



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

“Análisis ecológico de las coberturas de vacunación contra la Covid-19 en los 32 departamentos de Colombia durante el 2021”

Laura Cristina Camargo Bermúdez

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina, Maestría en Infecciones y Salud en el Trópico
Bogotá, Colombia
2023

“Análisis ecológico de las coberturas de vacunación contra la Covid-19 en los 32 departamentos de Colombia durante el 2021”

Laura Cristina Camargo Bermúdez

Tesis presentada como requisito para optar al título de:

Magister en Infecciones y Salud en el Trópico

Director (a):

Fernando Pio de la Hoz Restrepo, MD, MSc, PhD.

Profesor Titular,

Facultad de Medicina, Universidad Nacional de Colombia

Co-Director (a):

José Moreno Montoya, MSc, PhD.

Profesor Titular

Departamento de Salud pública, Universidad Industrial de Santander

Línea de Investigación:

Epidemiología de Enfermedades transmisibles

Grupo de Investigación:

Epidemiología y Evaluación en Salud Pública – Universidad Nacional de Colombia

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina, Maestría en Infecciones y Salud en el Trópico

Bogotá, Colombia

2023

DEDICATORIA

A Dios por darme la fuerza de voluntad para continuar a pesar de las dificultades,

A mi madre por creer en mí y por impulsarme a ser mejor cada día,

A mi compañero de vida por su amor y apoyo incondicional

Y a mi familia por su cariño y motivación.

Resumen

La enfermedad del nuevo coronavirus SARS-CoV2 (Covid-19) fue detectada por primera vez en una aldea en China a finales del 2019, ocasionada por un Beta-coronavirus SARS-CoV2, desde entonces el aumento de casos reportados fue de manera exponencial hasta llegar a ser declarada Pandemia (Fierabracci, A, *et al*, 2020). A inicios del 2020 la comunidad científica inició una carrera para desarrollar opciones terapéuticas eficaces para disminuir el número de casos y muertes ocasionadas por la Covid-19 (Vitiello, A. *et al*, 2021). Durante ese año se desarrollaron múltiples vacunas que incluyeron RNAm, vectores virales y virus inactivados, las cuales demostraron disminuir el contagio y los síntomas en personas infectadas con Covid-19 (Vitiello, A. *et al*, 2021). Sin embargo, la vacunación mundial presenta múltiples amenazas, especialmente en los países de medianos y bajos ingresos (PMBI), los cuales tienen menos recursos para acceder a las vacunas necesarias para inmunizar a toda la población (Choi, E. 2021).

En este trabajo se realizó un estudio ecológico descriptivo utilizando un análisis geográfico de las coberturas de vacunación contra Covid-19 (variable dependiente), las tasas de mortalidad por Covid-19 en Colombia (Variable dependiente) y su relación con los factores sociodemográficos (variables independientes) en los 32 departamentos durante el año 2021. Adicionalmente, se realizó un análisis de las medidas de tendencia central, un análisis de regresión lineal simple y múltiple, además de un modelo de Poisson para determinar si existe una relación estadística entre las coberturas de vacunación, las tasas de mortalidad y los factores sociodemográficos. Para lograrlo, se realizó una revisión sistemática de las bases de datos de libre acceso en las páginas del ministerio de salud, el DANE y el instituto nacional de salud (INS).

Se encontró que la mayoría de los departamentos presentaron coberturas de vacunación superiores al 100% siendo San Andrés y Bogotá los departamentos con mayor cobertura de vacunación (207%, 194% respectivamente). En contraste, los departamentos con menor cobertura de vacunación fueron Vichada (52%), Chocó (65%) y Vaupés (78%).

Se analizaron también las tasas de mortalidad departamentales por Covid-19 para el año 2021 y se analizó su relación con las tasas de mortalidad del 2020. Se encontró que en todos los departamentos hubo un aumento significativo de la mortalidad en 2021, comparado con 2020, el cual estaba influenciado por el porcentaje de población rural y población femenina y población mayor o igual a 60 años.

También se evidenció que hay una relación directamente proporcional entre la cobertura de vacunación versus las variables de porcentaje de población total, población mayor o igual a 60 años y población femenina. En contraste, se observó una relación inversamente proporcional entre la cobertura de vacunación y el porcentaje de ruralidad.

Adicionalmente, el modelo de regresión lineal múltiple y el modelo Poisson, presentaron coeficientes muy bajos para la vacunación respecto a las tasas de mortalidad, los cuales pueden no ser estadísticamente significativos y no permiten evidenciar la magnitud de la relación entre las variables. Este efecto pudo ser debido a que los departamentos con mayores coberturas contaban con una mejor infraestructura del sistema de salud, los cuales posiblemente recibieron los casos más graves de Covid-19 remitidos para tratamiento especializado y allí fallecían.

Los resultados aquí presentados muestran que no hay un efecto protector ecológico de la vacunación contra Covid-19 y las tasas de mortalidad por Covid-19 para el año 2021. Sin embargo, los factores sociodemográficos poblacionales como el porcentaje de ruralidad, el género y la edad afectan directamente estas variables para cada departamento de Colombia.

Este trabajo demostró que la vacunación masiva contra el COVID-19 es una herramienta fundamental para controlar la propagación del virus y proteger la salud de la población, especialmente en la población mayor de 60 años y que el avance de la campaña de vacunación en Colombia ha sido un paso importante en la lucha contra la pandemia. Sin embargo, se hace necesario plantear estudios a futuro que evalúen las coberturas del sistema de salud y tengan en cuenta algunos factores sociodemográficos individuales que no se analizaron en este trabajo como el acceso a centros de salud, la ocupación, el nivel de escolaridad y de ingresos, los cuales, según la literatura están relacionados con la vacunación y la mortalidad por Covid-19.

Palabras clave: Covid-19, Estudio ecológico, Vacunación, Tasas de mortalidad

Abstract

The new coronavirus disease SARS-CoV2 (Covid-19) was detected for the first time in a village in China at the end of 2019, caused by a Beta-coronavirus SARS-CoV2. Since then, the increase in reported cases has been exponential until becoming declared a Pandemic (Fierabracci, A, et al, 2020). At the beginning of 2020, the scientific community began a race to develop effective therapeutic options to reduce the number of cases and deaths caused by Covid-19 (Vitiello, A. et al, 2021). During that year, multiple vaccines were developed that included mRNA, viral vectors and inactivated viruses, which were shown to reduce contagion and symptoms in people infected with Covid-19 (Vitiello, A. et al, 2021). However, global vaccination presents multiple threats, especially in low- and middle-income countries (LMIC), which have fewer resources to access the vaccines necessary to immunize the entire population (Choi, E. 2021).

In this work, a descriptive ecological study was carried out using a geographical analysis of vaccination coverage against Covid-19 (dependent variable), mortality rates from Covid-19 in Colombia (dependent variable) and their relationship with sociodemographic factors (independent variables) in the 32 departments during the year 2021. In addition, an analysis of the measures of central tendency, a simple and multiple linear regression analysis, in addition to a Poisson model was carried out to determine if there is a statistical relationship between the coverage of vaccination, mortality rates and sociodemographic factors. To achieve this, a systematic review of the freely accessible databases on the pages of the Ministry of Health, DANE and the National Institute of Health (INS) was carried out.

It was found that the majority of the departments presented vaccination coverage greater than 100%, with San Andrés and Bogotá being the departments with the highest vaccination coverage (207%, 194% respectively). In contrast, the departments with the lowest vaccination coverage were Vichada (52%), Chocó (65%) and Vaupés (78%).

The departmental mortality rates due to Covid-19 for the year 2021 were also analyzed and their relationship with the mortality rates of 2020 was analyzed. It was found that in all departments there was a significant increase in mortality in 2021, compared to 2020. which was influenced by the percentage of rural population and female population and population greater than or equal to 60 years of age. It is also evident that there is a directly proportional relationship between vaccination coverage versus the variables of percentage of total population, population greater than or equal to 60 years of age, and female population. In contrast, an inversely proportional relationship will be observed between vaccination coverage and the percentage of rurality.

Furthermore, the multiple linear regression model and the Poisson model presented very low coefficients for vaccination with respect to mortality rates, which may not be statistically significant and do not allow us to show the magnitude of the relationship between the variables. This effect could be due to the fact that the departments with greater coverage had better health system infrastructure, which possibly received the most serious cases of Covid-19 referred for specialized treatment and died there.

The results presented here show that there is no ecological protective effect of vaccination against Covid-19 and mortality rates from Covid-19 for the year 2021. However, population sociodemographic factors such as the percentage of rurality, gender and Age directly affects these variables for each department of Colombia.

This work demonstrated that mass vaccination against COVID-19 is a fundamental tool to control the spread of the virus and protect the health of the population, especially in the population over 60 years of age and that the progress of the vaccination campaign in Colombia has been an important step in the fight against the pandemic. However, it is necessary to propose future studies that evaluate the coverage of the health system and take into account some individual sociodemographic factors that were not analyzed in this work, such as access to health centers, occupation, level of education and income, which, according to the literature, are related to vaccination and mortality from Covid-19. **Keywords:** Covid-19, Ecological study, Vaccination, Mortality rates

CONTENIDO

1. LISTA DE TABLAS.....	12
2. LISTA DE FIGURAS.....	14
3. INTRODUCCIÓN	16
4. MARCO CONCEPTUAL	17
4.1 SARS-CoV2 y el origen del Covid-19.....	17
4.2 Estructura y genoma del SARS-Cov2.....	18
4.3 Infección y ciclo de replicación del SARS Cov-2.....	19
4.4 Epidemiología y Tasas de mortalidad en el mundo.....	20
4.5 Epidemiología y Tasas de mortalidad en Colombia.	21
4.6 Introducción de las vacunas contra el SARS-CoV2	23
4.7 Dificultades de la vacunación contra Covid-19.....	25
4.8 Vacunación contra Covid-19 y los factores ecológicos y sociodemográficos.	27
5. ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	31
6. OBJETIVOS.....	33
6.1 Objetivo General.....	33
6.2 Objetivos Específicos	33
7. METODOLOGÍA	33
7.1 Tipo de Estudio.....	33
7.2 Población de Estudio	34
7.3 Fuentes de información	35
7.4 Análisis descriptivo de la relación entre las variables.....	36
7.4.1. Tasa de Mortalidad por Covid-19	36
7.4.2. Coberturas de vacunación contra Covid-19.....	37
7.4.3. Porcentajes de población Urbana y Rural	37
7.4.4. Análisis Estadístico	38
8. RESULTADOS.....	41
8.1 Coberturas de vacunación por departamento durante el 2021.....	41
8.2 Tasas de mortalidad por covid-19 por departamento durante el 2021.....	47
8.3 Factores sociodemográficos de cada departamento.....	52
8.3.1. Distribución de la población por género y edad por departamento	52
8.3.2. Distribución de la población por densidad poblacional (urbano y rural) por departamento.....	54
9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	56
9.1 Análisis de regresión lineal simple	56
9.1.1. Regresión lineal de las coberturas de vacunación de los 32 departamentos durante el 2021 vs los factores sociodemográficos seleccionados.....	56

9.1.2. Regresión lineal de la tasa de mortalidad por Covid-19 de los 32 departamentos durante el 2021	59
9.2. Análisis de regresión lineal múltiple.....	62
9.2.1. Asociación entre las coberturas de vacunación y los factores sociodemográficos seleccionados.....	62
9.2.2. Asociación entre la tasa de mortalidad del 2021 de los departamentos vs los factores sociodemográficos seleccionados.....	64
9.2.3. Asociación entre la tasa de mortalidad del 2021 de los departamentos y las coberturas de vacunación.....	65
9.3. Modelo estadístico de Poisson	66
9.3.1. Modelo 1: Poisson para mortalidad según año y porcentaje de ruralidad	66
9.3.2. Modelo 2: Poisson para mortalidad omitiendo el año con los factores sociodemográficos seleccionados	67
10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	68
11. CONCLUSIONES	77
12. BENEFICIOS Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	82
13. CONFLICTO DE INTERESES.	84
14. BIBLIOGRAFÍA	84
15. ANEXOS.....	92

1. LISTA DE TABLAS

TABLA 1. Epidemiología del covid-19 con corte al 03 de enero del 2021.....	21
TABLA 2. Carga de enfermedad por covid-19 de los 50 países más afectados.....	28
TABLA 3. Factores sociodemográficos seleccionados.....	35
TABLA 4. Análisis de las coberturas de vacunación por departamentos según los cuartiles determinados.....	43
TABLA 5. Distribución de datos de los porcentajes de las coberturas de vacunación.....	43
TABLA 6. Distribución de datos del total de las vacunas Pfizer y Sinovac.....	44
TABLA 7. Análisis del porcentaje de participación de las vacunas Pfizer y Sinovac según los cuartiles determinados.....	45
TABLA 8. Análisis bivariado de los departamentos agrupados dentro de los cuartiles del porcentaje de participación de Pfizer versus los departamentos agrupados dentro de los cuartiles del porcentaje de participación de Sinovac.....	45
TABLA 9. Distribución de datos de los porcentajes de las coberturas de vacunación.....	49
TABLA 10. Análisis de las tasas de mortalidad por departamento del 2020 y 2021 según los cuartiles determinados.....	49
TABLA 11. Análisis bivariado de los departamentos agrupados dentro de los cuartiles de las tasas de mortalidad del 2020 versus los departamentos agrupados dentro de los cuartiles de las tasas de mortalidad 2021.....	50
TABLA 12. Análisis bivariado de los departamentos agrupados dentro de los cuartiles de las coberturas de vacunación versus los departamentos agrupados dentro de los cuartiles de las tasas de mortalidad 2021.....	51
TABLA 13. Regresión lineal múltiple de las coberturas de vacunación versus los factores sociodemográficos seleccionados.....	62

TABLA 14. Regresión lineal múltiple de las coberturas de vacunación versus los factores sociodemográficos seleccionados sin la variable de la población femenina.....	63
TABLA 15. Regresión lineal múltiple de la tasa de mortalidad por Covid-19 en el año 2021 versus los factores sociodemográficos seleccionados.....	64
TABLA 16. Regresión lineal múltiple de la tasa de mortalidad por Covid-19 en el año 2021 versus las coberturas de vacunación y los factores sociodemográficos seleccionados.....	65
TABLA 17. Modelo de Poisson de mortalidad por Covid-19 según año y porcentaje de ruralidad.....	66
TABLA 18. Modelo de Poisson de la mortalidad por Covid-19 y porcentaje de ruralidad omitiendo la variable del año.....	67

2. LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Porcentaje de casos confirmados en Colombia según sexo y edad.....	22
FIGURA 2. Porcentaje de casos confirmados en Colombia según estrato socioeconómico.....	22
FIGURA 3. Las cuatro dimensiones de la estrategia global y efectiva contra la covid-19.....	26
FIGURA 4. Porcentaje de participación de cada vacuna contra Covid-19 por cada departamento de Colombia 31/12/2021.....	41
FIGURA 5. Cobertura total en porcentaje de vacunación contra COVID19 por departamento al 31/12/2021.....	42
FIGURA 6. Tasa de mortalidad por COVID-19 por departamento a diciembre de 2020 Y 2021.....	47
FIGURA 7. Porcentaje de aumento de la tasa de mortalidad por COVID-19 entre el año 2020 Y 2021 para cada departamento de Colombia.....	47
FIGURA 8. Porcentaje de hombres y mujeres en la población Colombia – 2021.....	52
FIGURA 9. Distribución de la población colombiana por grupo etario en porcentaje.....	53
FIGURA 10. Porcentaje de población urbana y rural por departamento durante el 2021.....	54
FIGURA 11. Distribución de la población urbana por departamento al 2021 según proyecciones del censo nacional de 2018.....	55
FIGURA 12. Distribución de la población rural por departamento al 2021 según proyecciones del censo nacional de 2018.....	55
FIGURA 13. Regresión lineal del porcentaje de la población total de cada departamento vs el porcentaje de cobertura de vacunación durante el 2021.....	57
FIGURA 14. Regresión lineal del porcentaje de la población mayor o igual a 60 años de cada departamento vs el porcentaje de cobertura de vacunación durante el 2021.....	57

FIGURA 15. Regresión lineal del porcentaje de población femenina y masculina de cada departamento vs el porcentaje de cobertura de vacunación durante el 2021.....58

FIGURA 16. Regresión lineal del porcentaje de la población total de cada departamento vs la tasa de mortalidad por covid-19 durante el 2021.....59

FIGURA 17. Regresión lineal del porcentaje de la población mayor o igual a 60 años de cada departamento vs la tasa de mortalidad por covid-19 durante el 2021.....60

FIGURA 18. Regresión lineal del porcentaje de la población femenina y masculina de cada departamento vs la tasa de mortalidad por covid-19 durante el 2021.....61

3. INTRODUCCIÓN

El SARS-Cov2 es un Beta-coronavirus causante de la enfermedad del nuevo coronavirus (Covid-19) reportado por primera vez en Wuhan, China a finales del año 2019 (Fierabracci, A, *et al*, 2020). El SARS-CoV2 es una partícula viral esférica envuelta en una membrana lipídica que contiene RNA de cadena sencilla positiva (RNAss+), dentro de una cápside nucleoprotéica. Su membrana cuenta con varias proteínas ancladas, encargadas de dar estructura e interactuar con la célula hospedera (Mousavizadeh, L. & Ghasemi, S., 2021).

Según los datos reportados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), al 31 de diciembre de 2021 se reportaron 1.868.720 casos confirmados con 6983 muertes registradas a nivel mundial. Para el 3 de enero de 2022, se reportó un total de 16.117.474 casos confirmados con Covid-19 y 91.363 muertes a nivel mundial (WHO, 2023). El Instituto Nacional de Salud en Colombia registró 17.115 casos de Covid-19 confirmados a principios de 2021 con 548 muertes confirmadas, sin embargo, para diciembre del mismo año se registraron 3.526.166 casos de Covid-19 confirmados con 80.347 muertes confirmadas (Instituto Nacional de Salud., 2023).

