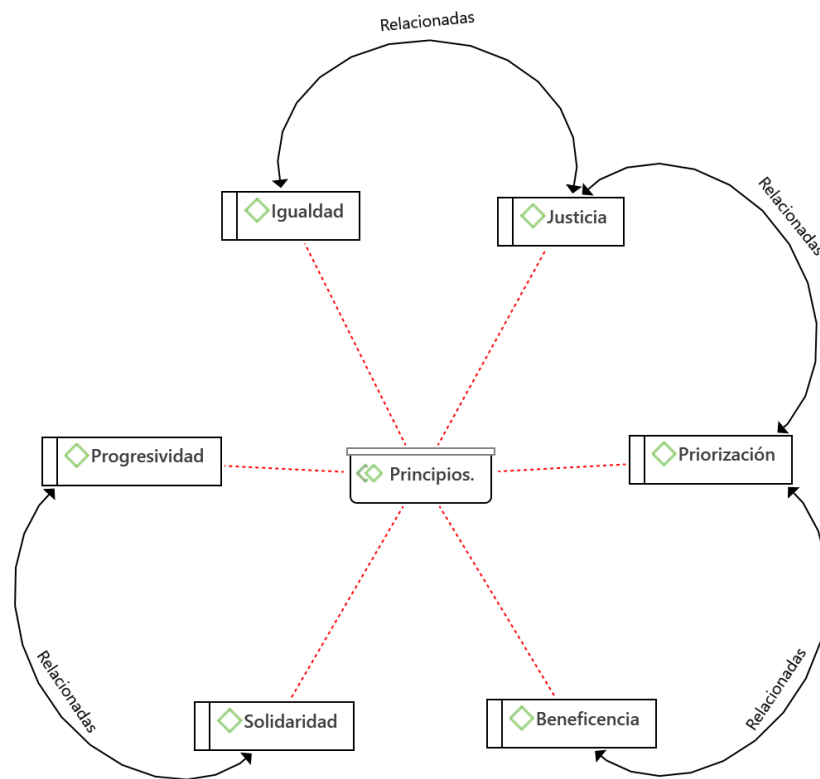


Figura 28. Categorías inductivas principios Montería

## Requerimientos Montería

Frente a los requerimientos para poner en marcha el plan en la ciudad de forma satisfactoria, el contar con una estrategia se convirtió en un insumo base para un plan de vacunación fue integral, considerando a todos los ciudadanos "Realmente fue una estrategia muy buena fijarnos en todo el conjunto de la población y como llegar a ella, con eso se cobija todos esos principios que tú acabas de mencionar". Con esta meta clara era necesario contar con la cantidad de biológicos suficientes para atender la alta demanda "Si realmente se contaron con biológicos suficientes hubieron algunos momentos por lo menos como cada vez que sé iniciaba una nueva etapa del Plan Nacional de Vacunación que los primeros días eran caóticos".

Los equipos de vacunación fueron un pilar fundamental en los cuales se facilitó la participación de los actores en el proceso "Sí tuvimos básicamente la EPS por ejemplo con que trabajamos y la Secretaría de Salud Municipal nos decían hay jornada de o hay una brigada extramural en Equipere Buenos Aires por ejemplo entonces tal día y necesitamos por ejemplo necesitamos dos vacunadores o necesitamos una avanzada mirando quiénes son la población priorizada". Estos equipos fueron dispuestos en puestos de vacunación específicos ubicados estratégicamente "pues había una mesa técnica compuesta por el ente territorial EPS e IPS en esa mesa técnica pues ya se sabían los puntos de vacunación que existían en la ciudad cuántas personas cuántas personas había en cada punto de vacunación; los roles se definieron los roles desde el agendamiento de los pacientes que iban a ir a la vacuna".

La cadena de frío fue vital en los protocolos para el manejo adecuado de las vacunas "La cadena de frío era uno de los requisitos necesarios para poder aplicar el Plan Nacional de Vacunación entonces las vacunas llegaban directamente a la entidad territorial y posteriormente a los puestos de vacunación". De igual forma para que



todo el engranaje requerido para poner en marcha el plan en la ciudad, fue necesaria la rentabilidad, la cual se centró en maximizar la cobertura y el impacto de la vacunación "Entonces sí fue un tema muy interesante incluso para los que no eran afiliados ni contributivo ni al subsidiado pues el ADRES directamente por ejemplo se encargó del pago de la vacunación a cada una de las instituciones que participaron" buscando optimizar los recursos para alcanzar la mayor cobertura posible. Esto facilitó el compromiso de todos los actores involucrados "Digamos que todos según el plan de vacunación todos los actores tenían algún tipo de interés con el cual los podíamos articular".

La comunicación fue importante para educar y motivar a la población, influyendo directamente en su actitud "Difusión a través de los canales fortaleciendo la importancia de la vacunación y de asistir y colocarse el esquema completo eso fue lo que se hizo", lo que facilitó el cambio de actitud de la población hacia la vacunación. La colaboración entre diferentes sectores fue clave "Fue muy muy interesante te digo o sea realmente fueron espacios de conexión con instituciones que antes no nos conversábamos por ejemplo sí el hecho por ejemplo en lo que te comentaba en el punto del centro comercial nuestro que lo hicimos de la mano con Star Salud y creo que fue Virrey Solís que nos unimos tres IPS y pusimos toda la logística" siendo una experiencia de resaltar que mejora las capacidades institucionales y su rentabilidad.

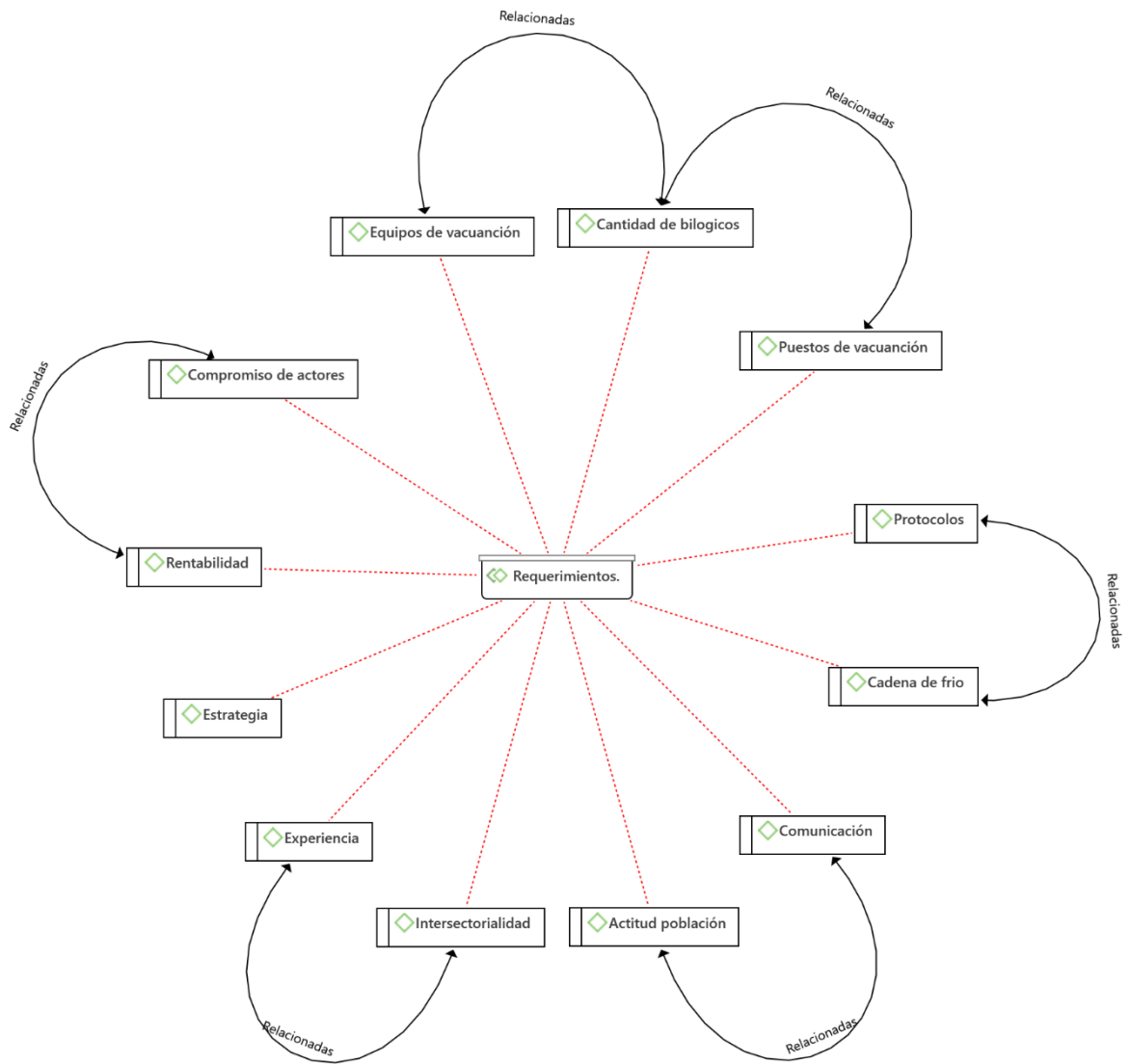


Figura 29. Categorías inductivas requerimientos Montería

## Actividades Montería

Frente a las actividades desarrolladas en la implementación del plan en la ciudad de Montería, se presentó una gran interconexión entre las mismas, las IPS jugaron un rol crucial "Las IPS se involucraron activamente en diversos puntos de vacunación y jornadas extramurales", Por su parte las EPS tuvieron un papel relevante en la coordinación y logística "Cada EPS pasaba como su listado por ejemplo cuando empezaron todos los mayores con morbilidad pues cada uno tenía como su base de datos y realmente se organizaba de esa forma y nos decían ok a esa zona rural van a ir diez personas pues eso era lo que coordinaba realmente el ente territorial y la EPS " destaca la colaboración y coordinación entre EPS y otras entidades para alcanzar a poblaciones prioritarias.

El liderazgo fue un factor determinante en el éxito del plan "Básicamente pues esto fue un proceso liderado nuevamente por la Secretaría de Salud tanto municipal de Montería como departamental hubo todo un proceso de entrenamiento", siendo la experiencia un factor determinante para la aplicación de este liderazgo "Nosotros tenemos la experiencia en vacunación entonces realmente en ese tema nosotros estábamos muy preparados" facilitando la implementación del plan.

La colaboración entre diferentes sectores fue un valor añadido que permitió reconocer las capacidades de otros actores no percibidas anteriormente "Realmente una experiencia muy bonita porque nos permitió conocer incluso prestadores que, pues nos conocemos de nombre, pero nunca habíamos trabajado juntos interactuados sí muy interesante interactuados y fue muy bonita esa experiencia" mostrando cómo la colaboración intersectorial enriqueció la experiencia.

De igual forma el compromiso de todos los actores involucrados facilitó la adaptación a las condiciones del plan "Teníamos personal a disposición en los

diferentes puntos que había en la ciudad e incluyó las jornadas extramurales también para poder responder a los requerimientos de la secretaría". Siendo la comunicación entre actores una ganancia que se sigue utilizando incluso hoy en día "¿por qué no seguimos con todo lo de la experiencia que nos dejó la vacunación COVID?, eso nos sirve con cualquiera de las otras vacunas, eso le decimos a las EPS".

Se utilizaron diferentes tipos de rutas diseñadas para el plan de vacunación facilitaron el acceso a la población. "se diseñaron rutas específicas para asegurar que diferentes comunidades, incluyendo áreas rurales y urbanas, tuvieran acceso a la vacunación" lo cual favoreció a que comunidades apartadas mejoraran el acceso a la aplicación de este biológico "Nosotros llegamos realmente a todas las comunidades en esas brigadas que hicimos conjunto con tanto actores públicos como privados unidos sí en alianzas o sea y de diferentes EPS". Esto demuestra un esfuerzo concertado para garantizar el acceso universal a la vacuna, superando barreras geográficas y sociales, y reflejando un compromiso con la equidad en la salud pública.

La adaptabilidad del plan en Montería se manifestó en sus diversas modalidades de vacunación. Se emplearon enfoques tanto intramurales como extramurales "Hubo las modalidades de vacunación intramural y extramural que se llevaron a cabo a través de los procesos de vacunación en las mismas IPS en las empresas". Este tipo de actividades favoreció la demanda de la vacuna por parte de la población, la cual varió significativamente durante el plan y en algún momento llegó a ser baja "al final del proceso pues ya no acudían tanto".

Ante este panorama fue necesario innovar las estrategias con las cuales se llevó la vacunación a la comunidad "El hecho de haberlo puesto en los centros comerciales me pareció o sea yo creo no sé si es innovador, pero me pareció bastante acertado porque es un sitio de afluencia de muchas personas". El enfoque innovador de llevar

la vacunación a lugares de alta concurrencia para facilitar el acceso y aumentar la tasa de vacunación, facilito llegar a poblaciones que de otro modo podrían no haber buscado activamente la vacuna.

Ante la alta desinformación circulando en el medio, fue importante la gestión de los efectos secundarios de la vacuna, en donde se abordó con cuidado y preparación según los lineamientos nacionales "El procedimiento decían todos los efectos secundarios posibles dolor calor enrojecimiento también cuando terminaba la vacunación siempre había una sala como de espera para esperar algún efecto secundario y eran las salas amplias con paramédico cerca" ilustrando cómo se informó sobre los efectos secundarios y se preparó para atender cualquier reacción adversa, garantizando la seguridad de las personas vacunadas.



Figura 30. Categorías inductivas actividades Montería

## Productos Montería

El principal producto de la implementación de las actividades del plan fue el cambio en la actitud inicial de la población hacia la vacuna, lo cual fue un reto significativo, especialmente en Montería "Inicialmente las personas sentían mucha desconfianza, era algo nuevo que se desarrolló en muy poco tiempo, no se tenía conocimiento". Sin embargo, a través de varias actividades y la colaboración con instituciones y la comunidad, se logró mejorar esta percepción y alcanzar coberturas de vacunación similares a otras ciudades. La cobertura alcanzada en el plan de vacunación fue notable a pesar de los desafíos enfrentados con una percepción satisfactoria de los resultados obtenidos "Yo creo que alcanzamos al 67 70% del dato que logramos ver del ministerio. Yo creería que fue muy bueno. Pues a nosotros incluso en la población de riesgo superamos el 80 - 85% en el caso de la población que tenemos asignada". Este resultado refleja el impacto positivo del plan de vacunación, a pesar de los desafíos de inmediatez, desinformación, y otros factores externos.

El lograr acceder a los grupos vulnerables, significo un reto adicional a otro grupo de poblaciones, pero se reconoce esta condición especial como una necesidad importante para acceder a la vacunación de forma efectiva "Realmente los grupos vulnerables entendiéndolo pues como que presentaban una situación especial, ya sea por su condición de salud, por su situación socioeconómica o por su ubicación geográfica, con ellos hubo que trabajar tenacísimo de hecho".

La implementación del plan de vacunación también generó oportunidades para la investigación como producto a destacar "Ya hemos hecho algunas publicaciones por ejemplo ahorita el del algoritmo predictivo de enfermedad este año se publicó en la revista de la Revista Colombiana de Neurología". Esto indica cómo el contexto de la pandemia y el plan de vacunación impulsaron la investigación científica y la publicación de estudios relevantes en el ámbito de la salud, que también se vio reflejado en aspectos como la innovación, la cual fue un componente clave en el

proceso de vacunación "El hecho de haberlo puesto en los centros comerciales es algo que no se había dado antes porque es un sitio de afluencia de muchas personas en una ciudad como Montería".