A partir de la declaración de pandemia en el 2020 y el creciente número de casos confirmados, la comunidad científica concentró todos sus esfuerzos en encontrar una vacuna eficaz para prevenir la infección, disminuir los signos y síntomas de la Covid-19 (Vitiello, A. *et al*, 2021). Usando diferentes métodos científicos como el RNAm, vectores virales y virus inactivados, se lograron desarrollar diferentes vacunas que mostraron eficacia para disminuir la infección, los signos y síntomas de la enfermedad (Vitiello, A. *et al*, 2021).

No obstante, el entorno socioeconómico puede ser un determinante para que las poblaciones sean más propensas a la propagación y el incremento de la patogenicidad de

los agentes infecciosos (Su, D., *et al*, 2020). Según Kashte S., *et al*, la efectividad de los programas de inmunización puede verse afectada por las coberturas de vacunación, el acceso a los sistemas de salud, los costos asociados, y otros factores sociodemográficos que no están directamente relacionados con la síntesis o composición de la vacuna (Kashte S., *et al*, 2021).

Adicionalmente, al 30 de enero de 2021 se reportaron 2,2 millones de muertes en todo el mundo y dentro de los 50 países con mayor carga de morbilidad, 30 de estos son de medianos o bajos ingresos (Países de Medianos y Bajos Ingresos, PMBI) según la clasificación de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD), los cuales aportan más de la mitad de los casos y muertes reportados (Choi, E. 2021).

En el presente proyecto se pretende evaluar la cobertura del plan nacional de vacunación implementado durante el 2021 y su relación con los factores sociodemográficos y las tasas de mortalidad por Covid-19, con fecha de corte al 31 de diciembre de 2021.

De lo anterior, surgen las siguientes preguntas de investigación: ¿Existe alguna relación entre los factores sociodemográficos y las coberturas de vacunación contra Covid-19 en los 32 departamentos de Colombia? y ¿Las coberturas de vacunación tienen algún impacto en el comportamiento de la mortalidad durante el año 2021?

4. MARCO CONCEPTUAL

4.1 SARS-CoV2 y el origen del Covid-19

La enfermedad del nuevo coronavirus de 2019 (Covid-19 por su nombre en inglés Coronavirus Disease 2019) fue descrita a finales del 2019 como una neumonía infecciosa que se esparció rápidamente alrededor del mundo y que posteriormente se declaró pandemia (Fierabracci, A, *et al*, 2020). Se determinó que el SARS-CoV2 era

el virus causante de la Covid-19 y fue reportado por primera vez durante un brote inusual de neumonía viral en Wuhan – China, a finales del 2019 (Ravi, V, et al, 2022).

Al realizar estudios filogenéticos se determinó que este virus era un Coronavirus y que estaba estrechamente relacionado con los Beta-coronavirus, dentro de los cuales también se encuentra en SARS-CoV (Mohamadian, M., *et al*, 2021). Al estudiar más de cerca la relación filogenética del SARS-CoV2 y las similitudes en los mecanismos de replicación con el SARA-CoV, se logró identificar a este nuevo coronavirus como un integrante más de los Beta-coronavirus y se le otorgó el nombre de SARS-CoV2 (Kirtipal, N., *et al*, 2020).

Cabe resaltar que los coronavirus son virus desnudos que pertenecen a la familia Coronaviridae, los cuales generalmente se asocian con infecciones zoonóticas. No obstante, en las últimas 2 décadas se han reportado epidemias significativas ocasionadas por 3 coronavirus diferentes, lo cual refleja la importancia epidemiológica de esta familia de virus (Mohamadian, M., *et al*, 2021). El SARS-CoV y MERS-CoV fueron los coronavirus de mayor relevancia epidemiológica durante el siglo XXI, con tasas de mortalidad 9,5% y 34,4% respectivamente, hasta el reciente descubrimiento del SARS-CoV2 en diciembre del 2019 (Mohamadian, M., *et al*, 2021).

4.2 Estructura y genoma del SARS-Cov2

Durante el primer brote registrado, los científicos chinos lograron aislar el virus de varias muestras de pacientes afectados y con la ayuda de bases de datos genéticas, lograron definir su código genético y su estrecha relación con los beta-coronavirus (Fierabracci, A, *et al*, 2020).

El SARS-CoV2 es una partícula viral esférica, envuelta en una membrana lipídica que contiene RNA de cadena sencilla positiva (RNAss+), envuelta por una cápside proteica (nucleoproteína). En su membrana cuenta con varias proteínas ancladas, encargadas de dar estructura e interactuar con la célula hospedera (Mousavizadeh, L. & Ghasemi,

S., 2021). Adicionalmente, los beta-coronavirus se caracterizan principalmente por su morfología similar a una corona, gracias a las glicoproteínas S de superficie (Spike). La proteína Spike está compuesta por 2 subunidades: S1 y S2, y es la proteína encargada de interactuar con la célula hospedera y completar la primera fase de la infección. Así pues, la S1 es la subunidad de unión al receptor, involucrada en el reconocimiento y adherencia a la célula hospedera, mientras que la S2 es la subunidad de fusión de membranas para que el ácido nucleico viral ingrese a la célula (Fierabracci, A, *et al*, 2020).

Por otra parte, los coronavirus son los virus de RNA con los genomas más extensos y cuentan con varios genes conservados que codifican para varios marcos de lectura abiertos (ORFs por sus siglas en inglés) bastante conservados, lo cual hace su identificación genética mucho más sencilla (Mousavizadeh, L. & Ghasemi, S., 2021).

En su genoma se logran identificar seis ORFs, los cuales codifican para aproximadamente 16 proteínas no estructurales y proteínas estructurales y accesorias. Todas las proteínas estructurales, incluyendo la proteína Spike, están codificadas en los ORFs del extremo 3' terminal. (Mousavizadeh, L. & Ghasemi, S., 2021).

4.3 Infección y ciclo de replicación del SARS Cov-2

La infección de la célula hospedera se logra gracias a la proteína Spike, la cual cuenta con un dominio de unión al receptor (RBD) en la subunidad S1, el cual permite la interacción de la partícula viral con el receptor celular ACE2. Posteriormente, para completar el proceso de fusión de membranas y permitir la entrada del material genético a la célula, la proteína S es clivada por una proteasa llamada TMPRSS2 (Serin proteasa transmembranal 2), la cual está presente en la célula hospedera y que induce a cambios conformacionales en la subunidad S2 de la Spike (Fierabracci, A, *et al*, 2020).

Una vez se completa la unión y la fusión de las membranas, el material genético ingresa a la célula, este se desprende de la nucleocápside y el RNAss+ queda libre en el citosol. La célula hospedera reconoce este material genético como RNAm, dado que tiene una Cap en su extremo 5' y una cola poliA en su extremo 3' y la misma polaridad que el RNAm; por lo que la célula dispone toda su maquinaria de traducción para producir proteínas estructurales y no estructurales (Fierabracci, A, *et al*, 2020).

Las proteínas no estructurales dan lugar al complejo proteico de replicación o (RTC por sus siglas en inglés), dentro del cual se unen otras proteínas celulares para iniciar la replicación del genoma viral. Finalmente, las proteínas estructurales y el genoma viral replicado se empaquetan a través de su paso por el retículo endoplasmático y el aparato de Golgi formando los nuevos viriones que son transportados por exocitosis hacia la membrana celular donde es liberado de la célula hospedera (Fierabracci, A, *et al*, 2020).

A medida que avanza la enfermedad, la comunidad científica puede establecer la historia natural del Covid-19, junto con sus manifestaciones clínicas. Recopilando la información de los estudios de casos a lo largo de diferentes países, se puede evidenciar que las manifestaciones clínicas de la Covid-19 varían desde una enfermedad respiratorio superior leve o asintomática, hasta una enfermedad respiratoria complicada y fatal, con neumonía y síndrome de diestres respiratorio (Melenotte, C., *et al*, 2020).

4.4 Epidemiología y Tasas de mortalidad en el mundo

Según los datos reportados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), al 31 de diciembre de 2021 se reportaron 1.868.720 casos confirmados a nivel mundial, con 6983 muertes registradas a nivel mundial. Para el 3 de enero de 2022, se reportaron un total de 16.117.474 casos confirmados con Covid-19 y 91.363 muertes a nivel mundial (WHO, 2023).

Adicionalmente, la OMS reportó 7.758.604 casos confirmados de Covid-19 en la región europea y 6.457.822 casos confirmados en la región de las américas; regiones que registraron el mayor número de fallecidos por Covid-19 (WHO, 2023).

Tabla 1.

Epidemiología del Covid-19 con corte al 03 de Enero del 2021

REGIÓN	CASOS CONFIRMADOS	MUERTES REGISTRADAS
EUROPA	7.758.123	37.652
AMERICAS	6.457.822	42.442
PACÍFICO OESTE	737.685	831
SUDESTE ASIÁTICO	699.635	3.312
MEDITERRÁNEO ORIENTAL	204.865	2.790
AFRICA	259.344	4.336
TOTAL	16.117.474	91.363

Elaboración Propia. Datos tomados de (World Health Organization, 2023)

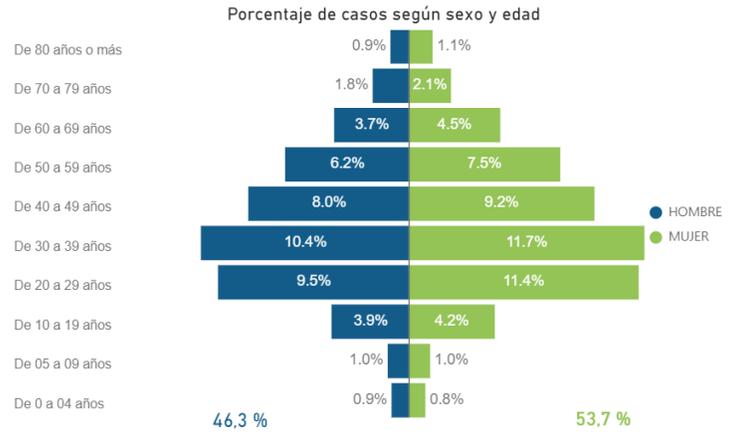
Estados Unidos y Brasil fueron los países de las américas con mayor número de casos confirmados, registrando 1.103.936 y 697.674 muertes respectivamente. Sin embargo, al corte del 27 de enero de 2022, se administraron un total de 661.064.315 y 500.646.783 dosis aplicadas respectivamente (WHO, 2023).

4.5 Epidemiología y Tasas de mortalidad en Colombia.

El comportamiento epidemiológico en Colombia a principios de 2021 registró 17.115 casos de Covid-19 confirmados con 548 muertes confirmadas, sin embargo, para diciembre del mismo año, se registraron 3.526.166 casos de Covid-19 confirmados, con 80.347 muertes confirmadas (Instituto Nacional de Salud., 2023).

Figura 1.

Porcentaje de casos confirmados en Colombia según sexo y edad con corte a diciembre de 2021

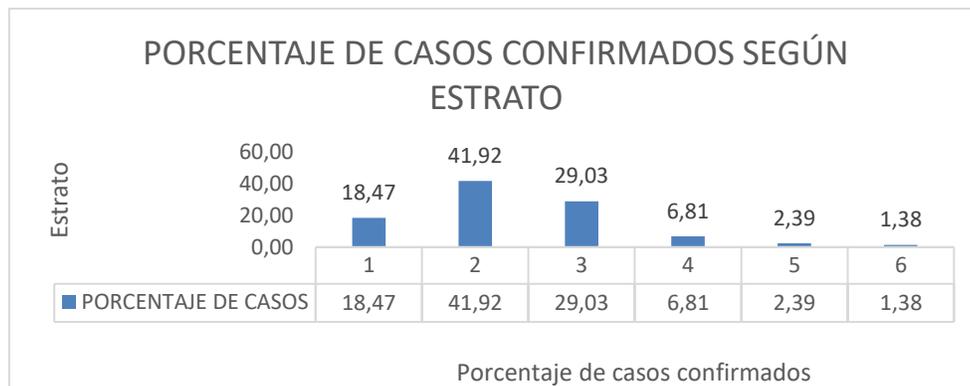


Tomado de: (Instituto Nacional de Salud., 2023)

Adicionalmente, en la imagen podemos observar que el porcentaje de casos confirmados registrados por cada grupo etario demuestra que el mayor número de casos confirmados se registró en el grupo de 30 a 39 años, siendo las mujeres quienes registraron un 53,7% y los hombres un 46,3% del total de casos registrados (Instituto Nacional de Salud., 2023).

Figura 2.

Porcentaje De Casos Confirmados En Colombia Según Estrato Socioeconómico con corte a diciembre 2021



Elaboración Propia. Datos tomados de (Instituto Nacional de Salud., 2023)

Por otra parte, el estrato socioeconómico con mayor porcentaje de casos confirmados fue el estrato 2 con un 43,58%, seguido del estrato 3 con un 28,93 y el estrato 1 con un 19,38% del total de los casos confirmados. Cabe resaltar que los estratos 4, 5 y 6 son los que aportan menos del 10% del total de los casos confirmados (Instituto Nacional de Salud., 2023).

4.6 Introducción de las vacunas contra el SARS-CoV2

A raíz de la declaración de pandemia en el 2020 y el creciente número de casos confirmados, la comunidad científica concentró todos sus esfuerzos en encontrar la manera de prevenir la infección ocasionada por el SARS-CoV2. La necesidad inminente de una vacuna eficaz para prevenir la infección y disminuir los signos y síntomas de la Covid-19 (Vitiello, A. *et al*, 2021).

Usando diferentes plataformas tecnológicas como el RNAm, vectores virales y virus inactivados, se lograron obtener diferentes vacunas que mostraron ser eficaces para disminuir la infección, los signos y síntomas y de manera indirecta disminuyen la transmisión del virus entre la población (Vitiello, A. *et al*, 2021).

Por ejemplo, la vacuna de RNAm elaborada por la casa comercial Pfizer/BioNTech BNT162b2 confiere un 95% de protección contra la Covid-19 en personas mayores de 16 años de edad (Vitiello, A. *et al*, 2021). La vacuna de vector viral elaborada por la casa comercial Astrazeneca demostró alrededor de un 70% de eficacia contra síntomas severos de la Covid-19, mientras que la vacuna de virus inactivados de la casa comercial J&J logró prevenir la infección con SARS-CoV2 en un 66% (Vitiello, A. *et al*, 2021).

Gracias a la vacunación masiva, se demostró que la transmisibilidad del virus disminuyó considerablemente, pues las personas vacunadas tienen menos probabilidades de infección y aquellos vacunados que fueron infectados, presentan

una carga viral de 2 a 4 veces menor que aquellas personas no vacunadas. Lo que disminuye la capacidad de transmisión del virus entre personas susceptibles (Vitiello, A. *et al*, 2021).

La primera etapa de vacunación en Colombia inició el 17 de febrero de 2021 y estaba dirigida principalmente a personas de 80 años o mayores, personal de la salud, cuya actividad principal fuera la atención a pacientes con diagnóstico confirmado de Covid-19. La cobertura de esta primera etapa era de 1.453.431 personas vacunadas a nivel nacional, con al menos 1 dosis (MINSALUD, 2023).

La segunda etapa de vacunación en Colombia dio inicio el 8 de marzo de 2021 y estaba dirigida principalmente a la población de 60 años a 79 años de edad, todo el talento humano del área de la salud, estudiantes y docentes de las áreas de la salud de cualquier nivel de complejidad que no fueron vacunados en la etapa 1. La cobertura de esta primera etapa era de 6.620.274 personas vacunadas con al menos 1 dosis (MINSALUD, 2023).

La tercera etapa de vacunación en Colombia inició el 22 de mayo de 2021 y estaba dirigida principalmente a la población de 50 a 59 años de edad, personas de 12 a 59 años que presentaran alguna comorbilidad, personal de atención a la primera infancia, docentes y educadores, fuerza pública, trabajadores de funerarias y personal portuario. Para esta etapa, la cobertura era de 9.325.566 personas vacunadas con al menos 1 dosis, para una cobertura total de las 3 etapas iniciales de 17.399.566 personas vacunadas con al menos 1 dosis (MINSALUD, 2023).

La cuarta y la quinta etapa iniciaron el 17 de junio y 17 de julio respectivamente, las cuales pretendían cubrir las poblaciones que no fueron vacunadas dentro de las 3 primeras etapas iniciales y cuya cobertura estimada era de 8.436.318 y 15.750.703 personas vacunadas, respectivamente. Al finalizar estas 5 etapas, la cobertura

estimada debía ser de 41.586.587 personas vacunadas con al menos una dosis (MINSALUD. 2023).

4.7 Dificultades de la vacunación contra Covid-19

A pesar de que las vacunas existentes demostraron una eficacia superior al 50% en la prevención de la infección y la disminución de formas graves de Covid-19; los esquemas de vacunación, las coberturas de los sistemas de salud y los factores sociodemográficos de la población pueden representar problemas potenciales para alcanzar la tan anhelada inmunidad de rebaño (Kashte S., *et al*, 2021).

Adicionalmente, el entorno socioeconómico influye significativamente en la salud de los individuos y las comunidades, así como también contribuyen con la ecología de las enfermedades infecciosas (Su, D., *et al*, 2020). En este caso, el entorno socioeconómico puede ser un determinante para que las poblaciones sean más propensas a la propagación y el incremento de la patogenicidad de los agentes infecciosos (Su, D., *et al*, 2020).

Los ensayos clínicos y los modelos biológicos sugieren que las vacunas deberán tener una eficacia superior al 70%, para erradicar la infección en condiciones ideales. Desafortunadamente, las diferencias entre poblaciones y las dificultades para acceder a las vacunas hacen que las condiciones óptimas no se logren. Gracias a los estudios clínicos, se demostró también que una eficacia menor al 70% pueden contribuir a disminuir los síntomas de la infección, pero se deberían tomar medidas adicionales como el distanciamiento social para lograr la erradicación del virus (Kashte S., *et al*, 2021).

En consecuencia, la eficacia de una vacuna se puede establecer según la protección otorgada contra el agente infeccioso de manera directa (individual) y de manera indirecta (poblacional). No obstante, la efectividad de los programas de inmunización

puede verse afectada por las coberturas de vacunación, el acceso a los sistemas de salud, los costos asociados, y otros factores sociodemográficos que no están directamente relacionados con la síntesis o composición de la vacuna (Kashte S., *et al*, 2021).

Adicionalmente, las variantes emergentes del virus son de interés epidemiológico y amenazan el propósito fundamental de la vacunación, pues se ha demostrado que algunas de estas variantes como por ejemplo las variantes Alpha (501Y.V1), Beta (501Y.V2), Gamma (501Y.V3) y Delta (G/478K.V1), entre otras, demostraron una capacidad incrementada de transmisión y la mortalidad (Fiolet, T. *et al*. 2022).

Wouters, O. J., *et al*, señala que la manufactura de las vacunas a gran escala por los países de altos ingresos y el acaparamiento de las vacunas por estos mismos, seguido de la necesidad de control y distribución equitativa de las vacunas a nivel mundial es importante, son los pilares de una estrategia eficaz para lograr la inmunización contra la Covid-19 a nivel mundial (Wouters, O. J., *et al*, 2021).

Figura 3.



Tomado de: (Wouters, O. J., *et al*, 2021)

En la figura 3. Wouters, O. J., *et al*, menciona las cuatro dimensiones esenciales de lo que sería la estrategia mundial eficaz para erradicar la Covid-19: Producción y desarrollo, Accesibilidad, Asignación y Despliegue (Wouters, O. J., *et al*, 2021). El primer

pilar señala la necesidad de producir vacunas seguras y eficaces a gran escala, donde varios países invirtieron sus propios recursos e infraestructura para lograrlo (Wouters, O. J., *et al*, 2021).

Esto está directamente relacionado con el segundo pilar de accesibilidad, lo cual debe garantizar que no solamente los países productores de las vacunas, que son aquellos que tienen más recursos, sean los únicos que tengan acceso a las vacunas, sino que estas sean distribuidas equitativamente a todos los países incluyendo aquellos con menos recursos económicos (Wouters, O. J., *et al*, 2021).

El tercer pilar también está relacionado con el anterior y señala que las vacunas deberán ser asignadas y priorizadas a las personas que más lo necesiten, esto incluye personal de la salud, adultos mayores y personas con comorbilidades, sin importar su país de origen o los intereses políticos y económicos. Finalmente, el cuarto pilar podría ser uno de los más importantes, el cual determina que las vacunas que han sido producidas en gran escala lleguen a cada rincón del mundo, sin importar las condiciones geográficas o políticas del país de destino (Wouters, O. J., *et al*, 2021).

4.8 Vacunación contra Covid-19 y los factores ecológicos y sociodemográficos.

Al 30 de enero de 2021 se reportaron 2,2 millones de muertes en todo el mundo y dentro de los 50 países con mayor carga de morbilidad, 30 de estos son de medianos o bajos ingresos (Países de Medianos y Bajos Ingresos, PMBI) según la clasificación de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD), los cuales aportan más de la mitad de los casos y muertes reportados (Choi, E. 2021).

Tabla 2.

Carga de enfermedad por Covid-19 de los 50 países más afectados con corte a diciembre de 2020

Los 50 países más afectados por el Covid-19	Casos reportados	% Casos reportados	Muertes Reportadas	% Muertes Reportadas
PAÍSES DESARROLLADOS	47.578.966	50	946.339	45
PAÍSES EN DESARROLLO	8.010.550	8	168.162	8
PAÍSES CON MEDIANOS Y BAJOS INGRESOS	40.517.910	42	968.049	46
TOTAL	96.107.426	100	2.082.550	100

Elaboración propia, Datos tomados de (Choi, E. 2021)

No obstante, a pesar del desarrollo de las vacunas contra la Covid-19, no todos los países tienen acceso equitativo a las vacunas, en especial los países PMBI y tampoco cuentan con la infraestructura o capacidad económica para poder producirlas (Choi, E. 2021), razón por la cual, estos países quedan sujetos a la disponibilidad de vacunas los países desarrollados. Claramente, cada uno de los países manufactureros prioriza sus connacionales, antes de brindar las dosis a extranjeros (Choi, E. 2021).

Según el Centro de Innovación para la Salud Global, el 65% de las dosis de vacunación contra Covid-19 disponibles a nivel global, están destinadas para los países de altos ingresos, aún cuando estos solamente representan el 16% de la población mundial. En la figura podemos observar la comparación entre la demanda global de vacunas vs las poblaciones, donde el 84% de la población mundial representa solamente el 36% de la demanda global de vacunas (Choi, E. 2021).

Por otra parte, para garantizar la distribución equitativa de las vacunas a nivel mundial, la Organización Mundial de la Salud (WHO por sus siglas en inglés), creó la iniciativa COVAX para asegurar el acceso a las vacunas en los países de medianos y bajos ingresos. Dentro de los países miembros de COVAX incluyen 78 países de altos ingresos que tienen inversiones de autofinanciamiento y 92 países de medianos y

bajos ingresos, que están siendo apoyados a través de la ayuda (Peacocke, E., *et al*, 2021).

Gracias a esta iniciativa COVAX se logra coordinar la vacunación de las poblaciones vulnerables y de alto riesgo entre los países integrantes, incluyendo los trabajadores de atención médica de primera línea en todo el mundo, mediante la distribución de 2 mil millones de dosis de vacunas para fines de 2021 (Peacocke, E., *et al*, 2021).

Según un estudio realizado por Ali, H. A., se encuentran diferencias entre la accesibilidad a las vacunas de Covid-19 entre las zonas urbanas y rurales, especialmente en países como Brasil, Etiopía, Camerún, India entre otros, se evidenció una mayor cobertura de vacunación en zonas urbanas en comparación con zonas rurales, lo cual se debe en gran parte al acceso a los centros de vacunación y las coberturas del sistema de salud en general (Ali, H. A., *et al*, 2021).

Se destacan diferentes problemas asociados a las coberturas de vacunación como los costos del transporte adecuado y el acceso a las zonas rurales más apartadas en países como Afganistán, Mozambique, Nepal y Togo, han llevado al abandono de los esfuerzos por completar las coberturas de vacunación en dichos países (Ali, H. A., *et al*, 2021).

Adicionalmente, Ali, H. A. también identifica algunos factores sociodemográficos relacionados con la accesibilidad y las coberturas de vacunación en los países con discrepancias entre las zonas urbanas y rurales, tales como el género, la edad, el lugar de nacimiento, la religión y el origen étnico y/o la casta. Sin embargo, el impacto de estos factores varía significativamente según el país, la región y el año (Ali, H. A., *et al*, 2021).

Morales, D. X., señala que el género es un factor que puede estar relacionado con el rechazo a la vacunación, según una encuesta realizada en línea en EEUU durante

mayo del 2020, las mujeres estaban menos dispuestas a recibir la vacuna de Covid-19, en comparación con los hombres, lo cual coincidió con los resultados en otros estudios a nivel mundial (Morales, D. X., *et al*, 2022).

Por otra parte, Hosseinipour, M. C. señala que el grado de escolaridad y el conocimiento del Covid-19 que tienen las personas, también es un factor asociado con el acceso a las vacunas (Hosseinipour, M. C., *et al*, 2021). Las personas con un grado de conocimiento alto frente a Covid-19, son más propensas a adquirir el esquema de vacunación completo a comparación de las personas con un bajo grado de conocimiento, las cuales manifiestan incredulidad por la falta de eficacia de la vacuna y miedo a los efectos secundarios que la vacuna podría ocasionarles (Hosseinipour, M. C., *et al*, 2021) (Morales, D. X., *et al*, 2022).

Un estudio realizado por McElfish, P. A., *et al*, menciona que la aceptación de las vacunas en una zona rural de Estados Unidos puede estar relacionada con diferentes factores sociodemográficos como la edad, el género, la raza, la educación, y los ingresos (McElfish, P. A., *et al*, 2021). De tal forma que las personas que se rehusaban a vacunarse tienden a ser del género masculino y de raza negra afroamericana. Igualmente, las personas con menores ingresos y menor grado de escolaridad presentaron mayor variabilidad entre la infección, muerte y las coberturas de vacunación. También informaron que las personas que viven en áreas rurales tienen una mayor desconfianza y menor probabilidad de adquirir la vacuna contra Covid-19, en comparación con las personas que viven en áreas urbanas (McElfish, P. A., *et al*, 2021).

Para complementar esta idea, el estudio realizado por Echoru, I., *et al*, resalta que la reticencia a la vacunación también está relacionada con la desconfianza en los expertos en salud, la propaganda social y los mitos que circulan a través de las redes sociales, los cuales se multiplican cada vez más rápido por aquellas personas con un bajo grado de escolaridad (Echoru, I., *et al*, 2021).

López-Gay, A., *et al*, resaltan la importancia de los factores sociodemográficos como la edad, raza y género, como aquellos que pueden influenciar la incidencia del Covid-19. Adicionalmente, la transmisión se ve incrementada en por la densidad poblacional en un área determinada. Incluso los factores individuales como el grado de escolaridad, tipo de ocupación y los ingresos económicos pueden determinar el riesgo de infección con SARS-CoV2 (López-Gay, A., *et al*, 2022).

5. ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.

Teniendo en cuenta que el primer caso positivo para Covid-19 en Colombia fue reportado el 06 de marzo de 2020 en la capital (Bogotá D.C.) y que al finalizar el 2020 se notificaron 1.757.166 casos confirmados, cuya tasa promedio de mortalidad nacional fue de 102 muertes por cada 100.000 habitantes y la letalidad fue de 2,81 por cada 100 casos reportados durante el 2020. En este proyecto se tendrán en cuenta los 32 departamentos y se revisarán a profundidad aquellos que tuvieron la mayor tasa de mortalidad por Covid-19 en el 2020 identificados por Carmona, I., 2022. Estos departamentos serán analizados teniendo en cuenta las coberturas de vacunación de los 32 departamentos que conforman el territorio colombiano, durante el año 2021.

Adicionalmente, Carmona, I. 2022, identificó los 10 municipios con mayor mortalidad por Covid-19 durante el 2020, dentro de los cuales están Leticia, Florencia, Cúcuta, Villa del rosario, Neiva, Los Patios, Honda, Bucaramanga, Girardot y Suarez (Carmona, I., 2022).

Según Rojas-Botero ML., *et al*, entre marzo y diciembre del 2021 alrededor de 5,3 millones de adultos mayores de 60 años recibieron el esquema de vacunación contra Covid-19 completo, sin embargo, se reportaron 345.983 muertes por Covid-19, dentro

de esta población en Colombia, con una tasa de mortalidad de 646.9 por 100.000 habitantes, durante el mismo periodo de tiempo (Rojas-Botero ML., *et al*, 2022).

Rojas-Botero ML., *et al*, también resalta que se evitaron un 32% del total de las muertes esperadas para mayores de 60 años, gracias al esquema de vacunación completo, y se evitó un 40% del total de las muertes esperadas para mayores de 80 años (Rojas-Botero ML., *et al*, 2022). No obstante, Rojas-Botero ML., *et al*, también señala que la tasa de mortalidad en Colombia para personas mayores de 80 años sin ninguna dosis de la vacuna contra Covid-19 sería de aproximadamente 2.254,7 muertes por COVID-19 por cada 100.000 habitantes, durante el mismo periodo de tiempo evaluado años (Rojas-Botero ML., *et al*, 2022).

Teniendo en cuenta el plan de vacunación diseñado por el Ministerio de Salud en Colombia (MINSALUD, 2023), se logró priorizar la vacunación para los grupos etarios con mayor riesgo de mortalidad en Colombia, razón por la cual se logró una alta cobertura de vacunación y la prevención de un número significativo de muertes por Covid-19 (Rojas-Botero ML., *et al*, 2022).

En el presente proyecto, se pretende evaluar la cobertura de vacunación del plan nacional de vacunación implementado durante el 2021 y su relación con los factores sociodemográficos y las tasas de mortalidad por Covid-19, con fecha de corte al 31 de diciembre de 2021.

De lo anterior, surgen las siguientes preguntas de investigación: ¿Existe alguna relación entre los factores sociodemográficos y las coberturas de vacunación contra Covid-19 en los 32 departamentos de Colombia durante el 2021? y ¿Las coberturas de vacunación tienen algún impacto en el comportamiento de la mortalidad durante el año 2021?

6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo General

Evaluar la asociación entre la vacunación, los factores sociodemográficos y las tasas de mortalidad en los 32 departamentos de Colombia por Covid-19 en Colombia durante el año 2021.

6.2 Objetivos Específicos

- Describir las coberturas de vacunación contra Covid-19 alcanzadas en los 32 departamentos de Colombia durante el 2021.
- Describir el comportamiento por departamento de la mortalidad por Covid-19 durante el 2021.
- Evaluar si existe una relación estadística entre las coberturas de vacunación logradas por los departamentos en el 2021 y los factores sociodemográficos seleccionados.
- Evaluar si existe una relación estadística entre las tasas de mortalidad por Covid-19 de cada departamento en el 2021 y los factores sociodemográficos seleccionados.
- Describir la relación entre la densidad poblacional de las zonas urbanas y las zonas rurales, con las coberturas de vacunación alcanzadas y las tasas de mortalidad en los 32 departamentos de Colombia durante el 2021.
- Evaluar si existe una relación estadística entre las coberturas de vacunación alcanzadas en los 32 departamentos y la mortalidad por Covid-19 durante el 2021.

7. METODOLOGÍA

7.1 Tipo de Estudio

Se realizó un estudio ecológico, de comparación de grupos, de las coberturas de vacunación contra Covid-19 en los 32 departamentos de Colombia y su relación con las tasas de mortalidad en el año 2021. La unidad de análisis geográfico fue el

departamento y se modeló la relación estadística entre las coberturas de vacunación y el comportamiento de la mortalidad en los 32 departamentos de Colombia usando una regresión lineal y una regresión de Poisson. La variable dependiente fue la tasa de mortalidad por Covid-19 a nivel departamental en el 2021 mientras que la variable independiente principal fue la cobertura departamental de vacunación.

En paralelo, se analizó si los factores sociodemográficos seleccionados tienen alguna relación estadística con las coberturas de vacunación en todos los departamentos de Colombia, de tal manera que, en este análisis secundario, la variable dependiente fue la cobertura de vacunación departamental del 2021 mientras que las variables independientes fueron los factores sociodemográficos de cada departamento.

7.2 Población de Estudio

La población de estudio estaba conformada por todos los colombianos mayores de 12 años que según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) vivían en Colombia en 2021. Se tomó este punto de corte etario porque la vacunación en Colombia estaba aprobada para individuos mayores de 12 años. Es decir, que en la estimación de los denominadores de las coberturas departamentales se excluyó el número de niños menores de 12 años. Adicionalmente, se tuvieron en cuenta los datos suministrados en las bases de datos públicas de los 32 departamentos con el fin de identificar las coberturas de vacunación y evaluar su relación con los factores sociodemográficos.

La Tabla 3 muestra los factores sociodemográficos que se seleccionaron para el análisis de las coberturas de vacunación y de la mortalidad. Todos podrían ser considerados posibles factores de confusión de la relación entre mortalidad y vacunación ya que la literatura reporta que las personas mayores de 50 años y de género masculino presentan mayor severidad de la enfermedad y posiblemente una mayor cobertura de vacunación. Por otro lado, una enfermedad transmitida por vía

aérea de persona a persona se transmitiría más en ambientes urbanos que en ambientes rurales debido a que en el primer caso la población está más concentrada.

Tabla 3.

Factores sociodemográficos seleccionados

FACTORES SOCIODEMOGRAFICOS SELECCIONADOS	
EDAD	GRUPOS ETARIOS: 0-4 AÑOS, 05-09 AÑOS, 10 - 19 AÑOS, 20-29 AÑOS, 30-39 AÑOS, 40-49 AÑOS, 50-59 AÑOS, 60-69 AÑOS, 70-79 AÑOS, 80AÑOS Y MÁS
GÉNERO	FEMENINO Y MASCULINO
DENSIDAD POBLACIONAL	URBANO - RURAL

Creación propia. Datos tomados de: (Instituto Nacional de Salud., 2023) (DANE, 2023)

Se seleccionaron los términos "rural" y "urbano" para definir la densidad poblacional en lugar de las categorías convencionales del DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) debido a la necesidad de simplificar y estandarizar la clasificación de las áreas geográficas de cada departamento, con el fin de facilitar el análisis epidemiológico y la comparación entre las regiones.

7.3 Fuentes de información

Como fuentes de información se utilizaron datos secundarios provenientes de las bases de datos de acceso libre, tales como: Sistema de Vigilancia en Salud Pública (SIVIGILA), el Sistema Integrado de Información de la Protección Social (SISPRO) y el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Se realizó un filtro por año para obtener únicamente los datos de población, mortalidad, coberturas de vacunación y factores sociodemográficos del 01 de enero al 31 de diciembre del 2021.

Casos y muertes confirmadas por Covid-19:

- Sistema de Vigilancia en Salud Pública (SIVIGILA) presenta el reporte oficial casos por COVID-19, Colombia 2020, <https://portalsivigila.ins.gov.co/Paginas/datos.aspx?cod=130> .
- Sistema Integrado de Información de la Protección Social (SISPRO) que reporta los (BoletinesCasosCOVID19Colombia) y que se descargan en el link: <https://www.ins.gov.co/BoletinesCasosCOVID19Colombia/Forms/AllItems.aspx>

Datos sociodemográficos

- Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE: Presenta los datos sociodemográficos por departamento según el ultimo censo nacional de población y vivienda 2018 <https://www.minsalud.gov.co/salud/publica/PET/Documents/PLAN%20DE%20CONTINGENCIA%20PARA%20RESPONDER%20ANTE%20LA%20EMERGENCIA%20POR%20COVID-19.pdf>

7.4 Análisis descriptivo de la relación entre las variables

7.4.1. Tasa de Mortalidad por Covid-19

Las tasas de mortalidad se calcularon teniendo en cuenta los datos obtenidos del SIVIGILA con corte a diciembre de 2021, según la siguiente formula:

$$\text{TASA DE MORTALIDAD} = \left(\frac{\# \text{ muertes confirmadas por Covid-19}}{\text{Población Media de cada departamento}} \right) * 1000$$

El porcentaje de aumento de las tasas de mortalidad por Covid-19 del 2020 al 2021 para cada departamento se calcularon utilizando la siguiente formula:

$$\% \text{ AUMENTO EN LA TASA DE MORTALIDAD} =$$

$$(\text{TASA DE MORTALIDAD AÑO 2020} - \text{TASA DE MORTALIDAD AÑO 2021}) * 100$$

Posteriormente para agrupar los datos de las tasas de mortalidad obtenidas del 2020 y 2021, se realizó el cálculo de los cuantiles 25%, 50% y 75% para describir el comportamiento de las tasas de mortalidad de los departamentos en cada uno de estos grupos.