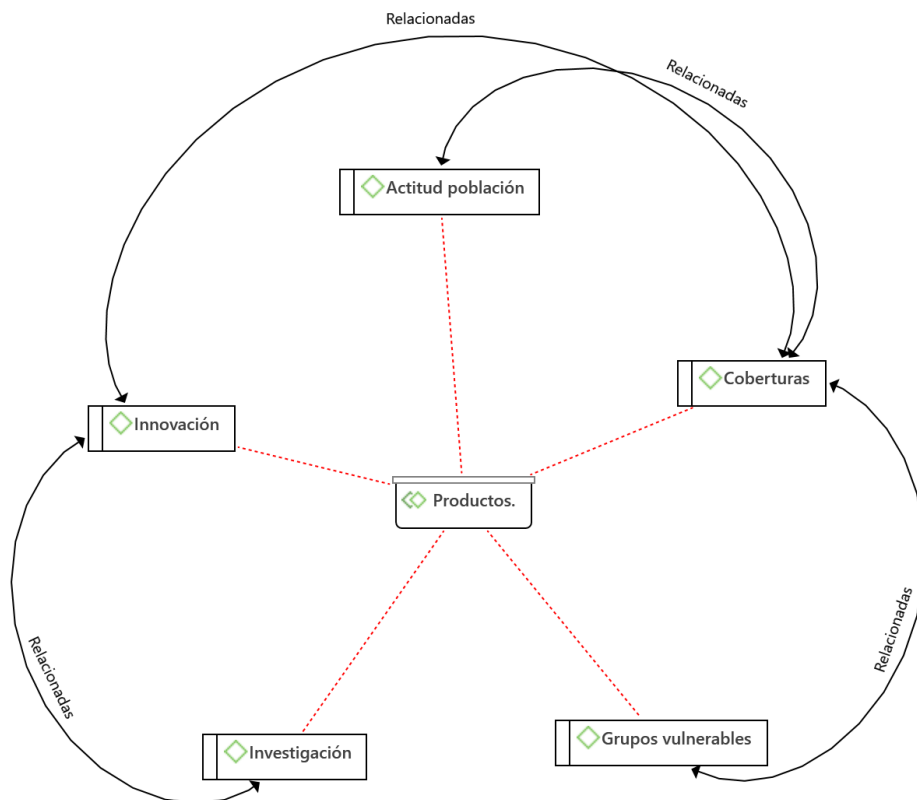


Figura 31. Categorías inductivas productos Montería

## Resultados Montería

Para la obtención de los resultados del PNV la intersectorialidad fue un aspecto clave en el que los diferentes actores participaron por iniciativa propia para la atención de la emergencia. "El apoyo de otros actores fue de mucha importancia,



cada persona coloco su granito de arena, esto demuestra cómo la colaboración entre diferentes sectores y actores fue fundamental para el éxito del plan, promoviendo una sinergia que mejoró la eficiencia y la cobertura de la vacunación”.

En el caso de la reducción en los casos graves de COVID-19 y de la mortalidad fue un resultado directo del plan de vacunación "No hubo como esos casos tan graves de decesos y de mortandad en las calles como Ecuador que se ocurrió como en algunos lugares en Brasil entonces por ese lado siento que fue bastante cohesión a nivel nacional y pues que a medida que iba pasando el pico los picos de la pandemia y se iba vacunando más gente pues iba disminuyendo". Esto ilustra cómo, a pesar de los desafíos, la estrategia de vacunación contribuyó significativamente a la disminución de casos graves y mortales en comparación con otros países de la región.

Por otra parte, la hospitalización por COVID-19 disminuyó como resultado de la vacunación “Siempre estaba la preocupación por el número de camas disponibles, pero conforme la vacunación fue avanzando se fue viendo como las UCI iban quedando libres”, siendo esto uno de los resultados más visibles para la población. De igual forma, la mortalidad relacionada con COVID-19 también se vio afectada positivamente por el plan de vacunación “las tasas de mortalidad, proporcionando un resultado tangible del éxito del plan en salvar vidas y proteger a la comunidad”. Resultados con los que la comunidad se siente altamente satisfecha.

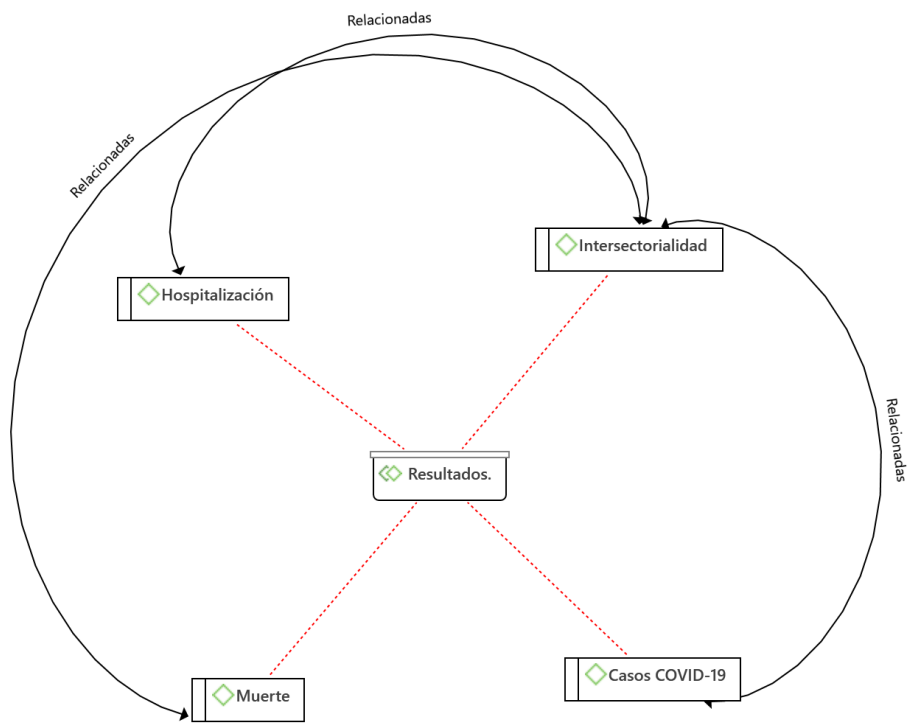


Figura 32. Categorías inductivas resultados Montería

## DISCUSIÓN

El PNV aplicado a las dos ciudades de estudio puede ser calificado como efectivo cuando es examinado bajo las condiciones de esquemas completos, condición bajo la cual fue elaborado el PNV. Este plan fue efectivo en la medida que cumplió con los objetivos para los cuales fue diseñado. Siendo estos objetivos fijados en dos categorías, la primera reducir la mortalidad específica por COVID-19 y reducir la incidencia de casos graves de COVID-19 que requirieran hospitalización y la segunda reducción del contagio en la población general.

El objetivo de reducción de contagio no logró ser evaluado en la presente investigación pese a que fue uno de los objetivos bajo los cuales fue creado el plan, esto debido a las dificultades intrínsecas al tratar de estimar la incidencia de casos de COVID-19 al limitarse la información disponible a la reportada en los sistemas de información de vigilancia epidemiológica, pero desconociendo los casos no reportados en este sistema.

Es de resaltar que la protección de las vacunas contra las formas graves de la enfermedad tiene mayor evidencia de su efectividad, mientras que la protección contra los casos sin complicaciones o sintomáticos es inferior y decae con el tiempo a mayor velocidad que los desenlaces graves(48). Por lo cual, el acompañamiento de medidas de autocuidado paralelas que reduzcan el contagio es importantes para la protección de la población dada la baja efectividad de las vacunas para este desenlace.

Los estudios de cohorte ofrecen la ventaja de permitir una evaluación directa de la efectividad de las vacunas contra COVID-19, al seguir a individuos vacunados y no vacunados a lo largo del tiempo, lo que facilita la estimación del riesgo de hospitalización y muerte. Sin embargo, una de sus principales limitaciones es la

posibilidad de sesgos por confusión debido a variables no controladas, como diferencias en el acceso a la atención médica o comorbilidades entre los grupos diferentes a las abordadas por el estudio, lo cual conlleva a la presentación de heterogeneidad en los riesgos de base.

Al evaluar el objetivo de reducir la mortalidad específica por COVID-19 y reducir la incidencia de casos graves de COVID-19, se observa que para el caso del desenlace de hospitalización, se encuentran resultados que están dentro del rango de los reportados por la revisión sistemática de Mohammed con estimaciones que rondan entre el 43% y 85% (49) de efectividad para prevenir este desenlace, estimaciones con un amplio rango de resultados que varían acorde a las características de los estudios en donde grupos etarios de mayor edad presentan mejores resultados, mayores tiempos de seguimiento menores medidas de efectividad y mayor número de comorbilidades menor efectividad igualmente.

La reducción de los casos que requerían hospitalización fue especialmente resaltada en los adultos mayores de 40 años, en donde fue observada la mayor proporción de casos. Estos resultados junto a la noción de riesgo por parte de la comunidad frente a los adultos mayores, facilitó la cobertura de vacunación de este grupo poblacional. Además, la focalización de estrategias en grupos de riesgo reportada en las entrevistas por parte de las entidades territoriales aumentó la velocidad de vacunación en este grupo, como es el caso de la vacunación en ancianos por parte de la ciudad de Cali.

Por otra parte, en ninguna de las dos ciudades las vacunas demostraron ser efectivas para prevenir la hospitalización en menores de 25 años, donde las diferencias no fueron significativas, grupos poblacionales en los cuales se obtuvo la menor cobertura de vacunación, recalando la importancia del cómo se abordan los grupos poblacionales de menor edad y las tácticas de educación en salud dirigidas a estos grupos poblacionales.

Para el caso de la prevención de la muerte, se encuentra que este presenta el resultado más alto del estudio con valores cercanos al 95% de efectividad, resultados similares a los reportados por Fernández(50) en adultos Colombianos vacunados con esquema completo. Estos resultados fueron similares en ambas ciudades de estudio pese a las diferencias en la implementación del plan de vacunación presentadas, lo que resalta la alta efectividad de las vacunas para prevenir este desenlace. Por otro lado, se observó como Cali presentó una reducción de mortalidad estadísticamente significativa a causa de la vacunación en el grupo de 12 a 25 años, resultado que no fue alcanzado por la ciudad de Montería quien tuvo una cobertura de vacunación mucho menor en este grupo poblacional.

La brecha presentada en los resultados de efectividad entre las ciudades disminuye en el desenlace de muerte, mostrando en la ciudad de Montería una leve mayor efectividad tanto al año de seguimiento como a lo largo del tiempo. Esto muestra como la efectividad para los desenlaces fatales es la más alta entre los desenlaces de estudio y con menor influencia de factores externos a la vacunación(49), al mismo tiempo como a menor cantidad de personas contagiadas es menor la cantidad de fallecidos, por lo cual las medidas de protección que eviten en el contagio siguen cobrando importancia pese a la alta efectividad de la vacuna para prevenir este desenlace.

En el caso de la población de 3 a 11 años no se lograron tener resultados estadísticamente significativos de la efectividad de las vacunas frente a ninguno de los desenlaces de estudio, a esto se suma la baja aceptación de la vacuna por parte de la población en las ciudades de estudio y los costos sociales de las intervenciones en esta población como los cierres de colegios y jardines, lo que sugiera la necesidad de focalizar la vacunación especialmente en grupos de riesgo que presenten algún tipo de comorbilidad en este grupo etario(51).

Aspectos como el acceso a los servicios es poco reportado en la literatura frente a la efectividad de la vacunación(52). Aunque en este estudio no se estimó la efectividad según el régimen de salud al que estuviera afiliadas las personas, si se tomó como covariable dentro del modelo, dejando ver como en el régimen subsidiado se presentaba un mayor riesgo de presentar el desenlace de muerte en comparación al contributivo.

La disminución en la efectividad de las vacunas para prevenir los diferentes tipos de desenlaces, destaca la necesidad de dosis de refuerzo en donde las medidas de efectividad fueron mayores, las cuales, son esenciales para potenciar la respuesta inmune contra las variantes en evolución del virus, especialmente contra las variantes emergentes, como se observó durante el brote de Omicron en comparación con cuando Delta era predominante(53, 54).

Las entrevistas semiestructuradas ofrecen la ventaja de proporcionar una visión profunda y cualitativa sobre el desempeño del PNV, al permitir que los actores clave en los territorios compartan sus experiencias y percepciones de manera flexible. Esto facilita la identificación de desafíos operativos y logísticos específicos que podrían no ser captados por métodos más estructurados. Sin embargo, sus desventajas incluyen la posible subjetividad de las respuestas y el riesgo de sesgo, ya que los entrevistados podrían omitir o distorsionar información para presentar una versión más favorable de su gestión.

Al analizar las muertes evitadas, se constató que, aunque Montería mostró mejores indicadores de efectividad en la mayoría de los desenlaces, proporcionalmente se evitaron más muertes en Cali. Esto teniendo en cuenta principalmente la mayor cobertura de vacunación alcanzada en esta ciudad pese a sus menores resultados de efectividad, subrayando la importancia de incrementar la cobertura de vacunación en las poblaciones en el menor tiempo posible como uno de los objetivos primordiales en la ejecución de un plan de vacunación, incluso si las

vacunas poseen una efectividad menor. Recalcando la idea de que es mejor aplicar una vacuna con menor efectividad rápidamente que aplicar una con mayor efectividad en un tiempo tardío.

El exceso de mortalidad por otras causas durante la pandemia podría generar mala clasificación de las causas de muerte y conducir a una sobreestimación de muertes evitadas si se atribuyen a COVID-19(55), pese a que en el caso de Colombia cuando estos casos de mortalidad no eran claros se revisaron con las diferentes autoridades mediante unidades de análisis.

Sin embargo, estas muertes evitadas no pueden ser atribuidas plenamente a el PNV, esto dado a que otro tipo de medidas a las que estuvieron expuesta la población como las medidas de autocuidado, mutaciones en el virus, mejoras en la atención hospitalarias o inmunidad natural, pudieron favorecer la disminución de las muertes en la población(56).

Los criterios de priorización del PNV y sus principios permitieron que se habilitara gradualmente el acceso a la vacunación en razón del riesgo presentado por la población, lineamientos que fueron acogidos y respetados por la comunidad en ambas ciudades y así desde etapas tempranas se vacunara a la población de mayor edad brindando una mayor cantidad de tiempo para mejorar su cobertura de vacunación e impactar en las muertes evitadas dentro de cada territorio.

En el caso de los mayores de 60 años mostraron una menor efectividad en los distintos desenlaces en comparación con otros grupos poblacionales; sin embargo, al comparar las muertes evitadas, este grupo fue en el que se logró prevenir un mayor número de decesos en ambas ciudades. Esto conduce a la recomendación de aumentar rápidamente las coberturas de vacunación en grupos de riesgo.

Pese a que se estudiaron los eventos adversos en la presente investigación, otro

punto a resaltar del plan es la baja tasa de los mismos, reportados posterior a la aplicación de la vacuna, en donde para Colombia se presentaron 60 eventos por cada 100.000 dosis suministradas(57), siendo los síntomas más frecuentes el dolor de cabeza (17.2%) y la fiebre (8.8%). Por otra parte, estos eventos adversos han sido reportados en la literatura como principalmente leves, los casos de trombosis, son más comunes con vacunas de vectores adenovirales, mientras que con las vacunas de ARNm se han observado efectos adversos como miocarditis, enfermedades renales y erupciones cutáneas dentro de las primeras 6 semanas después de la vacunación(58).

Uno de los principales puntos a resaltar del estudio es que la cobertura de vacunación poblacional y la velocidad en que la misma es alcanzada, depende de la articulación de los diferentes componentes del PNV en las dos ciudades de estudio y su implementación en los territorios, es necesario resaltar aspectos como la experiencia, el liderazgo, la comunicación, el seguimiento a actividades y los sistemas de información. Aspectos clave que facilitaron o dificultaron en los territorios la implementación del PNV en sus diferentes componentes.

Dentro de los aspectos destacados en la gestión del PNV en las ciudades estudiadas, se encuentra el liderazgo y experiencia del ente territorial de la ciudad de Cali en materia de vacunación, donde el plan fue rápidamente adoptado y adaptado a las condiciones locales. Por su parte, la ciudad de Montería desarrolló una propuesta intersectorial, con una notable disposición de los actores a colaborar. Otro punto para resaltar fueron los sistemas de información desarrollados por la administración de Cali, facilitados por los recursos y el soporte administrativo disponible en la entidad.

Además de las características de los planes de vacunación que facilitan su implementación en los territorios mencionadas por el presente estudio, Nkole(59) presenta como en el contexto de la pandemia COVID-19, es necesario reforzar



diferentes tipos de habilidades que faciliten el trabajo intersectorial, dentro de las cuales están la capacitación constante al personal de salud, el fortalecimiento de lazos comunitarios, espacios de participación comunitaria e intersectorial, el liderazgo responsable, la colaboración internacional, el uso de tecnologías y de incentivos para favorecer a vacunación.