7.4.2. Coberturas de vacunación contra Covid-19

Las coberturas de vacunación se calcularon teniendo en cuenta los datos obtenidos del SIVIGILA - MINSALUD con corte a diciembre de 2021, según la siguiente fórmula:

$$\text{COBERTURAS DE VACUNACIÓN} = \left(\frac{\# \text{ Total vacunas contra Covid-19 aplicadas}}{\text{Población Media de cada departamento}} \right) * 100$$

Es importante señalar que esta expresión no es igual a la cobertura de vacunación contra Covid 19 calculada por las autoridades sanitarias ya que nosotros solo tuvimos acceso a los datos del número total de vacunas aplicadas por departamento y no contamos con la desagregación por número de dosis aplicadas de manera individual. En ese sentido nuestra “cobertura” es más una razón que un porcentaje, contrario a la forma usual en que se suele interpretar usualmente la cobertura oficial. Pese a sus limitaciones, nuestra razón número de vacunas / población > 12 años cumple con su objetivo de identificar los departamentos con mayor y menor cobertura de vacunación.

7.4.3. Porcentajes de población Urbana y Rural

Los porcentajes que describen la distribución poblacional se calcularon teniendo en cuenta los datos obtenidos del DANE con corte a diciembre de 2021, según las siguientes fórmulas:

$$\text{PORCENTAJE DE MUJERES} = \left(\frac{\# \text{ Total Mujeres a diciembre 2021}}{\text{Población Media de cada departamento}} \right) * 100$$

$$\text{PORCENTAJE DE MUJERES POR GRUPO ETARIO} = \left(\frac{\# \text{ Total Mujeres con X años de edad}}{\text{Población Media de cada departamento}} \right) * 100$$

$$\text{PORCENTAJE DE HOMBRES} = \left(\frac{\# \text{ Total Hombres a diciembre 2021}}{\text{Población Media de cada departamento}} \right) * 100$$

$$\text{PORCENTAJE DE HOMBRES POR GRUPO ETARIO} = \left(\frac{\# \text{ Total Hombres con X años de edad}}{\text{Población Media de cada departamento}} \right) * 100$$

$$\text{PORCENTAJE DE POBLACIÓN RURAL} = \left(\frac{\# \text{ Total Personas en vivienda rural}}{\text{Población Media de cada departamento}} \right) * 100$$

$$\text{PORCENTAJE DE POBLACIÓN URBANA} = \left(\frac{\# \text{ Total Personas en vivienda Urbana}}{\text{Población Media de cada departamento}} \right) * 100$$

Los datos obtenidos fueron organizados en bases de datos de las cuales se obtuvieron las medidas de tendencia central y medidas de dispersión, así como también se realizaron gráficas que describen el comportamiento de cada una de las variables seleccionadas.

Posteriormente para agrupar los datos de las coberturas de vacunación obtenidas para cada departamento, se realizó el cálculo de los cuartiles 25%, 50% y 75% para describir el comportamiento de los datos para cada departamento.

Cada una de las variables fue analizada teniendo en cuenta los datos recopilados de las bases de datos de acceso libre.

7.4.4. Análisis Estadístico

Análisis de regresión lineal simple

Para establecer la relación estadística entre las variables seleccionadas se realizó un análisis de regresión lineal simple que mide el grado de asociación entre las variables dependientes con cada una de las variables independientes.

- Regresión lineal del porcentaje de la población total de cada departamento vs el porcentaje de cobertura de vacunación durante el 2021
- Regresión lineal del porcentaje de la población mayor o igual a 60 años de cada departamento vs el porcentaje de cobertura de vacunación durante el 2021.
- Regresión lineal del porcentaje de población femenina y masculina de cada departamento vs el porcentaje de cobertura de vacunación durante el 2021
- Regresión lineal del porcentaje de la población total de cada departamento vs la tasa de mortalidad por covid-19 durante el 2021

- Regresión lineal del porcentaje de la población mayor o igual a 60 años de cada departamento vs la tasa de mortalidad por covid-19 durante el 2021
- Regresión lineal del porcentaje de la población femenina y masculina de cada departamento vs la tasa de mortalidad por covid-19 durante el 2021

Adicionalmente, con el análisis de regresión lineal se determinó el índice de correlación (R), el cual cuantifica la intensidad de la asociación entre las variables y debe oscilar entre el rango de $[-1, +1]$, siendo un grado de asociación alto cuando R es igual o lo más cercano a 1 (Guarín Norberto, 2002).

Adicionalmente, se analizó el coeficiente de determinación (R^2) que explica la fidelidad del modelo y puede variar entre $[0, 1]$. Cuando este valor es cercano o igual a 1 se tiene un buen ajuste de los datos y fidelidad del modelo (Guarín Norberto, 2002).

Es importante aclarar que los datos fueron analizados como porcentajes para mejorar el ajuste del modelo de regresión lineal.

Análisis de regresión lineal múltiple

Con el fin de determinar la asociación de las coberturas de vacunación con los factores sociodemográficos evaluados, se realizó un análisis de regresión lineal multivariado entre las coberturas de vacunación y las variables independientes seleccionadas de manera conjunta.

- Regresión lineal múltiple de las coberturas de vacunación versus los factores sociodemográficos seleccionados
- Regresión lineal múltiple de las coberturas de vacunación versus los factores sociodemográficos seleccionados sin la variable de la población femenina
- Regresión lineal múltiple de la tasa de mortalidad por Covid-19 en el año 2021 versus los factores sociodemográficos seleccionados
- Regresión lineal múltiple de la tasa de mortalidad por Covid-19 en el año 2021 versus las coberturas de vacunación y los factores sociodemográficos seleccionados.

De esta manera se pretende obtener un modelo que determine la asociación de las variables usando la regresión lineal múltiple, evaluando el coeficiente de regresión Beta para cada variable independiente (Vilà, R., et al, 2019). El coeficiente B se entiende como el cambio esperado en la variable dependiente por los cambios ocurridos en una variable independiente correspondiente, siempre que se mantengan intactas las otras variables independientes (Vilà, R., et al, 2019).

Adicionalmente, se determinó el coeficiente R2 mediante la regresión lineal y explica el porcentaje del grado de asociación de variación de la variable dependiente explicado colectivamente por las variables independientes (Diaz-Quijano, 2016).

Modelo de Poisson

Se realizó un modelo de Poisson con el fin de evaluar el grado de asociación estadística entre la tasa de mortalidad de cada año, el porcentaje de ruralidad, la proporción de población mayor de 60 años, la proporción de población masculina y las coberturas de vacunación. La regresión de Poisson permitió combinar la modelación de las tasas de incidencia a partir de su relación con variables continuas o categóricas lo que permite tener información complementaria a la que provee la regresión lineal múltiple donde solo variables continuas son incluidas en el análisis. Se seleccionaron como variables candidatas para el modelo aquellas que a partir del análisis de regresión lineal múltiple mostraron un valor p menor a 0.2. Se eliminaron aquellas variables relacionadas con efectos insignificantes ($p > 0.05$).

- Modelo de Poisson de mortalidad por Covid-19 según año y porcentaje de ruralidad
- Modelo de Poisson de la mortalidad por Covid-19 y porcentaje de ruralidad omitiendo la variable del año

Adicionalmente, la regresión de Poisson permite estimar un indicador más interpretable desde el punto de vista epidemiológico, ya que permite interpretar los coeficientes de cambio de las tasas como Razones de tasas de incidencia (RTI) y no solo como variación en las unidades de medición de la variable dependiente.

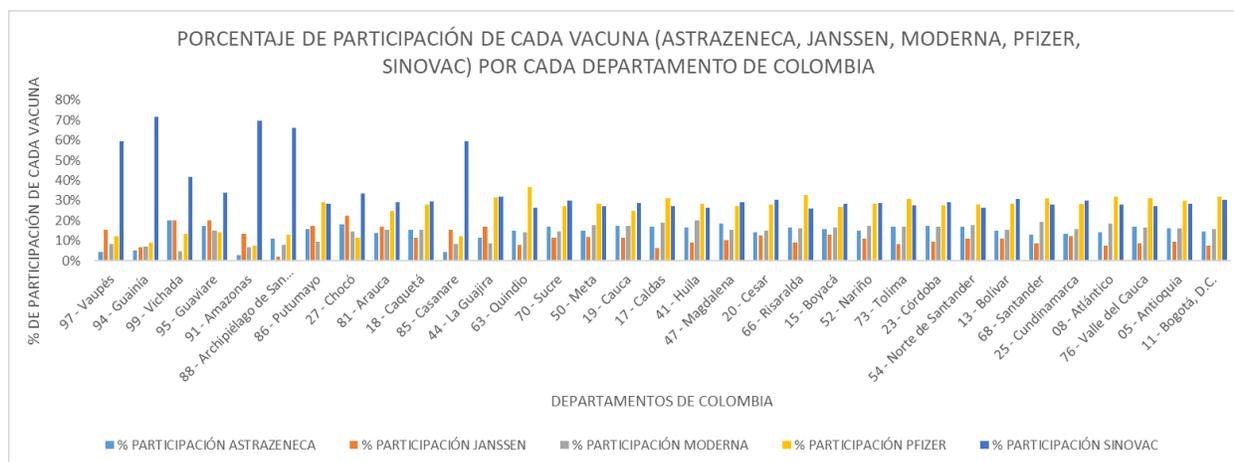
8. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis descriptivo de cada una de las variables seleccionadas a partir de la búsqueda en las bases de datos de libre acceso descritas en el capítulo 7: coberturas de vacunación, tasas de mortalidad y de los factores sociodemográficos para cada departamento de Colombia durante el periodo seleccionado de Enero a Diciembre del 2021.

8.1 Coberturas de vacunación por departamento durante el 2021

Figura 4.

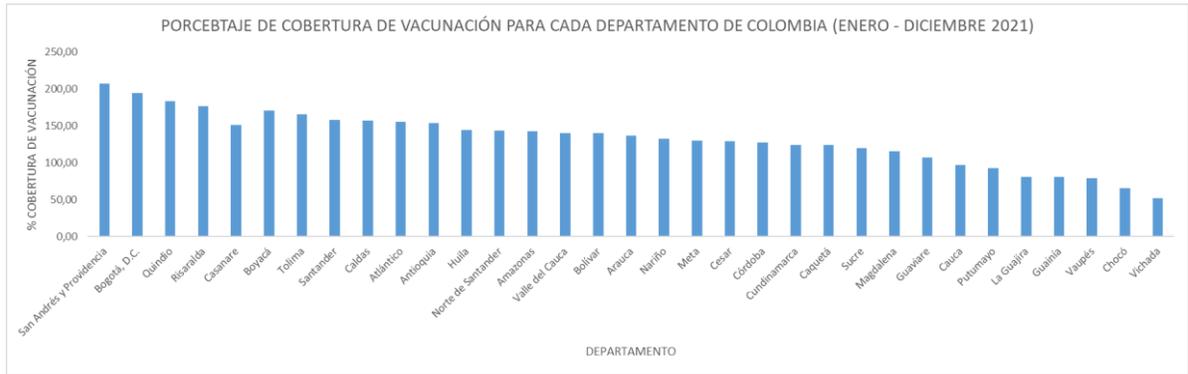
Porcentaje de participación de cada vacuna contra Covid-19 por cada departamento de Colombia a 31/12/2021



Creación propia. Datos tomados de: (MINSALUD – DATOS COVID-19, 2023)

Figura 5.

Cobertura total en porcentaje de vacunación contra COVID19 por departamento al 31/12/2021



Creación propia. Datos tomados de: (MINSALUD – DATOS COVID-19, 2023) (DANE, 2023)

Los datos proporcionados en las Figura 4 y 5 muestran que el departamento con mayor cobertura de vacunación fue Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina con una cobertura de 207% y un total de 129.156 dosis aplicadas. Sin embargo, el departamento con mayor dosis aplicadas fue Bogotá Distrito Capital con un total de 15.203.661. Bogotá es la capital y la ciudad más poblada del país con la segunda mayor cobertura de vacunación con un 194% seguido de varios departamentos que también presentan un alto número de dosis de vacunas aplicadas, como Antioquia (10.360.184 dosis) y Valle del Cauca (6.484.664 dosis), con coberturas de vacunación superiores al 150%.

En contraste, algunos departamentos muestran coberturas por debajo del 100%. Por ejemplo, Vichada (61.911 dosis), Chocó (378,584) y Vaupés (34.979 dosis), tienen las coberturas más bajas (52%, 65% y 78% respectivamente) en comparación con otros departamentos.

Adicionalmente, se puede evidenciar que el total de dosis aplicadas a 31 de diciembre de 2021 a nivel nacional fue de 75.586.606 con una cobertura de vacunación nacional de 147%, siendo la vacuna Pfizer con el mayor número de dosis aplicadas en cada

departamento con un total nacional de 22.491.332 dosis aplicadas al 31 de diciembre de 2021 (Tabla 4).

Tabla 4.

Análisis de las coberturas de vacunación por departamentos según los cuartiles determinados

DEPARTAMENTOS CON LA COBERTURA DE VACUNACIÓN DENTRO DEL Q1 (25%)		DEPARTAMENTOS CON LA COBERTURA DE VACUNACIÓN DENTRO DEL Q2 (50%)		DEPARTAMENTOS CON LA COBERTURA DE VACUNACIÓN DENTRO DEL Q3 (75%)		DEPARTAMENTOS CON LA COBERTURA DE VACUNACIÓN POR ENCIMA DEL Q3 (75%)	
Magdalena	115,68	Arauca	137,09	Atlántico	155,63	San Andrés, Providencia y Santa Catalina	207,78
Guaviare	107,41	Nariño	132,55	Antioquia	154,03	Bogotá, D.C.	194,34
Cauca	96,83	Meta	130,49	Huila	144,61	Quindío	183,29
Putumayo	92,55	Cesar	128,91	Norte de Santander	143,55	Risaralda	176,82
La Guajira	81,06	Córdoba	127,24	Amazonas	142,51	Casanare	151,40
Guainía	80,81	Cundinamarca	124,27	Valle del Cauca	140,55	Boyacá	170,44
Vaupés	78,82	Caquetá	124,00	Bolívar	140,50	Tolima	165,90
Chocó	65,97	Sucre	119,81	-	-	Santander	158,34
Vichada	52,35	-	-	-	-	Caldas	157,34

Tabla 5.

Distribución de datos de los porcentajes de las coberturas de vacunación

N	33
Q1 (25%)	116
Q2 (50%)	137
Q3 (75%)	156
MEDIANA % PARTICIPACIÓN	137

COBERTURAS DE VACUNACIÓN	MEDIA	MODA	MEDIANA	DESVIACIÓN ESTANDAR	VARIANZA	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO
	132,814	NO APLICA	137,093	36,624	1341,328	207,783	52,347

En las Tabla 4 y 5 se presenta la agrupación de los datos de las coberturas de vacunación en cuartiles, encontrando que el cuartil 1 (que representa el 25% de los datos) de las coberturas de vacunación se encuentran por debajo de 116% como es el caso de Vichada, Chocó, Vaupés y Guainía, mientras que el Cuartil 3 (que representa el 75% de los datos) de las coberturas de vacunación se encuentran por

debajo de 156% como es el caso de Antioquia, Casanare, Valle del Cauca y Norte de Santander. No obstante, encontramos que los departamentos como Bogotá, San Andrés, Quindío y Risaralda presentan coberturas por encima del cuartil 3 (75%). Estos datos permiten evidenciar que la mayoría de los departamentos superaron el 100% de la cobertura de vacunación esperada, sin embargo, como se mencionó anteriormente, esto se basa en el número de dosis aplicadas sin tener en cuenta las segundas y terceras dosis aplicadas a una misma persona.

En la Tabla 4 se agrupan las coberturas de vacunación de los departamentos en cada uno de los cuartiles presentados en la Tabla 6, donde podemos evidenciar que dentro del cuartil 1 (25%) se encuentran 9 departamentos (Magdalena, Guaviare, Cauca, Putumayo, La Guajira, Guainía, Vaupés, Chocó, Vichada), mientras que dentro del cuartil 2 (50%) se encuentran 8 departamentos (Arauca, Nariño, Meta, Cesar, Córdoba, Cundinamarca, Caquetá, Sucre) y en el cuartil 3 (75%) se encuentran solamente 7 departamentos (Atlántico, Antioquia, Huila, Norte de Santander, Amazonas, Valle del Cauca, Bolívar).

Cabe resaltar que hay 9 departamentos que se encuentran por encima del cuartil 3 (75%), lo cual indica que estos departamentos lograron obtener una cobertura de vacunación superior a 155,6% y dentro de los cuales destacamos a los departamentos de Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Bogotá, D.C., Quindío, Risaralda, Casanare, Boyacá, Tolima, Santander y Caldas.

Tabla 6.

Distribución de datos del total de las vacunas Pfizer y Sinovac

PFIZER		SINOVAC	
N	33	N	33
Q1 (25%)	24,85%	Q1 (25%)	27,81%
Q2 (50%)	28,02%	Q2 (50%)	29,00%
Q3 (75%)	30,60%	Q3 (75%)	31,71%
MEDIANA % PARTICIPACIÓN	28,02%	MEDIANA % PARTICIPACIÓN	29,00%

Tabla 7.