Frente a las bajas coberturas en población joven, la síntesis de evidencia propuesta por Fisher(60), presenta como el consentimiento y la información que transmiten los padres o acudientes pueden ser barreras para que los niños y adolescentes accedan a las vacunas, en línea con la importancia de la comunicación a toda la comunidad en general resaltada por los actores clave en ambas ciudades.

La efectividad de las vacunas para prevenir los diferentes desenlaces de estudio presentó diferencias con algunos estudios desarrollados con metodologías similares, como es el caso de las investigaciones de Jara(53, 61) que desarrollaron estudios de cohortes en condiciones de la vida real para estimar la efectividad de las vacunas contra COVID-19. En donde en el caso de los niños de 3 a 5 años vacunados con CoronaVac en Chile si logro tener reducciones significativas para los diferentes desenlaces de estudio, pero el tiempo de seguimiento fue más corto con solo tres meses de seguimiento y con solo una variante dominante (Ómicron) a diferencia del presente estudio en donde se presentaron diferentes tipos de variantes dominantes.

Estudios como el de Cerqueira-Silva(62) en donde se exploran los resultados con y sin la utilización de las dosis de refuerzo, presentan aumento en la efectividad de cualquiera de los desenlaces de estudio al utilizar una dosis de refuerzo, principalmente en la población mayor de 30 años, convirtiéndose en la principal medida para la perdida de efectividad de las vacunas en el tiempo.

Otro estudio de cohorte retrospectivo observacional en la región norte de Colombia,

donde siguieron a 719.735 individuos vacunados con BNT162ab2 (Pfizer) o CoronaVac (SINOVAC) durante 5.5 meses en 2021, todos mayores de 40 años y asegurados en el régimen subsidiado, se encontraron medidas de efectividad menores a las reportadas en este estudio pese a que las variables de ajuste eran similares entre los estudios, lo cual resalta que las condiciones de vida de la población subsidiada afectan la respuesta que pueden presentar los resultados de una intervención en salud pública por factores socioeconómicos no observados ligados como lo pueden ser el nivel educativo o las condiciones de hacinamiento en que pueden estar viviendo las familias y que dificultan el control de una enfermedad infecciosa (63).

Al comprar los resultados con los de la Cohorte Esperanza(50), en donde el resultado global de efectividad para hospitalización (82.7%) y muerte (86.0%) fue diferente al presentado en el estudio 59% y 95% respectivamente (1-HR tabla 17), es de anotar que los resultados de la Cohorte Esperanza son de todo Colombia, mientras que los de este estudio son solo aplicables a las ciudades de Cali y Montería, por lo cual, las diversas características de los municipios que componen Colombia difieren de las presentadas en estas dos ciudades por si solas , aspectos como el nivel de ruralidad, acceso a los servicios más allá del aseguramiento, costumbres de la población, gobernabilidad e infraestructura de los territorios, pueden afectar la efectividad presentada en los estudios.

Dentro de las limitantes para estimar la efectividad de las vacunas, especialmente en el desenlace de muerte, se encuentra la etapa de la pandemia en la que fue desarrollada el estudio. Dado que factores como la inmunidad natural adquirida por infecciones previas, variantes del virus circulante o la mayor vulnerabilidad de la población ya fallecida antes de iniciar el estudio y que no entraron dentro de la cohorte, son limitantes que se escapan a la actual investigación.

Por otra parte, revisiones sistemáticas como las de Shao(64), muestran como los

resultados de efectividad suelen ser mucho más divergentes que los de eficacia dado los diferentes tipos de metodologías y grupos de comparación por los cuales pueden ser obtenidos estos resultados, siendo los resultados de efectividad para prevenir la infección quienes presentan resultados más variables dadas las dificultades inherentes a la detección de los casos de síntomas leves o asintomáticos, en el caso de este estudio que hace uso de los casos reportados al sistema de vigilancia se presentan las limitantes del adecuado reporte de los casos inherentes a cualquier sistema de vigilancia como el acceso a los servicios, la disponibilidad de pruebas o los diagnósticos diferenciales.

En general los estudios no reportan el cumplimiento de los supuestos de los modelos o la calidad de los mismos al momento de realizar los reportes. Sin embargo, Kleinbaum y otros(43) sugieren una estrategia de asumir que PH se mantiene a menos que haya evidencia fuerte de lo contrario o que los residuos de Schoenfeld aumentan o disminuyen claramente con el tiempo. Lo cual no ocurren en ninguno de los modelos independiente del desenlace estudiado. De igual forma Allison(65) afirma que se pone demasiado énfasis en probar la suposición de PH, y no lo suficiente en otros aspectos importantes del modelo como lo puede ser su plausibilidad.

Uno de los principales retos del estudio fue el abordaje de los efectos causales de una intervención en salud pública en condiciones de la vida real mediante estudios observacionales. Para esto fue necesario abordar las siguientes condiciones de tal forma que este estudio que no tenía una asignación aleatoria del tratamiento se pudiera aproximar a los resultados de un experimento aleatorio (66):

1. Los valores de tratamiento bajo comparación corresponden a intervenciones bien definidas de las cuales se tienen los datos (Consistencia).

Para esto se estableció en el protocolo la ruta de fuentes de información y definición

de cada una de las variables a tener en cuenta, las cuales fueron identificadas por medio del uso de DAGs que dan cuenta de las relaciones entre factores en el tema de estudio.

2. La probabilidad condicional de recibir el tratamiento depende sólo de las covariables medidas L (Intercambiabilidad)

Se procuro contar con las variables relacionadas con la asignación del tratamiento dentro del modelo de estudio, sin embargo, variables de tipo socioeconómico y de acceso a los servicios no pudieron ser tomadas directamente, por lo cual fue necesario hacer uso de variables aproximadas para ajustar su efecto.

3. La probabilidad de recibir el tratamiento condicionado a L es mayor que cero, es decir, positiva (Positividad).

Se garantizo que todas las personas incluidas en el estudio hubieran podido haber recibido la intervención en algún momento dado, por esa razón no fueron incluidos los menores de 3 años dado que al momento del estudio aún no se encontraba disponible la reglamentación para la apertura de la vacunación a este grupo poblacional.

Se recomienda para futuras investigaciones evolucionar del uso de modelos predictivos(67) como el usado en este caso que permite la estratificación del riesgo en la población y que permite la priorización de las intervenciones en salud pública, a modelos de orden explicativo que permitan comprender a mayor profundidad el funcionamiento de este tipo de intervenciones.

Dentro de los aspectos a fortalecer se encuentra como el compromiso comunitario puede ser un aliado a lo largo de toda la implementación de un plan de vacunación

como lo presenta Dutta(68), quien recomienda que se debe favorecer la participación o el apoyo de la comunidad desde la formulación de la política de vacunas y posteriormente en la implementación de los programas de vacunación. Además, es necesario de crear indicadores a nivel nacional que midan el compromiso comunitario para tomar las medidas reforzar este compromiso cuando sea necesario.

## CONCLUSIONES

El PNV logro ser efectivo en ambas ciudades de estudio. Desde el componente cuantitativo, los resultados reflejan la efectividad del plan en la reducción de hospitalizaciones y muertes, lo cual fue posible no solo por la disponibilidad de vacunas eficaces, sino también por la capacidad institucional de implementar el plan en un contexto de emergencia sanitaria. Por otro lado, desde el componente cualitativo, se identificó que factores como la gestión local y la capacidad de las instituciones influyeron de manera crítica en los resultados.

El acompañamiento de medidas de autocuidado fue un aspecto destacado desde el enfoque cualitativo, señalando la importancia de estas medidas para reducir los contagios, especialmente considerando la menor efectividad de las vacunas para prevenir el contagio en comparación con la prevención de desenlaces graves, como hospitalización o muerte.

Las diferencias observadas entre ciudades, abordadas desde un enfoque cualitativo, se atribuyeron a factores externos al PNV, como la vulnerabilidad social y las capacidades locales de implementación. Mientras que el análisis cuantitativo mostró variaciones en la efectividad de las vacunas y la rapidez en alcanzar coberturas, el impacto poblacional no fue uniforme entre las ciudades, aun cuando las directrices y los tipos de vacunas fueron los mismos.

El éxito del PNV fue multifactorial, como identificó el análisis cualitativo, destacando el rol de las capacidades institucionales, la aceptación de la vacuna por la población y el diseño estratégico del plan adaptado a cada territorio. Asimismo, la cobertura de vacunación, abordada desde un enfoque cuantitativo, fue clave en la reducción de casos graves y muertes, pero se señaló que alcanzar coberturas rápidamente fue crucial, especialmente para los grupos de alto riesgo.

Finalmente, el análisis cuantitativo mostró que la relación entre la cantidad de contagios y la mortalidad es directa: a menor cantidad de contagios, menor cantidad de muertes, reafirmando la relevancia de las medidas de protección. Desde el componente cualitativo, se observó que las estrategias de seguimiento de los lineamientos y la disponibilidad de biológicos en etapas tempranas de la pandemia fueron factores cruciales que afectaron el impacto global del PNV. Para el futuro, se sugiere que las políticas de salud se enfoquen más en los determinantes sociales, dado que estos condicionan la respuesta local y son difíciles de abordar solo desde el sector salud.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Xing K, Tu X-Y, Liu M, Liang Z-W, Chen J-N, Li J-J, et al. Efficacy and safety of COVID-19 vaccines: a systematic review. *Chinese Journal of Contemporary Pediatrics*. 2021;23(3):221.
2. DANE. Censo Nacional de Población y Vivienda- 2018. Colombia: Departamento Administrativo Nacional de Estadística; 2018.
3. Angelos P. Surgeons, ethics, and COVID-19: early lessons learned. *Journal of the American College of Surgeons*. 2020.
4. Instituto Nacional de Salud. Covid-19 en Colombia 2023 [accessed 22 October 2023].
5. Instituto Nacional de Salud. Dataset Casos COVID-19 en Colombia <https://www.ins.gov.co/Paginas/Boletines-casos-COVID-19-Colombia.aspx>; 2022 [accessed 15 September 2023].
6. Niehus R, De Salazar PM, Taylor AR, Lipsitch M. Using observational data to quantify bias of traveller-derived COVID-19 prevalence estimates in Wuhan, China. *The Lancet Infectious Diseases*. 2020;20(7):803-8.
7. DE HDRDS, LA OMS PARA E. ESTABLECIMIENTO DE PRIORIDADES EN EL USO DE VACUNAS CONTRA LA COVID-19.
8. Soeters HM, Doshi RH, Fleming M, Adegoke OJ, Ajene U, Aksnes BN, et al. CDC's COVID-19 international vaccine implementation and evaluation program and lessons from earlier vaccine introductions. *Emerging infectious diseases*. 2022;28(Suppl 1):S208.
9. Ministerio de Salud y Protección Social *Plan Nacional de Vacunación contra COVID 19 Colombia 2021* ; 2021. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/plan-nal-vacunacion-sars-cov-2.pdf> ; [accessed 17 September 2023].
10. Ministerio de Salud y Protección Social. Seguimiento Plan Nacional de Vacunación Contra el COVID-19 Colombia. 2022; [accessed 12 December 2023].



<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNTNmZTJmZWYtOWFhMy00OG E1LWFiNDAtMTJmYjM0NDNA5NGY2IiwidCI6ImJmYjdIMTNhLTdmYjctNDAxNi04 MzBjLWQzNzE2ZThkZDhiOCJ92022> .

11. Bryce J, Victora CG, Habicht J-P, Vaughan JP, Black RE. The multi-country evaluation of the integrated management of childhood illness strategy: lessons for the evaluation of public health interventions. *American journal of public health*. 2004;94(3):406-15.
12. Mundial B. *La evaluación de impacto en la práctica*. Washington: Banco Mundial. 2011.
13. Vargas CS. *La evaluación y el análisis de políticas públicas*. *Revista Opera*. 2009(9):23-51.
14. Nebot M, López MJ, Ariza C, Villalbí JR, García-Altés A. Evaluación de la efectividad en salud pública: fundamentos conceptuales y metodológicos. *Gaceta Sanitaria*. 2011;25:3-8.
15. Habicht J-P, Victora C, Vaughan JP. Evaluation designs for adequacy, plausibility and probability of public health programme performance and impact. *International journal of epidemiology*. 1999;28(1):10-8.
16. Borràs E, Domínguez À, Salleras L. Evaluación de la efectividad de los programas de vacunación. *Gaceta Sanitaria*. 2011;25:49-55.
17. Fiolet T, Kherabi Y, MacDonald C-J, Ghosn J, Peiffer-Smadja N. Comparing COVID-19 vaccines for their characteristics, efficacy and effectiveness against SARS-CoV-2 and variants of concern: a narrative review. *Clinical Microbiology and Infection*. 2022;28(2):202-21.
18. Tregoning JS, Flight KE, Higham SL, Wang Z, Pierce BF. Progress of the COVID-19 vaccine effort: viruses, vaccines and variants versus efficacy, effectiveness and escape. *Nature reviews immunology*. 2021;21(10):626-36.
19. Ministerio de Salud y Protección Social. *Normatividad Plan Nacional de Vacunación COVID-19*. 2022; [accessed 15 October 2023]. [https://www.minsalud.gov.co/normatividad\\_nuevo/forms/allitems.aspx2022](https://www.minsalud.gov.co/normatividad_nuevo/forms/allitems.aspx2022) .
20. Cerqueira MT, León Nava F, de la Torre A. Evaluación de la promoción de la

salud: principios y perspectivas. Metodologías para la promoción de la salud: OPS; 2007.

21. Renda A, Simonelli F, Iacob N, Campmas A. Evaluation study supporting the interim evaluation of the ISA<sup>2</sup> programme. CEPS Project Report. June 2019. 2019.
22. Hesse-Biber SN, Johnson RB. The Oxford handbook of multimethod and mixed methods research inquiry: Oxford University Press; 2015.
23. Valery R, Dagenais C. Enfoques y Practicas en la evaluación de programas. Colección gerencial y políticas de salud, Editorial Pontificia Universidad Javeriana, Santafé de Bogotá. 2015.
24. Oleckno WA. Epidemiology: concepts and methods: Waveland Press; 2008.
25. Organization WH. Evaluation of COVID-19 vaccine effectiveness: interim guidance, 17 March 2021. World Health Organization; 2021.
26. Björk J, Inghammar M, Moghaddassi M, Rasmussen M, Malmqvist U, Kahn F. High level of protection against COVID-19 after two doses of BNT162b2 vaccine in the working age population - first results from a cohort study in Southern Sweden. *Infect Dis (Lond)*. 2022;54(2):128-33.
27. Rosenberg ES, Dorabawila V, Easton D, Bauer UE, Kumar J, Hoen R, et al. Covid-19 Vaccine Effectiveness in New York State. *N Engl J Med*. 2022;386(2):116-27.
28. Malhotra S, Mani K, Lodha R, Bakhshi S, Mathur VP, Gupta P, et al. SARS-CoV-2 Reinfection Rate and Estimated Effectiveness of the Inactivated Whole Virion Vaccine BBV152 Against Reinfection Among Health Care Workers in New Delhi, India. *JAMA Netw Open*. 2022;5(1):e2142210.
29. Alali WQ, Ali LA, AlSeaidan M, Al-Rashidi M. Effectiveness of BNT162b2 and ChAdOx1 Vaccines against Symptomatic COVID-19 among Healthcare Workers in Kuwait: A Retrospective Cohort Study. *Healthcare (Basel)*. 2021;9(12).
30. Greenland S, Pearl J, Robins JM. Causal diagrams for epidemiologic research. *Epidemiology*. 1999:37-48.
31. Arregocés-Castillo L, Fernández-Niño J, Rojas-Botero M, Palacios-Clavijo A, Galvis-Pedraza M, Rincón-Medrano L, et al. Effectiveness of COVID-19 vaccines in

older adults in Colombia: a retrospective, population-based study of the ESPERANZA cohort. *The Lancet Healthy Longevity*. 2022;3(4):e242-e52.

32. Brazauskas R, Logan BR. Observational studies: matching or regression? *Biology of Blood and Marrow Transplantation*. 2016;22(3):557-63.