Análisis del porcentaje de participación de las vacunas Pfizer y Sinovac según los cuartiles determinados

DEPARTAMENTOS CON % DE PARTICIPACIÓN VACUNA PFIZER DENTRO DEL Q1 (25%)		DEPARTAMENTOS CON % DE PARTICIPACIÓN VACUNA PFIZER DENTRO DEL Q2 (50%)		DEPARTAMENTOS CON % DE PARTICIPACIÓN VACUNA PFIZER DENTRO DEL Q3 (75%)		DEPARTAMENTOS CON % DE PARTICIPACIÓN VACUNA PFIZER POR ENCIMA DEL Q3 (75%)	
Vaupés	12%	Sucre	27%	Putumayo	29%	La Guajira	32%
Guainía	9%	Magdalena	27%	Antioquia	30%	Quindío	37%
Vichada	13%	Boyacá	27%	Huila	28%	Caldas	31%
Guaviare	14%	Córdoba	27%	Cesar	28%	Risaralda	33%
Amazonas	8%	-	-	Nariño	28%	Tolima	31%
San Andrés	13%	-	-	Norte de santander	28%	Santander	31%
Chocó	11%	-	-	Bolívar	28%	Atlántico	32%
Casanare	12%	-	-	Cundinamarca	28%	Valle del cauca	31%
Arauca	25%	-	-	-	-	Bogotá	32%

DEPARTAMENTOS CON % DE PARTICIPACIÓN VACUNA SINOAC DENTRO DEL Q1 (25%)		DEPARTAMENTOS CON % DE PARTICIPACIÓN VACUNA SINOAC DENTRO DEL Q2 (50%)		DEPARTAMENTOS CON % DE PARTICIPACIÓN VACUNA SINOAC DENTRO DEL Q3 (75%)		DEPARTAMENTOS CON % DE PARTICIPACIÓN VACUNA SINOAC POR ENCIMA DEL Q3 (75%)	
Putumayo	28%	Arauca	29%	Caquetá	30%	Vaupés	59%
Quindío	27%	Cauca	29%	La Guajira	32%	Guainía	72%
Meta	27%	Magdalena	29%	Sucre	30%	Vichada	42%
Caldas	27%	Nariño	29%	Cesar	30%	Guaviare	34%
Huila	26%	Córdoba	29%	Bolívar	31%	Amazonas	70%
Risaralda	26%	-	-	Cundinamarca	30%	San Andrés	66%
Boyacá	28%	-	-	Bogotá D.C.	30%	Chocó	33%
Tolima	28%	-	-	-	-	Casanare	59%
Norte de Santander	27%	-	-	-	-	-	-
Valle del cauca	27%	-	-	-	-	-	-
Antioquia	28%	-	-	-	-	-	-
Santander	28%	-	-	-	-	-	-
Atlántico	28%	-	-	-	-	-	-

Tabla 8.

Análisis bivariado de los departamentos agrupados dentro de los cuartiles del porcentaje de participación de Pfizer versus los departamentos agrupados dentro de los cuartiles del porcentaje de participación de Sinovac

		% PARTICIPACIÓN VACUNA PFIZER			
		Q1 (25%)	Q2 (50%)	Q3 (75%)	Q4 (>75%)
% PARTICIPACIÓN VACUNA SINOAC	Q1 (25%)		BOYACÁ	PUTUMAYO, ANTIOQUIA, HUILA, NORTE DE SANTANDER	QUINDÍO, CALDAS, RISARALDA, TOLIMA, SANTANDER, ATLANTICO, VALLE DEL CAUCA
	Q2 (50%)	ARAUCA	MAGDALENA, CORDOBA	NARIÑO	
	Q3 (75%)		SUCRE	CESAR, BOLIVAR, CUNDINAMARCA	LA GUAJIRA, BOGOTÁ
	Q4 (>75%)	VAUPÉS, GUAINÍA, VICHADA, GUAVIARE, AMAZONAS, SAN ANDRÉS, CHOCÓ, CASANARE			

En las Tabla 6 y 7 se muestra la agrupación de los datos por cuartiles de las dosis aplicadas de las vacunas Pfizer y Sinovac las cuales fueron las más utilizadas en Colombia; donde se puede evidenciar que el cuartil 1 (25%) de las dosis aplicadas son menores o iguales a 24,85% de la vacuna de Pfizer y 27,81% de la vacuna Sinovac. Dentro de este cuartil se encuentran algunos departamentos como Vaupés, Guainía, Vichada, Guaviare y Casanare, los cuales tienen el menor número de dosis aplicadas.

En contraste, el cuartil 3 (75%) de las dosis aplicadas en los departamentos son menores o iguales a 30,60% de la vacuna de Pfizer y 31,71% de Sinovac. Algunos departamentos que se superan por mucho el cuartil 3 son Bogotá, Antioquia, Valle del Cauca, Atlántico y Cundinamarca, los cuales presentan el mayor número de dosis aplicadas.

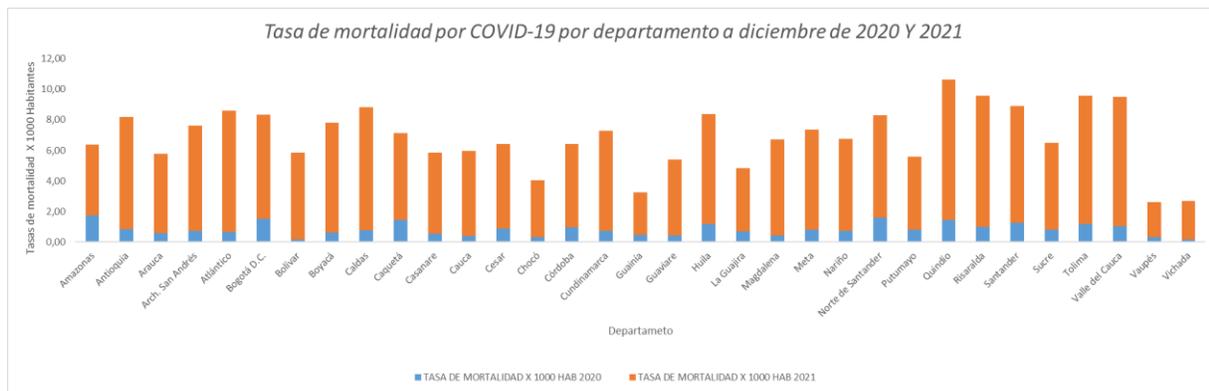
En la Tabla 8 se muestra el análisis bivariado de los cuartiles determinados para las vacunas de Pfizer y Sinovac, encontrando que hay pocos departamentos que coinciden en la distribución de los cuartiles como es el caso de los departamentos de Magdalena y Córdoba que se ubicaron dentro del cuartil 2 (50%) para ambos tipos de vacuna, al igual que los departamentos de Cesar, Bolívar y Cundinamarca que se ubicaron en el cuartil 3 (75%) para ambos tipos de vacunas.

Cabe resaltar que hay una clara diferencia entre los departamentos que se ubicaron en el cuartil 1 (25%) de la vacuna de Pfizer como es el caso de Vaupés, Guainía, Vichada, Guaviare, Amazonas, San Andrés, Chocó, Casanare, los cuales se ubicaron en el cuartil 4 (>75%) de la vacuna de Sinovac. Adicionalmente, los departamentos que se ubicaron en el cuartil 1 (25%) de la vacuna de Sinovac como es el caso de Quindío, Caldas, Risaralda, Tolima, Santander, Atlántico, Valle Del Cauca, se ubicaron en el cuartil 4 (>75%) de la vacuna de Pfizer.

8.2 Tasas de mortalidad por covid-19 por departamento durante el 2021

Figura 6.

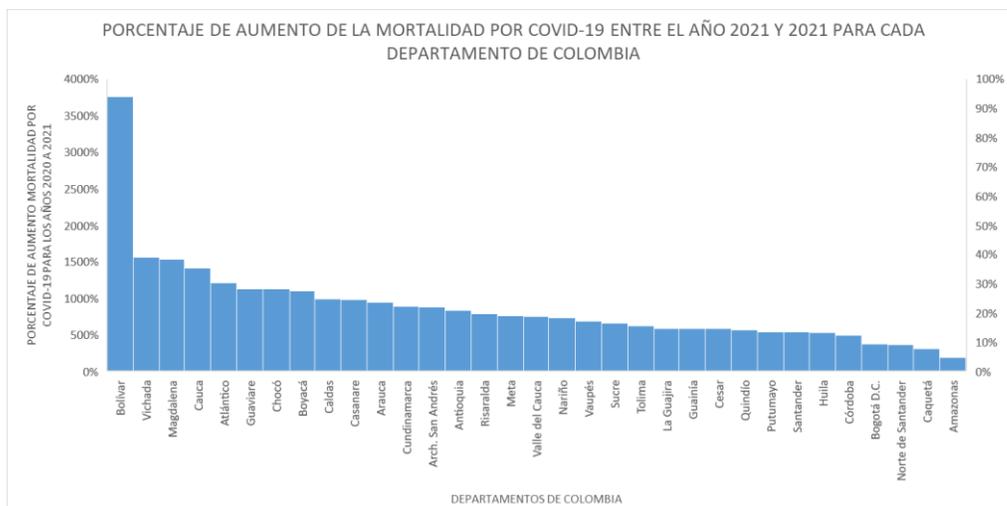
Tasa de mortalidad por COVID-19 por departamento a diciembre de 2020 Y 2021



Creación propia. Datos tomados de: (DANE, 2023)

Figura 7.

Porcentaje de aumento de la tasa de mortalidad por COVID-19 entre el año 2020 Y 2021 para cada departamento de Colombia



Creación propia. Datos tomados de: (DANE, 2023)

Por otra parte, la Figura 6 muestra la tasa de mortalidad para cada departamento de Colombia con corte a diciembre de 2021, donde se puede observar que el departamento con mayor tasa de mortalidad por Covid-19 es Quindío 9,20 por cada 1000 habitantes y con un total de 5125 personas fallecidas. Adicionalmente, se evidencia que el departamento con menor tasa de mortalidad es Vaupés 2,30 por cada 1000 habitantes y con un total de 102 muertes por Covid-19.

Otro dato importante que se debe resaltar es a pesar de que Bogotá D.C. fue el departamento con mayor número de vacunas aplicadas, este también presenta un número considerablemente alto de fallecidos con una tasa de mortalidad de 6,81 por cada 1000 habitantes y un total de 53,258 personas fallecidas por Covid-19. Esto puede atribuirse a que los esfuerzos para la detección del virus fueron mucho mayores por la capacidad del sistema de salud para confirmar los casos y el gran número de pruebas para identificar el virus realizadas a comparación de otros departamentos con escasos recursos y poca infraestructura para la detección de este.

De manera similar ocurre con los grandes centros poblados con tasas de mortalidad altas como es el caso del Eje cafetero, Valle del cauca y Antioquia, donde los esfuerzos por detectar el virus en casos sintomáticos fueron grandes, con un número de muertes confirmadas considerablemente alto con tasas de 9,20 (Quindío), 8,59 (Risaralda), 8,46 (Valle del cauca) y 7,35 (Antioquia).

En adición, la Figura 7 muestra el porcentaje de aumento de la tasa de mortalidad del 2020 versus la tasa de mortalidad del 2021, donde se observa que hay un claro aumento en las tasas de mortalidad de todos los departamentos durante el 2021, siendo Bolívar el municipio con el aumento de la tasa de mortalidad más alta (3756%).

Tabla 9.

Distribución de datos de los porcentajes de las tasas de mortalidad por Covid-19 durante los periodos 2020 y 2021

TASA DE MORTALIDAD 2021		TASA DE MORTALIDAD 2020	
N	33	N	33
Q1 (25%)	5,20	Q1 (25%)	0,53
Q2 (50%)	6,02	Q2 (50%)	0,77
Q3 (75%)	7,19	Q3 (75%)	1,03
MEDIANA % PARTICIPACIÓN	6,02	MEDIANA % PARTICIPACIÓN	0,77

TASAS DE MORTALIDAD 2021	MEDIA	MODA	MEDIANA	DESVIACIÓN ESTANDAR	VARIANZA	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO
	6,056	NO APLICA	6,021	1,748	3,054	9,199	2,298

Creación propia.

Tabla 10.

Análisis de las tasas de mortalidad por departamento del 2020 y 2021 según los cuartiles determinados

DEPARTAMENTOS CON LA TASA DE MORTALIDAD 2021 DENTRO DEL Q1 (25%)		DEPARTAMENTOS CON LA TASA DE MORTALIDAD 2021 DENTRO DEL Q2 (50%)		DEPARTAMENTOS CON LA TASA DE MORTALIDAD 2021 DENTRO DEL Q3 (75%)		DEPARTAMENTOS CON LA TASA DE MORTALIDAD 2021 POR ENCIMA DEL Q3 (75%)	
Arauca	5,20	Nariño	6,02	Huila	7,19	Quindío	9,20
Guaviare	4,95	Sucre	5,70	Boyacá	7,17	Risaralda	8,59
Putumayo	4,79	Bolívar	5,69	Arch. San Andrés	6,92	Valle del Cauca	8,46
Amazonas	4,62	Caquetá	5,68	Bogotá D.C.	6,81	Tolima	8,39
La Guajira	4,16	Cauca	5,59	Norte de Santander	6,69	Caldas	8,07
Chocó	3,72	Cesar	5,53	Cundinamarca	6,54	Atlántico	7,94
Guainía	2,80	Córdoba	5,46	Meta	6,53	Santander	7,63
Vichada	2,52	Casanare	5,33	Magdalena	6,31	Antioquia	7,35
Vaupés	2,30	-	-	-	-	-	-

DEPARTAMENTOS CON LA TASA DE MORTALIDAD 2020 DENTRO DEL Q1 (25%)		DEPARTAMENTOS CON LA TASA DE MORTALIDAD 2020 DENTRO DEL Q2 (50%)		DEPARTAMENTOS CON LA TASA DE MORTALIDAD 2020 DENTRO DEL Q3 (75%)		DEPARTAMENTOS CON LA TASA DE MORTALIDAD 2020 POR ENCIMA DEL Q3 (75%)	
Casanare	0,53	Caldas	0,77	Valle del Cauca	1,03	Amazonas	1,74
Guainía	0,46	Nariño	0,74	Risaralda	0,99	Norte de Santander	1,61
Guaviare	0,45	Cundinamarca	0,73	Córdoba	0,96	Bogotá D.C.	1,51
Magdalena	0,42	Arch. San Andrés	0,72	Cesar	0,90	Caquetá	1,45
Cauca	0,38	La Guajira	0,68	Antioquia	0,83	Quindío	1,43
Chocó	0,33	Atlántico	0,66	Meta	0,81	Santander	1,26
Vaupés	0,32	Boyacá	0,63	Sucre	0,81	Huila	1,20
Vichada	0,17	Arauca	0,57	Putumayo	0,80	Tolima	1,19
Bolívar	0,16	-	-	-	-	-	-

Creación propia.

Tabla 11.

Análisis bivariado de los departamentos agrupados dentro de los cuartiles de las tasas de mortalidad del 2020 versus los departamentos agrupados dentro de los cuartiles de las tasas de mortalidad 2021

		TASAS DE MORTALIDAD 2021			
		Q1 (25%)	Q2 (50%)	Q3 (75%)	Q4 (>75%)
TASAS DE MORTALIDAD 2020	Q1 (25%)	GUAVIARE, VAUPÉS, VICHADA, GUAINÍA, CHOCÓ	BOLIVAR, CAUCA, CASANARE	MAGDALENA	
	Q2 (50%)	ARAUCA, LA GUAJIRA	NARIÑO	BOYACÁ, SAN ANDRÉS, CUNDINAMARCA	CALDAS, ATLANTICO,
	Q3 (75%)	PUTUMAYO	SUCRE, CESAR, CORDOBA	META	RISARALDA, VALLE DEL CAUCA, ANTIOQUIA
	Q4 (>75%)	AMAZONAS	CAQUETÁ	HUILA, BOGOTÁ, NORTE DE SANTANDER,	QUINDÍO, TOLIMA, SANTANDER

Creación propia.

Por otra parte, en la Tabla 9, 10 y 11 se agrupan las tasas de mortalidad de los departamentos por cuartiles en los periodos del 2020 y 2021, donde se evidencia que claramente hay un aumento de las tasas de mortalidad y que concuerda con la Figura 6. Se observa que hay varios departamentos que se repiten en el cuartil 1 del año 2020 y del 2021 como es el caso de Guaviare, Guainía, Vaupés, Vichada y Chocó, lo que significa que a pesar de evidenciar un aumento en la tasa de mortalidad, estos departamentos no superan la media de la tasa de mortalidad en ambos periodos de tiempo.

Sumado a esto, podemos ver que dentro del cuartil 2 (50%) para los años 2020 y 2021 no se repiten departamentos con excepción del departamento de Nariño. Todos los demás departamentos dentro de este cuartil del 2020 tuvieron un incremento en la tasa de mortalidad de un periodo al otro y se ubicaron en un cuartil diferente durante el 2021. De igual forma, se observa el mismo comportamiento para los departamentos agrupados dentro del cuartil 3 (75%) del año 2020, puesto que mostraron un incremento en la tasa de mortalidad y se ubicaron en un cuartil diferente durante el 2021.

Por otra parte, dentro de los departamentos agrupados por encima del cuartil 3 durante el año 2020 hay varios departamentos que repiten su agrupación durante el 2021 tales como Quindío, Santander y Tolima los cuales presentan un aumento en la tasa de mortalidad y en ambos periodos superaron el cuartil 3.

En la Tabla 11 se muestra el análisis bivariado de las tasas de mortalidad para el año 2021 versus las tasas de mortalidad para el año 2020, encontrando que hay varios departamentos que coinciden en la distribución de los cuartiles como es el caso de los departamentos de Guaviare, Vaupés, Vichada, Guainía y Chocó en el cuartil 1 (25%) para cada variable.

Así mismo se puede observar que el departamento de Nariño es el único que se ubicó dentro del cuartil 2 (50%) para ambas variables, al igual que el departamento de Meta también es el único que se ubicó en el cuartil 3 (75%) para ambas variables. Finalmente, los departamentos de Quindío, Tolima y Santander se ubicaron en el cuartil 4 (>75%) para ambas variables.

Hay que resaltar que la distribución de los departamentos se mantuvo principalmente dispersa y hay pocos departamentos que coinciden dentro del mismo cuartil de mortalidad para cada año evaluado.

Tabla 12.