33. Gram MA, Nielsen J, Schelde AB, Nielsen KF, Moustsen-Helms IR, Sørensen AKB, et al. Vaccine effectiveness against SARS-CoV-2 infection, hospitalization, and death when combining a first dose ChAdOx1 vaccine with a subsequent mRNA vaccine in Denmark: A nationwide population-based cohort study. *PLoS Med*. 2021;18(12):e1003874.

34. Vokó Z, Kiss Z, Surján G, Surján O, Barcza Z, Pályi B, et al. Nationwide effectiveness of five SARS-CoV-2 vaccines in Hungary-the HUN-VE study. *Clin Microbiol Infect*. 2021.

35. Lin D-Y, Gu Y, Wheeler B, Young H, Holloway S, Sunny S-K, et al. Effectiveness of Covid-19 vaccines over a 9-month period in North Carolina. *New England Journal of Medicine*. 2022;386(10):933-41.

36. Reina-Bolaños CA, Arbeláez-Montoya MP, Brango H, Ortega D, Tovar-Acero C, López-Carvajal L, et al. Real-world effectiveness of the CoronaVac vaccine in a retrospective population-based cohort in four Colombian cities (2021-2022). *International Journal of Infectious Diseases*. 2024;147:107156.

37. Naleway AL, Groom HC, Crawford PM, Salas SB, Henninger ML, Donald JL, et al. Incidence of SARS-CoV-2 Infection, Emergency Department Visits, and Hospitalizations Because of COVID-19 Among Persons Aged  $\geq 12$  Years, by COVID-19 Vaccination Status - Oregon and Washington, July 4-September 25, 2021. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2021;70(46):1608-12.

38. Rivasi G, Bulgaresi M, Mossello E, Buscemi P, Lorini C, Balzi D, et al. Course and Lethality of SARS-CoV-2 Epidemic in Nursing Homes after Vaccination in Florence, Italy. *Vaccines (Basel)*. 2021;9(10).

39. Liu C, Lee J, Ta C, Soroush A, Rogers JR, Kim JH, et al. A Retrospective Analysis of COVID-19 mRNA Vaccine Breakthrough Infections - Risk Factors and Vaccine Effectiveness. *medRxiv*. 2021.

40. Glampson B, Brittain J, Kaura A, Mulla A, Mercuri L, Brett SJ, et al. Assessing COVID-19 Vaccine Uptake and Effectiveness Through the North West London Vaccination Program: Retrospective Cohort Study. *JMIR Public Health Surveill.* 2021;7(9):e30010.
41. Giansante C, Stivanello E, Perlangeli V, Ferretti F, Marzaroli P, Musti MA, et al. COVID-19 vaccine effectiveness among the staff of the Bologna Health Trust, Italy, December 2020-April 2021. *Acta Biomed.* 2021;92(4):e2021270.
42. Vatcheva K, Lee M, McCormick J, Rahbar M. The effect of ignoring statistical interactions in regression analyses conducted in epidemiologic studies: an example with survival analysis using Cox proportional hazards regression model. *Epidemiology (Sunnyvale, Calif).* 2015;6(1).
43. Kleinbaum DG, Klein M. *Survival analysis: a self-learning text*: Springer; 2012.
44. Rojas-Botero ML, Fernández-Niño JA, Arregocés-Castillo L, Ruiz-Gómez F. Estimated number of deaths directly avoided because of COVID-19 vaccination among older adults in Colombia in 2021: an ecological, longitudinal observational study. *F1000Research.* 2022;11(198):198.
45. 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. *Revista Panamericana de Salud Pública.* 2023;47:e76.
46. Bamberger M, Rao V, Woolcock M. Using mixed methods in monitoring and evaluation: experiences from international development. *World Bank Policy Research Working Paper.* 2010(5245).
47. Díaz CM. ¿ Cómo desarrollar, de una manera comprensiva, el análisis cualitativo de los datos? *Educere.* 2009;13(44):55-66.
48. Feikin DR, Higdon MM, Abu-Raddad LJ, Andrews N, Araos R, Goldberg Y, et al. Duration of effectiveness of vaccines against SARS-CoV-2 infection and COVID-19 disease: results of a systematic review and meta-regression. *The lancet.* 2022;399(10328):924-44.
49. Mohammed I, Nauman A, Paul P, Ganesan S, Chen K-H, Jalil SMS, et al. The efficacy and effectiveness of the COVID-19 vaccines in reducing infection,

severity, hospitalization, and mortality: a systematic review. *Human vaccines & immunotherapeutics*. 2022;18(1):2027160.

50. Rojas-Botero ML, Fernández-Niño JA, Arregocés-Castillo L, Palacios-Clavijo A, Pinto-Álvarez M, Ruiz-Gómez F. Real-world effectiveness of COVID-19 vaccines among Colombian adults: A retrospective, population-based study of the ESPERANZA cohort. *PLOS Global Public Health*. 2023;3(9):e0001845.

51. Zimmermann P, Pittet LF, Finn A, Pollard AJ, Curtis N. Should children be vaccinated against COVID-19? *Archives of disease in childhood*. 2022;107(3):e1-e8.

52. Núñez A, Sreeganga S, Ramaprasad A. Access to Healthcare during COVID-19. *International journal of environmental research and public health*. 2021;18(6):2980.

53. Jara A, Undurraga EA, Zubizarreta JR, González C, Acevedo J, Pizarro A, et al. Effectiveness of CoronaVac in children 3–5 years of age during the SARS-CoV-2 Omicron outbreak in Chile. *Nature Medicine*. 2022;28(7):1377-80.

54. Florentino PT, Alves FJ, Cerqueira-Silva T, Oliveira VdA, Júnior JB, Jantsch AG, et al. Vaccine effectiveness of CoronaVac against COVID-19 among children in Brazil during the Omicron period. *Nature communications*. 2022;13(1):4756.

55. Msemburi W, Karlinsky A, Knutson V, Aleshin-Guendel S, Chatterji S, Wakefield J. The WHO estimates of excess mortality associated with the COVID-19 pandemic. *Nature*. 2023;613(7942):130-7.

56. Bozio CH. Laboratory-confirmed COVID-19 among adults hospitalized with COVID-19–like illness with infection-induced or mRNA vaccine-induced SARS-CoV-2 immunity—nine states, January–September 2021. *MMWR Morbidity and Mortality Weekly Report*. 2021;70.

57. Social MdSyP. Reporte de los EAPV en Colombia [https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/PSP/bolet\\_in13-farmacovigilancia-vacunas-may2022.pdf](https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/PSP/bolet_in13-farmacovigilancia-vacunas-may2022.pdf) Mayo 2022 ; [accessed 21 December 2023].

58. Mushtaq HA, Khedr A, Koritala T, Bartlett BN, Jain NK, Khan SA. A review of

- adverse effects of COVID-19 vaccines. *Le infezioni in medicina*. 2022;30(1):1.
59. Nkole P, Alice F, Mutua W, Osei L, Stoljar Gold A, Yang L, et al. How a community-led understanding of access and uptake barriers and enablers informs better vaccination programs. *Frontiers in Health Services*. 2023;3:1260400.
60. Fisher H, Harding S, Hickman M, Macleod J, Audrey S. Barriers and enablers to adolescent self-consent for vaccination: A mixed-methods evidence synthesis. *Vaccine*. 2019;37(3):417-29.
61. Jara A, Undurraga EA, González C, Paredes F, Fontecilla T, Jara G, et al. Effectiveness of an inactivated SARS-CoV-2 vaccine in Chile. *New England Journal of Medicine*. 2021;385(10):875-84.
62. Cerqueira-Silva T, Katikireddi SV, de Araujo Oliveira V, Flores-Ortiz R, Júnior JB, Paixão ES, et al. Vaccine effectiveness of heterologous CoronaVac plus BNT162b2 in Brazil. *Nature Medicine*. 2022;28(4):838-43.
63. Paternina-Caicedo A, Jit M, Alvis-Guzman N, Fernandez JC, Hernandez J, Paz-Wilches JJ, et al. Effectiveness of CoronaVac and BNT162b2 COVID-19 mass vaccination in Colombia: A population-based cohort study. *The Lancet Regional Health–Americas*. 2022;12.
64. Shao W, Chen X, Zheng C, Liu H, Wang G, Zhang B, et al. Effectiveness of COVID-19 vaccines against SARS-CoV-2 variants of concern in real-world: a literature review and meta-analysis. *Emerging Microbes & Infections*. 2022;11(1):2383-92.
65. Allison P. Event history analysis. *Handbook of data analysis*. 2004:369-86.
66. Toh S, Hernán MA. Causal inference from longitudinal studies with baseline randomization. *The international journal of biostatistics*. 2008;4(1).
67. Schooling CM, Jones HE. Clarifying questions about “risk factors”: predictors versus explanation. *Emerging themes in epidemiology*. 2018;15:1-6.
68. Dutta T, Agle J, Meyerson BE, Barnes PA, Sherwood-Laughlin C, Nicholson-Crotty J. Perceived enablers and barriers of community engagement for vaccination in India: Using socioecological analysis. *Plos one*. 2021;16(6):e0253318.