Análisis bivariado de los departamentos agrupados dentro de los cuartiles de las coberturas de vacunación versus los departamentos agrupados dentro de los cuartiles de las tasas de mortalidad 2021

		COBERTURAS DE VACUNACIÓN 2021			
		Q1 (25%)	Q2 (50%)	Q3 (75%)	Q4 (>75%)
TASAS DE MORTALIDAD 2021	Q1 (25%)	GUAVIARE, PUTUMAYO, LA GUAJIRA, CHOCÓ, VICHADA, VAUPEZ, GUAINÍA	ARAUCA, META	AMAZONAS	
	Q2 (50%)		NARIÑO, CESAR, CORDOBA, CAQUETÁ, SUCRE	BOLIVAR, CAUCA	CASANARE
	Q3 (75%)	MAGDALENA	CUNDINAMARCA, META	HUILA, NORTE DE SANTANDER	BOYACÁ, SAN ANDRÉS, BOGOTÁ
	Q4 (>75%)	CALDAS		VALLE DEL CAUCA, ATLANTICO, ANTIOQUIA	QUINDÍO, RISARALDA, TOLIMA, SANTANDER

Creación propia.

En la Tabla 12 se muestra el análisis bivariado de los cuartiles determinados para las coberturas de vacunación versus las tasas de mortalidad para el año 2021, encontrando que hay varios departamentos que coinciden en la distribución de los cuartiles como es el caso de los departamentos de Guaviare, Putumayo, La Guajira, Chocó, Vichada, Vaupés y Guainía en el cuartil 1 (25%) para cada variable.

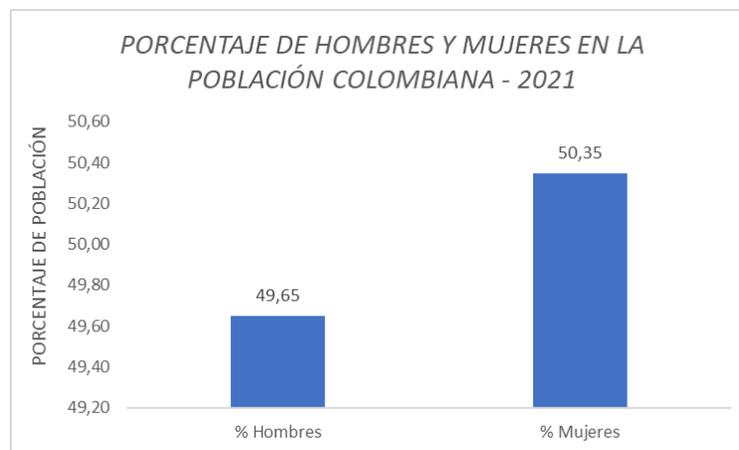
Así mismo se puede observar que los departamentos de Nariño, Cesar, Córdoba, Caquetá y Sucre que se ubicaron dentro del cuartil 2 (50%) para ambas variables, al igual que los departamentos de Huila y Norte De Santander que se ubicaron en el cuartil 3 (75%) para ambas variables. Finalmente, los departamentos de Quindío, Risaralda, Tolima y Santander se ubicaron en el cuartil 4 (>75%) para ambas variables. Estos departamentos presentan las tasas de vacunación más altas y sin embargo también presentan las tasas de mortalidad más altas.

8.3 Factores sociodemográficos de cada departamento

8.3.1. Distribución de la población por género y edad por departamento

Figura 8.

Porcentaje de hombres y mujeres en la población Colombia - 2021



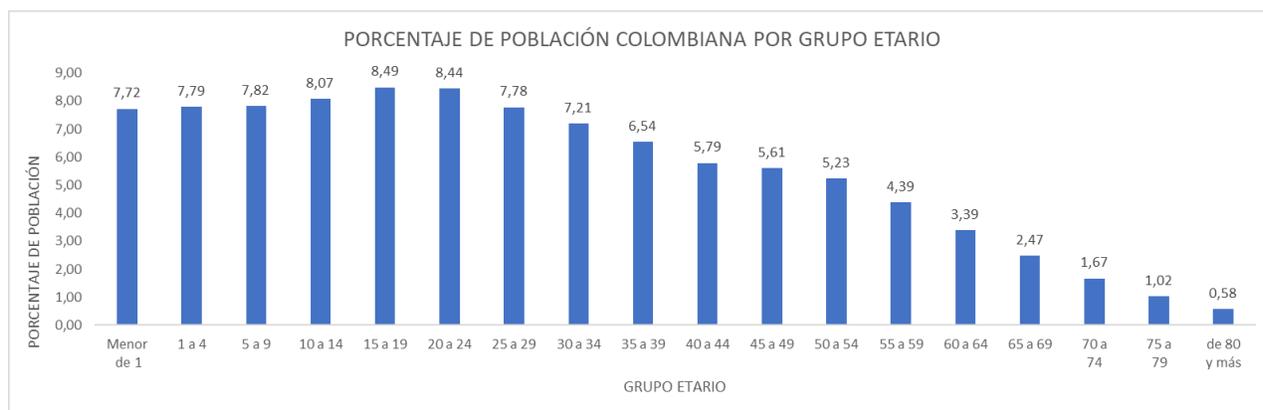
Creación propia. Datos tomados de: (DANE, 2023)

En la Figura 8 podemos observar la distribución de la población por género según la proyección realizada a partir del último censo nacional del 2018, donde el 50,3% de la población total corresponde a mujeres y el 49,65% de la población total corresponde a hombres. Los departamentos con mayor porcentaje de población femenina son Bogotá y Valle del Cauca con un 52%. Por otra parte, los departamentos con mayor población masculina son Guaviare, Vaupés y Vichada con el 52%. Es importante resaltar que los porcentajes de población femenina y masculina se mantienen muy cerca de la mediana para hombres (49,43%) y mujeres (50,57%).

No obstante, el porcentaje detallado de población femenina y masculina para cada departamento se presenta en el Anexo 5.

Figura 9.

Distribución de la población colombiana por grupo etario en porcentaje



Creación propia. Datos tomados de: (DANE, 2023) (The World Data Bank, 2023)

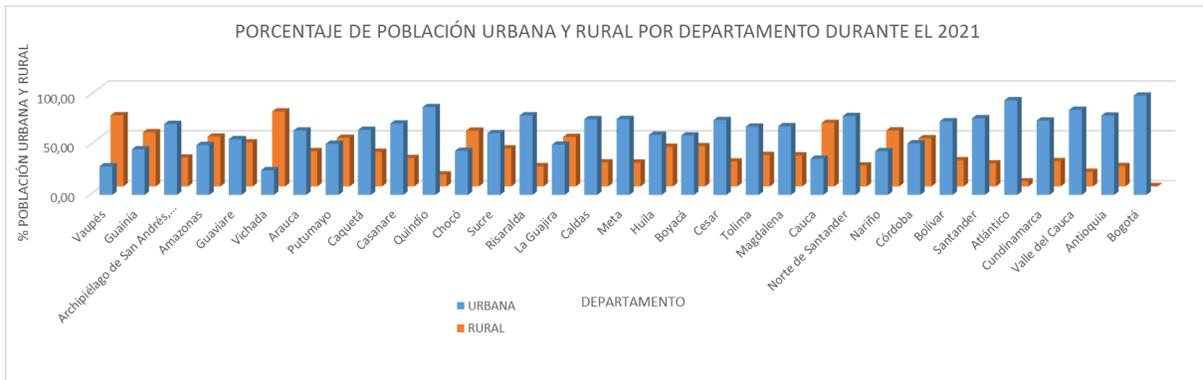
En la Figura 9 podemos observar la distribución de la población colombiana por grupo etario expresada en porcentajes según la proyección realizada a partir del último censo nacional del 2018, donde se puede observar que la mayor parte de la población colombiana se agrupa entre 0 y 39 años con un total de 69,85%, mientras que el porcentaje de las personas mayores de 60 años suma el 9,13% de la población total con fecha de corte a diciembre de 2021.

Bogotá, Valle del cauca y Cundinamarca son los departamentos con mayor porcentaje de población mayor a 60 años y los departamentos con menor población mayor a 60 años son Guainía y Vaupés. Sin embargo, el valor total para cada grupo etario para cada departamento se presenta de manera detallada en el Anexo 7.

8.3.2. Distribución de la población por densidad poblacional (urbano y rural) por departamento

Figura 10.

Porcentaje de población urbana y rural por departamento durante el 2021



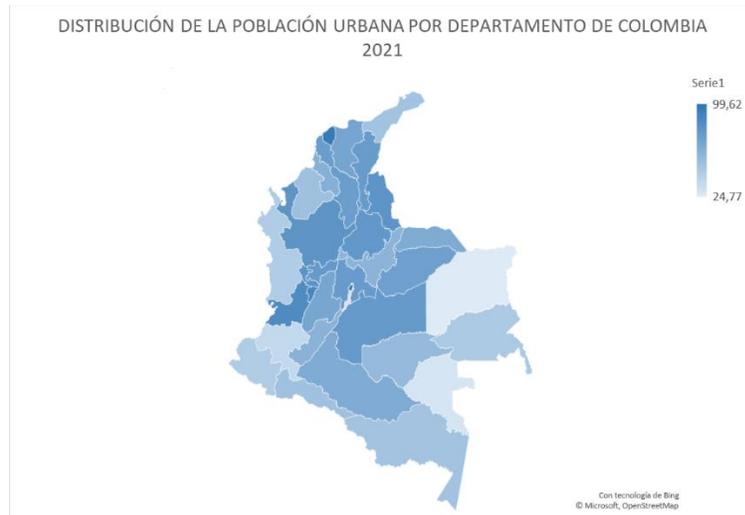
Creación propia. Datos tomados de: (DANE, 2023)

En la Figura 10 podemos observar la distribución de la población urbana y rural para cada departamento de Colombia según la proyección realizada a partir del último censo nacional del 2018. Se puede evidenciar los departamentos con mayor población urbana son Bogotá DC (99%), Atlántico (94%), Quindío (88%), Valle del cauca (85%), Antioquia (79%), Norte de Santander (79%) y Risaralda (79%). Por otra parte, los departamentos con mayor porcentaje de población rural son Vichada (75%), Vaupés (71%), Cauca (63%), Nariño (56%) y Chocó (55%). A nivel nacional el porcentaje de población urbana es de 76%, mientras que el porcentaje de población rural es de 24%.

No obstante, el porcentaje detallado de población urbana y rural para cada departamento se presenta en el Anexo 4.

Figura 11.

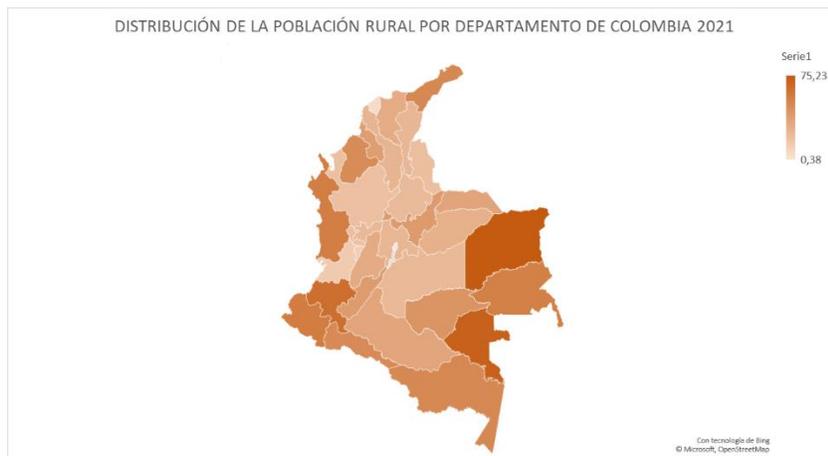
Distribución de la población urbana por departamento al 2021 según proyecciones del censo nacional de 2018



Creación propia. Datos tomados de: (DANE, 2023)

Figura 12.

Distribución de la población rural por departamento al 2021 según proyecciones del censo nacional de 2018



Creación propia. Datos tomados de: (DANE, 2023)

En las Figuras 11 y 12 se muestra el mapa de calor de Colombia con la distribución de población urbana y rural según la proyección realizada a partir del último censo nacional del 2018. En la Figura 12 se puede observar que el mayor porcentaje de población urbana se encuentra ubicado en el centro y el norte del país. En contraste, en la Figura 12 se evidencia que el mayor porcentaje de población rural se ubica a hacia las fronteras terrestres, especialmente al oriente y al suroccidente con mayor intensidad de color.

9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis estadístico de cada una de las variables seleccionadas utilizando la regresión lineal simple, múltiple y modelo de Poisson para las coberturas de vacunación, las tasas de mortalidad y de los factores sociodemográficos para cada departamento de Colombia durante el periodo seleccionado de Enero a Diciembre del 2021.

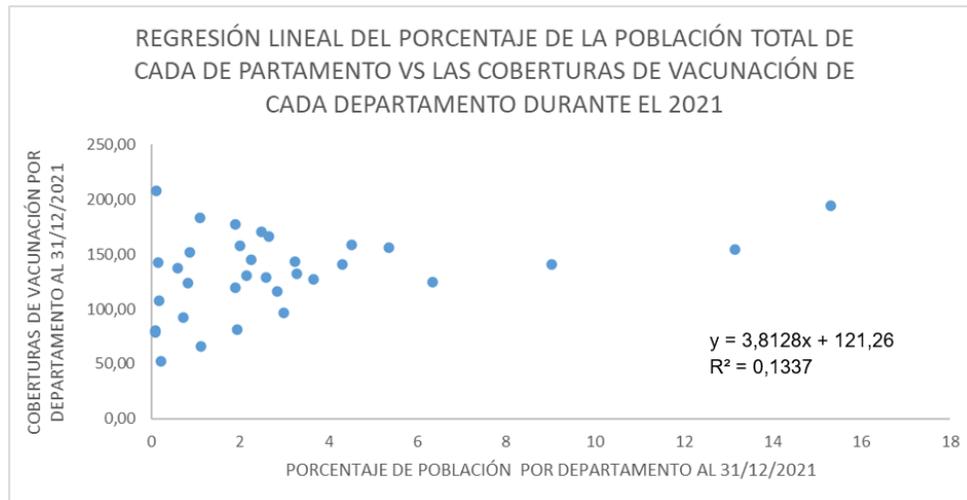
9.1 Análisis de regresión lineal simple

9.1.1. Regresión lineal de las coberturas de vacunación de los 32 departamentos durante el 2021 vs los factores sociodemográficos seleccionados

En la Figura 13 se presenta la gráfica de la regresión lineal realizada con el porcentaje de la población total para cada departamento versus las coberturas de vacunación para cada departamento al 2021. El R^2 de la regresión es de 0,1317 y que la tendencia de los datos no es lineal.

Figura 13.

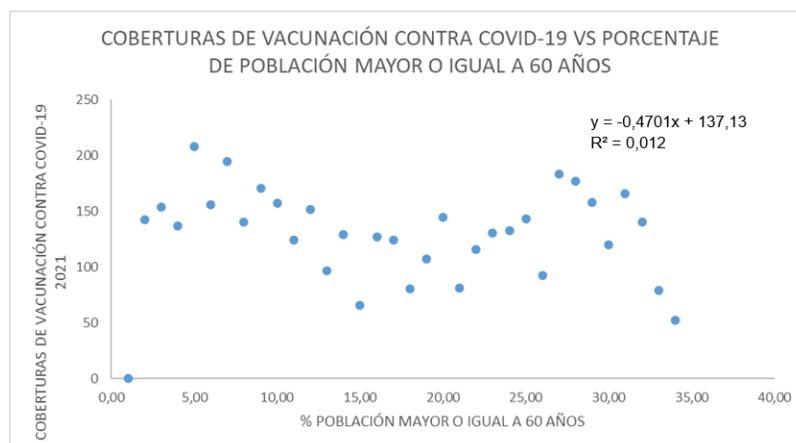
Regresión lineal del porcentaje de la población total de cada departamento vs el porcentaje de cobertura de vacunación durante el 2021



Creación propia.

Figura 14.

Regresión lineal del porcentaje de la población mayor o igual a 60 años de cada departamento vs el porcentaje de cobertura de vacunación durante el 2021

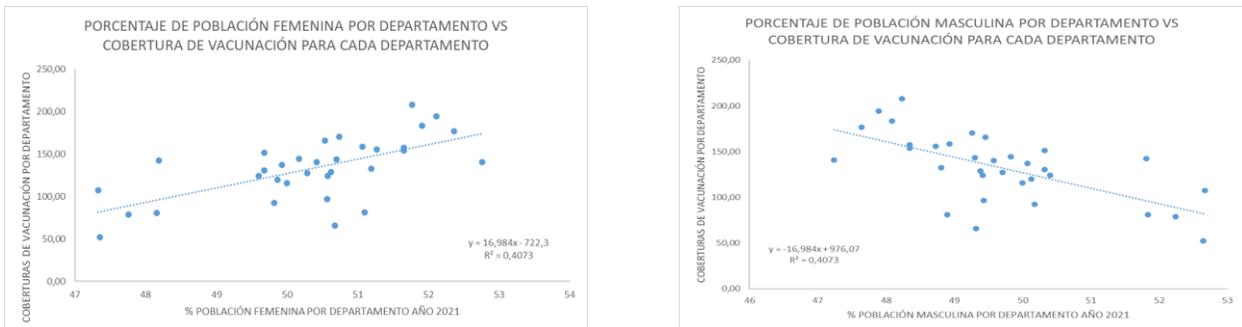


Creación propia.

En la Figura 14 se presenta la gráfica de la regresión lineal realizada con el porcentaje de la población mayor o igual a 60 años de cada departamento versus las coberturas de vacunación para cada departamento al 2021, donde el R2 de la regresión es de 0,012 y que la tendencia de los datos no es lineal.

Figura 15.

Regresión lineal del porcentaje de población femenina y masculina de cada departamento vs el porcentaje de cobertura de vacunación durante el 2021



Creación propia.

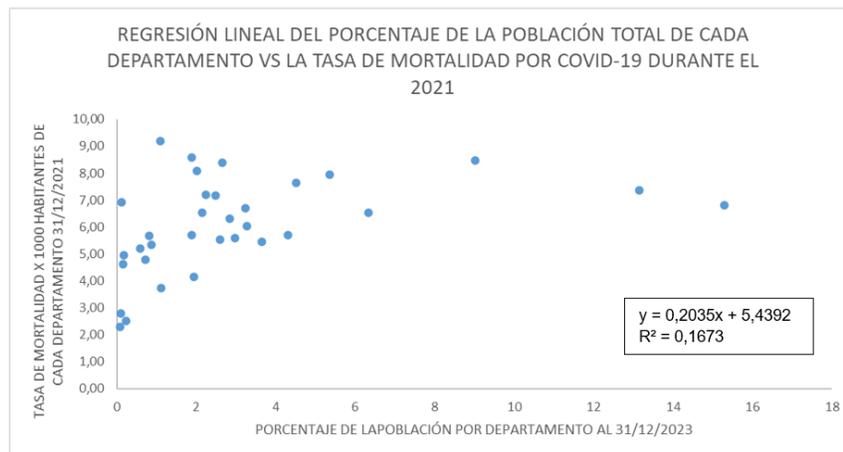
En la Figura 15 se presenta la gráfica de la regresión lineal realizada con el porcentaje de la población femenina y masculina de cada departamento versus las coberturas de vacunación para cada departamento al 2021. Aquí podemos evidenciar que la tendencia para hombres y mujeres va en sentido contrario ya que el valor del coeficiente en la fórmula para las mujeres es positivo y para los hombres es negativo.

Cabe resaltar que el R2 de ambas regresiones es de 0,4073, sin embargo, la regresión lineal para la población femenina muestra que hay una relación directamente proporcional con las coberturas de vacunación, puesto que, a mayor porcentaje de población femenina, mayor cobertura de vacunación según la línea de tendencia. En contraste, la regresión lineal para la población masculina muestra que hay una relación inversamente proporcional con las coberturas de vacunación, dado que a mayor porcentaje de población masculina menor cobertura de vacunación según la línea de tendencia.

9.1.2. Regresión lineal de la tasa de mortalidad por Covid-19 de los 32 departamentos durante el 2021

Figura 16.

Regresión lineal del porcentaje de la población total de cada departamento vs la tasa de mortalidad por covid-19 durante el 2021

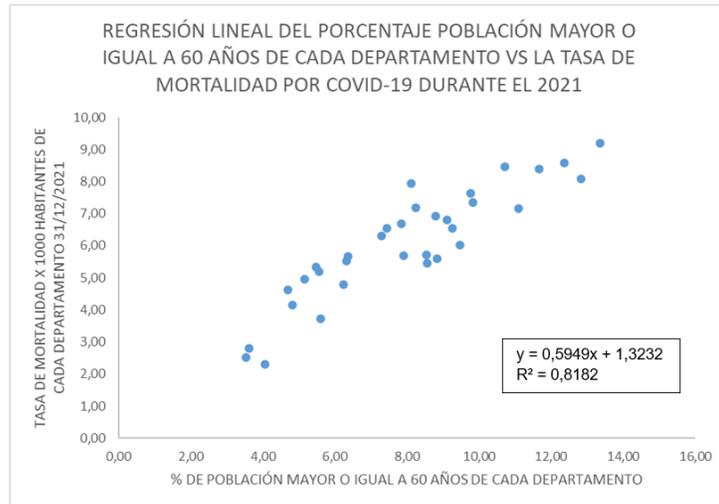


Creación propia.

En la Figura 16 se presenta la gráfica de la regresión lineal realizada con el porcentaje de población total de cada departamento versus las tasas de mortalidad para cada departamento en el año 2021. Aquí podemos evidenciar que el R2 de la regresión es de 0,1673 y que la tendencia de los datos no es lineal.

Figura 17.

Regresión lineal del porcentaje de la población mayor o igual a 60 años de cada departamento vs la tasa de mortalidad por covid-19 durante el 2021

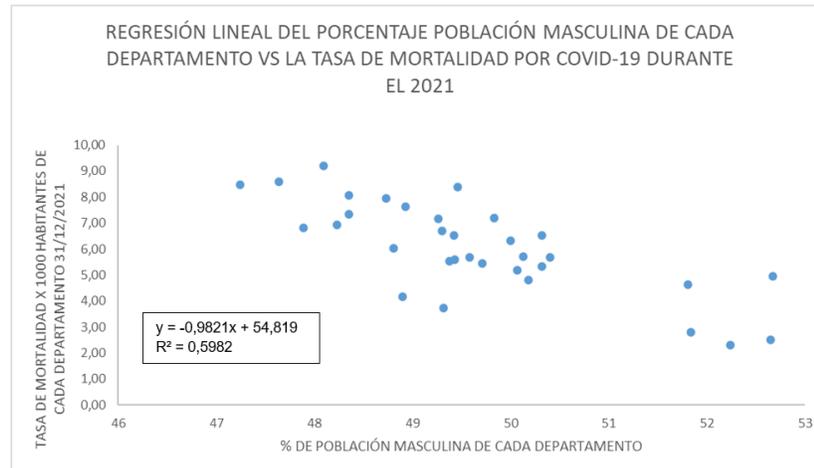
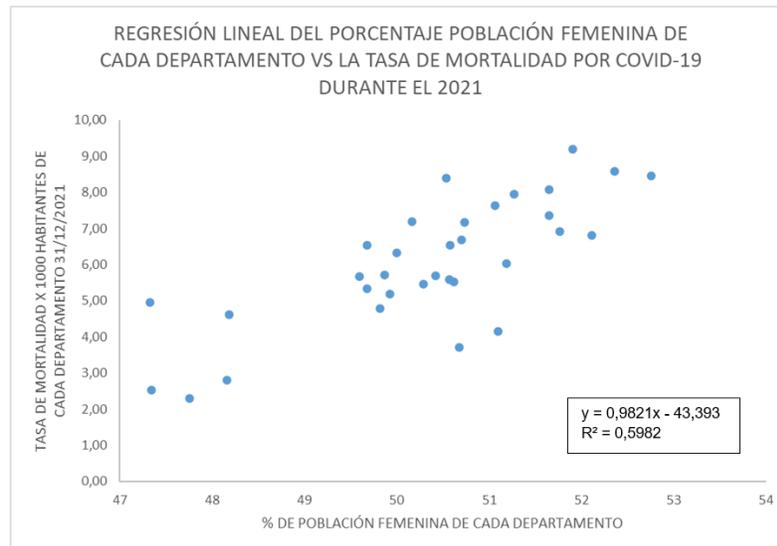


Creación propia.

En la Figura 17 se presenta la gráfica de la regresión lineal realizada con el porcentaje de la población mayor o igual a 60 años de cada departamento versus las tasas de mortalidad por Covid-19 para cada departamento al 2021. Aquí podemos evidenciar que el R2 es de 0,8182 y que existe una relación directamente proporcional entre el porcentaje de población mayor o igual a 60 años con las tasas de mortalidad para cada departamento, puesto que, a mayor porcentaje de población mayor o igual de 60 años, mayor tasa de mortalidad por Covid-19.

Figura 18.

Regresión lineal del porcentaje de la población femenina y masculina de cada departamento vs la tasa de mortalidad por covid-19 durante el 2021



Creación propia.

En la Figura 18 se presenta la gráfica de la regresión lineal realizada con el porcentaje de la población femenina y masculina de cada departamento versus las tasas de mortalidad por Covid-19 para cada departamento al 2021. Aquí podemos evidenciar que la tendencia para hombres y mujeres va en sentido contrario ya que el valor del coeficiente en la fórmula para las mujeres es positivo y para los hombres es negativo.

Cabe resaltar que el R² de ambas regresiones es de 0,5982, sin embargo, la regresión lineal para la población femenina muestra que hay una relación directamente proporcional con las tasas de mortalidad, puesto que, a mayor porcentaje de población femenina, mayor tasa de mortalidad por Covid-19. En contraste, la regresión lineal para la población masculina muestra que hay una relación inversamente proporcional con las tasas de mortalidad, dado que a mayor porcentaje de población masculina menor tasa de mortalidad por Covid-19.

9.2 Análisis de regresión lineal múltiple

9.2.1. Asociación entre las coberturas de vacunación y los factores sociodemográficos seleccionados

Tabla 13.

Regresión lineal múltiple de las coberturas de vacunación versus los factores sociodemográficos seleccionados

Estadísticas de la regresión				
R² AJUSTADO	0,619			
VALOR DE F	13,970			
	Coefficientes	P - value	Inferior 95%	Superior 95%
INTERCEPCIÓN	-176,43	0,33	-539,12	186,25
PORCENTAJE DE POBLACIÓN TOTAL	2,81	0,05	0,04	5,58
PORCENTAJE RURAL %	-23,46	0,00	-38,10	-8,83
PORCENTAJE POBLACIÓN MAYOR O IGUAL A 60 AÑOS	8,90	0,00	4,82	12,97
% MUJERES	4,91	0,19	-2,65	12,46

En la Tabla 13 se presentan los resultados de la regresión lineal múltiple de las coberturas de vacunación versus el porcentaje de población total por departamento, el porcentaje de población rural por departamento, el porcentaje de población mayor o igual a 60 años de cada departamento y el porcentaje de población femenina por departamento, donde se obtiene un R² de 0,6185.

El coeficiente de regresión Beta para la variable de la población total es de 2,8085 con unos intervalos de confianza de 0,035 y 5,581. De manera similar, el coeficiente de regresión Beta para la variable de la población mayor o igual a 60 años es de 8,895 con unos intervalos de confianza de 4,82 y 12,96. En contraste, el coeficiente Beta de regresión para la variable de población rural es de -23,46 con unos intervalos de confianza negativos de -38,095 y - 8,832.

Cabe resaltar que a pesar de que el coeficiente de regresión Beta para la variable de población femenina es positivo 4,9063, el intervalo de confianza es -2,6499 y 12,4627.

Tabla 14.

Regresión lineal múltiple de las coberturas de vacunación versus los factores sociodemográficos seleccionados sin la variable de la población femenina

Estadísticas de la regresión				
R² AJUSTADO	0,61			
VALOR DE F	17,57			
	Coeficientes	P - Value	Inferior 95%	Superior 95%
INTERCEPCIÓN	58,45	8,8E-05	32,18	84,72
PORCENTAJE DE POBLACIÓN TOTAL	2,99	3,6E-02	0,20	5,78
PORCENTAJE RURAL %	-23,41	3,0E-03	-38,21	-8,61
PORCENTAJE POBLACIÓN MAYOR O IGUAL A 60 AÑOS	10,35	1,1E-06	6,91	13,79

En la Tabla 14 se presentan los resultados de la regresión lineal múltiple de las coberturas de vacunación versus los factores sociodemográficos de la Tabla 14 pero sin la variable de la población femenina con el fin de evaluar el efecto de esta variable sobre el modelo estadístico, encontrando que no hay una diferencia significativa en el R2 que es de 0,6083 en comparación al del modelo presentado en la Tabla 14 que es de 0,6185.

Así mismo, el coeficiente de regresión Beta para la variable de la población total es de 2,9943 que es muy similar al obtenido en el modelo de la Tabla 13 (2,8085) con unos intervalos de confianza de 0,2044 y 5,7841. El coeficiente de regresión Beta para la variable de la población mayor o igual a 60 años es de 10,3464 con unos intervalos de confianza de 6,9050 y 13,7879.

El coeficiente de regresión Beta para la variable de población rural es de -23,4132 que es muy similar al obtenido en la Tabla 13 (-23,46) con unos intervalos de confianza negativos de -38,2145 y -8,6119.

9.2.2. Asociación entre la tasa de mortalidad del 2021 de los departamentos vs los factores sociodemográficos seleccionados

Tabla 15.

Regresión lineal múltiple de la tasa de mortalidad por Covid-19 en el año 2021 versus los factores sociodemográficos seleccionados

Estadísticas de la regresión				
R² AJUSTADO	0,86			
VALOR DE F	52,19			
	Coeficientes	P - Value	Inferior 95%	Superior 95%
INTERCEPCIÓN	-14,13	0,01	-24,43	-3,83
PORCENTAJE DE POBLACIÓN TOTAL	0,06	0,13	-0,02	0,14
PORCENTAJE RURAL %	-0,42	0,05	-0,83	0,00
PORCENTAJE POBLACIÓN MAYOR O IGUAL A 60 AÑOS	0,50	0,00	0,38	0,61
% MUJERES	0,32	0,00	0,11	0,54

En la Tabla 15 se presentan los resultados de la regresión lineal múltiple de las tasas de mortalidad por Covid-19 para cada departamento durante el 2021 versus el porcentaje de población total por departamento, el porcentaje de población rural por departamento, el porcentaje de población mayor o igual a 60 años de cada

departamento y el porcentaje de población femenina por departamento, donde se obtiene un R2 de 0,8648.

El coeficiente de regresión Beta para la variable de la población total es de 0,0593 con unos intervalos de confianza de -0,0193 y 0,1381. De manera similar, el coeficiente de regresión Beta para la variable de la población mayor o igual a 60 años es de 0,4991 con unos intervalos de confianza de 0,3835 y 0,6147. El coeficiente de regresión Beta para la variable de población femenina también es positivo 0,3245, el intervalo de confianza 0,1099 y 0,5391. En contraste, el coeficiente de regresión Beta para la variable de población rural es de -0,4170 con unos intervalos de confianza negativos de -0,8325 y -0,0014.

9.2.3. Asociación entre la tasa de mortalidad del 2021 de los departamentos y las coberturas de vacunación

Tabla 16.

Regresión lineal múltiple de la tasa de mortalidad por Covid-19 en el año 2021 versus las coberturas de vacunación y los factores sociodemográficos seleccionados

Estadísticas de la regresión				
R^2 AJUSTADO	0,89			
VALOR DE F	52,17			
	Coeficientes	P - Value	Inferior 95%	Superior 95%
INTERCEPCIÓN	-11,85	0,02	-21,37	-2,33
COBERTURA DE VACUNACIÓN %	0,01	0,01	0,00	0,02
PORCENTAJE DE POBLACIÓN TOTAL	0,02	0,54	-0,05	0,10
PORCENTAJE RURAL %	-0,11	0,60	-0,56	0,33
PORCENTAJE POBLACIÓN MAYOR O IGUAL A 60 AÑOS	0,38	0,00	0,25	0,52
% MUJERES	0,26	0,01	0,06	0,46

En la Tabla 16 se presentan los resultados de la regresión lineal múltiple de las tasas de mortalidad por Covid-19 para cada departamento durante el 2021 versus las

coberturas de vacunación contra Covid-19 y los factores sociodemográficos seleccionados (el porcentaje de población total por departamento, el porcentaje de población rural por departamento, el porcentaje de población mayor o igual a 60 años de cada departamento y el porcentaje de población femenina por departamento), donde se obtiene un R2 de 0,8888.

El coeficiente de regresión Beta para la variable de las coberturas de vacunación contra Covid-19 es de 0,0129 con unos intervalos de confianza de 0,0029 y 0,0229. El coeficiente de regresión Beta para la variable de población total es de 0,0230 con unos intervalos de confianza de -0,0537 y 0,0999. De manera similar, el coeficiente de regresión Beta para la variable de la población mayor o igual a 60 años es de 0,3842 con unos intervalos de confianza de 0,2467 y 0,5218. El coeficiente de regresión Beta para la variable de población femenina también es positivo 0,2611, el intervalo de confianza 0,0601 y 0,4621. En contraste, el coeficiente de regresión Beta para la variable de población rural es de -0,113921879 con unos intervalos de confianza negativos de -0,5582 y 0,3304.

9.3 Modelo estadístico de Poisson

9.3.1. Modelo 1: Poisson para mortalidad según año y porcentaje de ruralidad

Tabla 17.

Modelo de Poisson de mortalidad por Covid-19 según año y porcentaje de ruralidad

MUERTES	IRR	STD.ERR	Z	P> Z	[95% CONF. INTERVAL]	
AÑO	7,27	0,04	398.25	0	7,20	7,35
% RURALIDAD	0,51	0,01	-68.11	0	0,50	0,52
_CONS	0	0	-398.75	0	0	0
Ln(pob)	1	(exposure)				

Number of obs	66
LR chi2(2)	254136,03
Prob > chi2	0
Pseudo R2	0,95
Log likelihood	-6.960,56

En la Tabla 17 se puede evidenciar que la razón de tasas de incidencia (IRR) para el año es de 7,273784 con un error estandarizado de 0,036242 y un intervalo de confianza muy pequeño de 7,203097 a 7,345165. Adicionalmente, el IRR para el porcentaje de ruralidad es de 0,5124212 con un error estandarizado de 0,00503 y un intervalo de confianza muy pequeño de 0,5026569 a 0,5223751.

9.3.2. Modelo 2: Poisson para mortalidad omitiendo el año con los factores sociodemográficos seleccionados

Tabla 18.

Modelo de Poisson de la mortalidad por Covid-19 y porcentaje de ruralidad omitiendo la variable del año

MORTALIDAD	IRR	STD.ERR	Z	P> Z	[95% CONF. INTERVAL]	
COBERTURA	1,00	0,00	12,88	0,00	1,00	1,00
% RURAL	0,88	0,02	-6,93	0,00	0,85	0,92
% MUJERES	1,08	0,00	31,58	0,00	1,08	1,09
Cons	0,00	0,00	-71,74	0,00	0,00	0,00
Ln(pob)	1	exposure				

Number of obs	32
LR chi2(2)	4161,51
Prob > chi2	0
Pseudo R2	0,42
Log likelihood	-2880,13

En la Tabla 18 se puede evidenciar que la razón de tasas de incidencia (IRR) para la cobertura de vacunación es de 1,001218 con un error estandarizado de 0,0000946 y un intervalo de confianza muy pequeño de 1,001033 a 1,001404. El IRR para el porcentaje de ruralidad es de 0,884620 con un error estandarizado de 0,0156543 y un intervalo de confianza de 0,854464 a 0,9158405. Adicionalmente, el IRR para el porcentaje de mujeres es de 1,080553 con un error estandarizado de 0,0026506 y un intervalo de confianza de 1,07537 a 1,08576.

10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se evidenció que el departamento con mayor cobertura de vacunación fue Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, a pesar de que Bogotá D.C. fue el departamento con mayor dosis aplicadas. Esto era de esperar, ya que las coberturas de vacunación dependen del total de la población de cada departamento, por lo tanto, San Andrés y Providencia aplicó suficientes dosis para cubrir 2 veces su población total y sin embargo no se vacunaron los niños menores de 12 años (Bayati, M., *et al*, 2022) (Hyder, A. A., *et al*, 2021). Por otra parte, Bogotá es la capital y la ciudad más poblada del país con la segunda mayor cobertura de vacunación. Además, es probable que Bogotá D.C. haya recibido una asignación proporcionalmente mayor de vacunas debido a su alta densidad de población y su importancia como centro administrativo y sistema de salud (Bayati, M., *et al*, 2022) (Hyder, A. A., *et al*, 2021).