## ANEXOS

### Anexo 1. GUIA ENTREVISTA ACTORES CLAVE PLAN NACIONAL DE VACUNACIÓN

---

Buenos días, mi nombre es \_\_\_\_\_ Como parte de mi trabajo de Investigación del doctorado en epidemiología de la Universidad de Antioquia estoy realizando una investigación acerca efectividad del Plan Nacional de Vacunación contra el COVID-19. Para lo cual se requiere de conocer diferentes posturas y pensamientos con base en su experiencia y conocimiento del tema. Ante esto, es libre de expresar su opinión sin ningún calificativo de correcto o incorrecto sobre ella.

Para facilitar la recolección de la información y su posterior análisis se grabará en audio la conversación si usted se encuentra de acuerdo.

---

#### 1. Datos Técnicos de la Entrevista

##### 1.1 Datos Generales

Fecha: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ | Hora inicial: \_\_\_m | Hora final: \_\_\_m |  
Duración \_\_\_Min |

---

#### 2. ENTREVISTADO

Entidad: \_\_\_\_\_

Persona entrevistada: \_\_\_\_\_

Función: \_\_\_\_\_

Experiencia: \_\_\_\_\_

---

### 3. DESARROLLO DE LA ENTREVISTA

3.1 Saludo inicial

3.2 Presentación personal entre entrevistado y entrevistador

3.3 Objetivo de la entrevista: Conocer el proceso de implementación del PNV en su municipio.

---

### 4. PREGUNTAS ORIENTADORAS

- **Insumos**

¿Cómo fue la provisión de biológicos para atender el PNV a lo largo de su implementación?

¿Contaba con suficientes biológicos para atender el PNV a lo largo de su implementación?

¿Qué tal fue la disponibilidad de puestos de vacunación a lo largo de su implementación?

¿Qué tal fue la disponibilidad de equipos de vacunación a lo largo de su implementación?

¿Necesito de algún otro tipo de recurso para la implementación del PNV?

¿Cuál era la posición de la población objeto a recibir la vacunación en su territorio?

¿Cómo fue el proceso de pagos para contar con los recursos económicos con los cuales desarrollar y mantener el plan?



- **Actividades**

¿Cuáles eran las principales actividades necesarias para llevar a cabo el PNV a lo largo de su implementación?

¿Se llevo alguna actividad por iniciativa propia para mejorar la implementación del PNV a lo largo de su implementación?

¿En qué modalidades se realizaron estas actividades a lo largo de su implementación?

¿Qué otro tipo de actividades fueron necesarias para la implementación del PNV diferentes a las anteriormente nombradas?

¿Cómo se llevo la vacuna a los grupos priorizados para su pronta cobertura?

¿Qué rutas se diseñaron para que la población pudiera acceder fácilmente a la vacunación en su territorio?

- **Productos**

¿Cuál fue la velocidad de vacunación del PNV a lo largo de su implementación?

¿Cómo avanzo en sus diferentes territorios la cobertura de vacunación del PNV a lo largo de su implementación?

¿Cómo respondieron los grupos vulnerables de su territorio al PNV a lo largo de su implementación?

¿Qué papel asumieron los diferentes actores involucrados en el proceso de vacunación en su territorio?

- **Resultados**

¿Cuáles fueron los principales resultados del PNV en el número de casos de COVID-19 en su territorio a lo largo de la implementación del PNV?

¿Cuáles fueron los principales resultados del PNV en el número de

hospitalizaciones a causa del COVID-19 en su territorio a lo largo de la implementación del PNV?

¿Cuáles fueron los principales resultados del PNV en el número de muertes a causa del COVID-19 en su territorio a lo largo de la implementación del PNV?

- **Resultados finales**

¿Qué cosas se pudieron lograr posterior a la implementación del PNV?

¿Cómo respondió la red hospitalaria posterior a la implementación del PNV?

¿Cómo respondió la dinámica ciudadana posterior a la implementación del PNV?

## Anexo 2. El Código empleado para la construcción del DAG

```
dag {  
bb="0,0,1,1"  
"Acceso a los servicios de salud" [pos="0.538,0.177"]  
"Adherencia a comportamientos protectivos" [latent,pos="0.267,0.476"]  
"Aseguramiento en salud" [pos="0.196,0.190"]  
"Autopercepción de salud" [latent,pos="0.089,0.791"]  
"COVID-19 Inf. Detectada" [outcome,pos="0.358,0.095"]  
"Calidad de atención" [pos="0.924,0.261"]  
"Dinámica de transmisión COVID-19" [pos="0.689,0.790"]  
"Hospitalización COVID-19 " [outcome,pos="0.924,0.080"]  
"Inmunidad natural" [pos="0.491,0.033"]  
"Muerte COVID-19" [outcome,pos="0.929,0.471"]  
"Priorización" [pos="0.270,0.350"]  
"Sujeto susceptible" [latent,pos="0.051,0.100"]  
Ciudad [pos="0.507,0.802"]  
Comorbilidades [pos="0.121,0.372"]  
Edad [pos="0.315,0.661"]  
Refuerzo [pos="0.471,0.449"]  
Sexo [pos="0.426,0.700"]  
Tiempo [pos="0.499,0.715"]  
Vacuna [exposure,pos="0.470,0.343"]  
"Acceso a los servicios de salud" -> "COVID-19 Inf. Detectada"  
"Acceso a los servicios de salud" -> "Calidad de atención"  
"Acceso a los servicios de salud" -> "Hospitalización COVID-19 "  
"Aseguramiento en salud" -> "Acceso a los servicios de salud"  
"Aseguramiento en salud" -> "COVID-19 Inf. Detectada"  
"Aseguramiento en salud" -> "Hospitalización COVID-19 "  
"Aseguramiento en salud" -> "Muerte COVID-19"
```

"Autopercepción de salud" -> "Adherencia a comportamientos protectivos"

"Autopercepción de salud" -> Refuerzo

"Autopercepción de salud" -> Vacuna

"Autopercepción de salud" <-> Comorbilidades

"COVID-19 Inf. Detectada" -> "Hospitalización COVID-19 "

"COVID-19 Inf. Detectada" -> "Muerte COVID-19"

"Calidad de atención" -> "Muerte COVID-19"

"Hospitalización COVID-19 " -> "Calidad de atención"

"Hospitalización COVID-19 " -> "Muerte COVID-19"

"Inmunidad natural" -> "Hospitalización COVID-19 "

"Priorización" -> Vacuna

"Sujeto susceptible" -> "Aseguramiento en salud"

"Sujeto susceptible" -> "Autopercepción de salud"

"Sujeto susceptible" -> Comorbilidades

Ciudad -> "Dinámica de transmisión COVID-19"

Comorbilidades -> "Hospitalización COVID-19 "

Comorbilidades -> "Muerte COVID-19"

Comorbilidades -> "Priorización"

Edad -> "Hospitalización COVID-19 "

Edad -> "Muerte COVID-19"

Edad -> "Priorización"

Edad -> Comorbilidades

Refuerzo -> "Calidad de atención"

Refuerzo -> "Hospitalización COVID-19 "

Refuerzo -> "Muerte COVID-19"

Sexo -> "Autopercepción de salud"

Sexo -> "Hospitalización COVID-19 "

Sexo -> "Muerte COVID-19"

Sexo -> Comorbilidades

Tiempo -> "Dinámica de transmisión COVID-19"

Vacuna -> "Dinámica de transmisión COVID-19"

Vacuna -> "Hospitalización COVID-19 "

Vacuna -> "Muerte COVID-19"

Vacuna -> Refuerzo

}