También se confirmó que hay varios departamentos con un alto número de dosis de vacunas aplicadas, como Antioquia y Valle del Cauca, con coberturas de vacunación superiores al 150%. Estas cifras son más altas en comparación con los otros departamentos posiblemente debido a su alta densidad poblacional y a la disponibilidad de recursos para llevar a cabo la administración de las vacunas, destacando también que estos departamentos son importantes centros económicos y urbanos (Bayati, M., *et al*, 2022) (Hyder, A. A., *et al*, 2021).

Los resultados también evidencian que algunos departamentos alcanzaron coberturas por debajo del 100%. Por ejemplo, Vichada, Chocó y Vaupés, tienen las coberturas más bajas en comparación con otros departamentos. Esto puede ser atribuido a factores como su baja densidad poblacional, dificultades en la distribución de las vacunas en áreas remotas y algunas limitaciones en los recursos de salud. Sumado a esto, estos departamentos enfrentan desafíos logísticos y geográficos para la distribución de vacunas debido a su ubicación remota y características geográficas particulares (Bayati, M., *et al*, 2022) (Hyder, A. A., *et al*, 2021).

Cabe resaltar que la cobertura de vacunación a nivel nacional fue de 147% a 31 de diciembre de 2021, siendo la vacuna Pfizer con el mayor número de dosis aplicadas en cada departamento. No obstante, se observa que los fabricantes más utilizados en la administración de dosis en Colombia son Pfizer y Sinovac, seguidos de Moderna, Janssen y AstraZeneca. Esto refleja la diversidad de vacunas utilizadas en el país, lo cual puede estar relacionado con la disponibilidad y la estrategia de adquisición de diferentes fabricantes para satisfacer la demanda nacional (Ministerio de Salud y Protección social, 2021).

Adicionalmente, el porcentaje de vacunación se determinó teniendo en cuenta el número de dosis aplicadas sobre el total de la población de cada departamento y no se tiene en cuenta que algunas personas se aplicaron 1, 2 y hasta 3 dosis para completar el esquema de vacunación. Como se menciona en la metodología, la cobertura de vacunación contra Covid-19 calculada en este trabajo es una razón obtenida del número de vacunas sobre el total de población por cada departamento, la cual cumple con el objetivo de identificar los departamentos con mayor y menor vacunación pese a sus limitaciones a nivel individual.

Se debe tener en cuenta que la cobertura de todas las dosis no solo depende de la población de cada departamento, sino también de la disponibilidad de vacunas y de la eficacia de los programas de vacunación implementados en cada región. Algunos departamentos pueden haber tenido un acceso limitado a las vacunas debido a problemas logísticos o de suministro como es el caso de los departamentos de Vaupés, Chocó y Vichada (MINSALUD – DATOS COVID-19, 2023) (Bayati, M., *et al*, 2022).

Hay que resaltar que también se determinó el porcentaje de participación de cada vacuna por departamento, donde se puede observar que la vacuna Sinovac tiene los porcentajes más altos para los departamentos con mayor población rural como Guainía, Amazonas, San Andrés y Providencia y Vaupés. Esto puede explicarse porque la vacuna de Sinovac es estable a temperatura de refrigeración y no requiere almacenamiento en ultracongelación como las vacunas de Pfizer que necesitan una

temperatura de -20°C para garantizar su estabilidad. Adicionalmente la plataforma biológica de la vacuna Sinovac consiste en virus inactivados lo cual hace que esta vacuna pueda llegar a los departamentos con pocos recursos, en condiciones adversas y con temperaturas altas las cuales pueden arriesgar la estabilidad y efectividad de las otras vacunas como Pfizer (Marfe, G., *et al*, 2021). En contraste, se observa en los departamentos con mayor porcentaje de población urbana y mejores condiciones de acceso al sistema de salud, presentan una prevalencia de vacunación con Pfizer. Como ya se mencionó antes, esto concuerda con las características propias de cada vacuna y las características de la población lo que marca una clara predilección por la vacuna de Sinovac para los departamentos con menor desarrollo urbano (Marfe, G., *et al*, 2021).

Bayati, M., *et al*, señala que las características demográficas y sociales de la región son un factor importante para el acceso y distribución de las vacunas, así como también señala que las zonas rurales generalmente tienen menor acceso a las vacunas que las zonas urbanas (Bayati, M., *et al*, 2022). Esta demostrado que la disponibilidad de información y los reportes en tiempo real pueden ser un limitante para algunos sectores con dificultades geográficas o económicas, impidiendo el adecuado reporte tanto de los casos como de las dosis aplicadas dentro del sistema de salud (Hyder, A. A., *et al*, 2021), lo cual explicaría las diferencias en las coberturas de vacunación de las grandes ciudades con los departamentos con población principalmente rural.

En adición, los departamentos con mayor cobertura de vacunación cuentan con un porcentaje de población urbana mayor que el porcentaje de población rural lo cual puede ser un factor sociodemográfico determinante en la cobertura de vacunación. La literatura refiere que las poblaciones urbanas tienen un mayor acceso a las vacunas, con la infraestructura adecuada para garantizar la estabilidad y la adecuada administración a la población objetivo, mientras que las poblaciones rurales presentan más limitaciones en temas de accesibilidad, distribución equitativa de las vacunas,

cobertura del sistema de salud y educación (Hosseinipour, M. C., *et al*, 2021) (Morales, D. X., *et al*, 2022) (McElfish, P. A., *et al*, 2021) (Mobarak, A. M., *et al*, 2022) como es el caso de los departamentos con menor cobertura de vacunación.

El análisis bivariado realizado con las coberturas de vacunación versus las tasas de mortalidad indica que no hay una relación visible entre la vacunación y disminución de la tasa de mortalidad en el 2021 con este modelo, especialmente en los departamentos con menor desarrollo urbano como Guaviare, Vichada, Vaupés y Guainía que recibieron principalmente la vacuna de Sinovac según los resultados previamente discutidos. Esto podría en parte atribuirse a la efectividad de la vacuna de Sinovac que oscila entre un 51% para la infección sintomática y muerte (Tregoning, J. S., *et al*, 2021), lo cual no es un alto porcentaje para estos departamentos que no superaron el 100% de cobertura de vacunación. Otro punto que se debe resaltar es que los departamentos que lograron las coberturas más altas de vacunación como es el caso de Boyacá, San Andrés, Bogotá, Quindío, Risaralda, Tolima y Santander, también son los departamentos con mayor tasa de mortalidad y en cuyo caso los últimos tres se ubican en el cuartil 4 de tasa de mortalidad y cobertura de vacunación.

Por otra parte, se observó que el departamento con mayor tasa de mortalidad por Covid-19 es Quindío, mientras que el departamento con menor tasa de mortalidad es Vaupés. Esta cifra puede estar correlacionada con las dificultades que enfrenta este departamento a la hora de realizar la detección del virus una vez la persona ha fallecido, razón por la cual probablemente no se lograron detectar más casos confirmados (MINSALUD – DATOS COVID-19, 2023).

Otro dato importante que se debe resaltar es que Bogotá D.C. fue el departamento con mayor número de vacunas aplicadas, sin embargo, también presenta un número considerablemente alto de fallecidos. Esto puede atribuirse a que los esfuerzos para la detección del virus fueron mucho mayores por la capacidad del sistema de salud para confirmar los casos y el gran número de pruebas realizadas para identificar el virus comparado con otros departamentos con escasos recursos y poca

infraestructura. Del mismo modo, se puede observar una situación análoga en las áreas urbanas densamente pobladas con tasas de mortalidad elevadas, como es el caso del Eje Cafetero, el Valle del Cauca y Antioquia. En estas regiones, se llevaron a cabo esfuerzos significativos para la detección del virus en individuos sintomáticos. Además, se establecieron centros de atención para personas con complicaciones graves de COVID-19, donde podían recibir el tratamiento médico necesario. Lamentablemente, muchas de estas personas fallecían en dichos centros, y sus casos eran registrados en el sistema de vigilancia epidemiológica del departamento de destino, sin considerar su lugar de origen.

No obstante, debido a la pandemia y las restricciones económicas, muchas personas quedaron sin empleo y sin su principal fuente de ingresos, razón por la cual algunas personas se vieron obligadas a modificar su estilo de vida para poder subsistir (Hyder, A. A., et al, 2021). El impacto en la salud y el encarecimiento de los gastos médicos en las personas que se vieron afectadas económicamente (Hyder, A. A., et al, 2021), pudieron ser factores importantes en el aumento de la mortalidad durante el 2021.

El análisis de regresión lineal simple reveló que, hay una relación directamente proporcional entre el porcentaje de población femenina versus la cobertura de vacunación y tasas de mortalidad. En contraste, se observó una relación inversamente proporcional con la población masculina. Esto concuerda con lo reportado en la literatura donde Morales, D.X. *et al*, menciona que a pesar de que las mujeres son más propensas a tener dudas respecto a las vacunas, las condiciones laborales y socioafectivas las impulsan a aplicarse las vacunas en mayor proporción que los hombres (Morales, D. X., *et al*, 2022). Adicionalmente, Kiran, T., et al, menciona que las mujeres son más propensas a pagar por la vacuna si fuese necesario en comparación con los hombres y así mismo estas estarían dispuestas a pagar mucho más que los hombres por adquirir la vacuna contra Covid-19 (Kiran, T., et al, 2022).

Así mismo Morales, D.X. *et al*, menciona que las mujeres son más propensas a quedar sin trabajo si no se aplican las vacunas en comparación con los hombres; aun teniendo

en cuenta que un gran número de personal de salud es del género femenino, lo cual implica que están más expuestas al virus y al contagio. La literatura también menciona que la población masculina es menos propensa a presentar dudas respecto a la vacunación, sin embargo, las condiciones socioeconómicas de los hombres no los obligan a adquirir la vacuna como sucede con la población femenina, (Morales, D. X., *et al*, 2022).

Según la literatura los estudios de eficacia y seguridad de las vacunas se menciona que hay una diferencia marcada en la efectividad de las vacunas Moderna, Pfizer, Sinovac y AstraZeneca donde el porcentaje de efectividad es más alto en hombres que en mujeres. En contraste, los ensayos clínicos reportan un mayor porcentaje de efectos secundarios y complicaciones en las mujeres que en los hombres (Jensen, A., *et al*, 2022). No obstante, los estudios también correlacionan los efectos secundarios elevados en mujeres con la respuesta inmune, dado que las mujeres tienden a desarrollar una respuesta inmune mucho más fuerte y con un mayor número de anticuerpos en comparación con los hombres, lo que se podría correlacionar en parte con las complicaciones por infección post vacunal con Covid-19 (Hussain, M., *et al*, 2022).

Adicionalmente se observó una relación directamente proporcional con el porcentaje de población mayor o igual de 60 años versus la tasa de mortalidad por Covid-19. Esto concuerda con lo reportado en la literatura donde se menciona que las personas con 60 años o más presentan los casos más graves de Covid-19 y generalmente tienen complicaciones que conllevan a la muerte. Esto está asociado a las comorbilidades y los grupos de riesgo que se han reportado y quienes tienen el mayor número de defunciones (Hyder, A. A., *et al*, 2021) (Su, D., *et al*, 2020) (Singh, N., *et al*, 2021).

Adicionalmente, la revisión sistemática realizada por Anakpo, G., & Mishi, S. (2022) reporta que las personas mayores están son más propensas a recibir la vacuna contra Covid-19 y presentan menos dudas frente a las mismas, sin embargo, esto está ligado

también a otros factores sociodemográficos como el grado de escolaridad y la ocupación (Anakpo, G., Mishi, S., 2022).

Por otra parte, el análisis de regresión lineal múltiple identificó que hay una relación directamente proporcional entre las coberturas de vacunación versus el porcentaje de población total por departamento y el porcentaje de población de 60 años o más. En contraste, se observa una relación inversamente proporcional con el porcentaje de ruralidad.

Cabe resaltar que no se observó una relación estadísticamente significativa entre la población femenina y las coberturas de vacunación, debido a que el rango de los intervalos de confianza es muy grande. Esto se confirmó realizando una segunda regresión lineal múltiple donde se evaluaron las coberturas de vacunación con los factores sociodemográficos mencionados sin incluir la variable de población femenina, donde se obtiene un segundo R2 muy similar al R2 del primer modelo. Esto indica que el factor de la población femenina puede no afectar directamente la variable de la cobertura de vacunación para cada departamento pues no hay una diferencia significativa en el R2 y los coeficientes para las otras variables son muy similares entre un modelo y otro.

Así mismo, se evidenció una relación directamente proporcional entre la tasa de mortalidad versus el porcentaje de población mayor o igual a 60 años y el porcentaje de población femenina. No obstante, observamos una relación inversamente proporcional entre el porcentaje de población rural y la tasa de mortalidad por Covid-19.

Se realizó un tercer modelo de regresión lineal múltiple donde se pretendía evaluar el efecto de la vacunación sobre las tasas de mortalidad junto con todos los factores sociodemográficos evaluados el cual sugiere una relación directamente proporcional entre la cobertura de vacunación y la tasa de mortalidad por Covid-19 ya que por cada 0,012% que aumenta la cobertura de vacunación para cada departamento, la mortalidad por Covid-19 aumenta en 1 x 1000 habitantes. No obstante, el coeficiente

de regresión beta es muy pequeño y los intervalos de confianza varían en un decimal lo cual puede no ser un hallazgo estadísticamente significativo.

Para confirmar esta relación se aplicó un modelo de Poisson que relaciona la mortalidad por año versus el porcentaje de ruralidad donde se puede evidenció que el valor de IRR para la mortalidad incrementa a nivel nacional 7,2 veces con la población estandarizada de un año a otro. Adicionalmente, el modelo mostró que el incremento de mortalidad por departamento es uniforme según el nivel de ruralidad puesto que el IRR indica que un punto más de porcentaje de ruralidad disminuye la mortalidad por año en 0,51 veces.

En el segundo modelo de Poisson aplicado que analiza la relación de la mortalidad del 2021 versus las coberturas de vacunación y los factores sociodemográficos presenta un IRR para la cobertura de vacunación de 1,00. Por tanto, al ser un IRR tan pequeño, el modelo no permite determinar la magnitud de la asociación entre las variables.

Adicionalmente, este segundo modelo de Poisson permite confirmar la relación inversamente proporcional entre la mortalidad y el porcentaje de población rural para cada departamento de Colombia.

Hay que aclarar que los modelos de Poisson se realizaron con los datos absolutos de las defunciones para cada departamento, en lugar de la tasa de mortalidad x 1000 habitantes y adicional a esto, el valor de la población para cada departamento se estandarizó para asegurar la exposición de la población a cada una de las variables, razones por las cuales se pueden explicar las diferencias con los resultados de las regresiones lineales donde los datos se trabajaron en valores relativos y donde se evidenció una relación inversamente proporcional entre el porcentaje de ruralidad y la tasa de mortalidad por Covid-19 lo cual fue discutido previamente.

Estos hallazgos pueden explicarse porque la quinta etapa del plan nacional de vacunación inició en Julio de 2021, la cual pretendía cubrir a la totalidad de la población vulnerable de infección con SARS-CoV2, sin embargo, para esta misma época se

presenta el mayor pico de contagios y el mayor pico de mortalidad por Covid-19, lo cual permite inferir que las vacunas en Colombia se introdujeron demasiado tarde para disminuir la mortalidad por Covid-19 durante el año de estudio (Instituto Nacional de Salud., 2023) (MINSALUD, 2023).

También es importante resaltar que los departamentos con mayores coberturas de vacunación presentan una mayor capacidad y una mejor infraestructura del sistema de salud, por lo que estos departamentos pudieron recibir los casos mas graves de Covid-19 y allí fallecieron, siendo reportados en el sistema sin tener en cuenta el departamento de origen (Hosseini pour, M. C., *et al*, 2021) (Morales, D. X., *et al*, 2022) (McElfish, P. A., *et al*, 2021) (Mobarak, A. M., *et al*, 2022).

11. CONCLUSIONES

En el presente estudio se estimaron las frecuencias relativas de vacunación contra Covid-19 por cada departamento de Colombia con corte al 31 de diciembre de 2021 donde se encontraron que los departamentos con mayor cobertura de vacunación fueron San Andrés y Providencia, seguido de Bogotá y Quindío, siendo Bogotá el departamento con mayor número de dosis de vacunas aplicadas. Los departamentos con menor cobertura de vacunación fueron Vichada, seguido de Chocó y Vaupés los cuales recibieron un número de dosis de vacunas considerablemente bajos a comparación con otros departamentos.

Adicionalmente se determinó el porcentaje de participación de cada vacuna, donde se encontró que la vacuna Sinovac es la vacuna que tiene mayor participación los departamentos de Guainía, Chocó, Amazonas, San Andrés y Providencia y Vaupés. Esto era de esperarse por las características propias de la vacuna, como la estabilidad en temperaturas de refrigeración lo que hace que esta vacuna fuera la más idónea para los departamentos donde las condiciones sociodemográficas dificultaban el avance del plan nacional de vacunación.

Sumado a esto, el análisis bivariado permite concluir que la vacuna de preferencia para los departamentos con mayor porcentaje de población rural y condiciones de difícil acceso al sistema de salud fue la vacuna de Sinovac en lugar de Pfizer. En contraste, se observa que la vacuna de Pfizer fue la vacuna de preferencia para los departamentos con mayor desarrollo porcentaje de población rural y mejores condiciones de acceso al sistema de salud.

No obstante, los departamentos con las coberturas de vacunación más bajas son los departamentos cuyas características geográficas y sociales representan un limitante para el acceso de las vacunas. Igualmente, las dificultades del sistema de salud para generar reportes de casos y dosis aplicadas en tiempo real en estos departamentos

pudo ser un factor determinante para que las coberturas de vacunación sean tan bajas a comparación de los departamentos más urbanizados como Bogotá.

Adicionalmente, se observó un aumento en las tasas de mortalidad por Covid-19 durante el 2021 comparado con las tasas de mortalidad durante el 2020, lo cual pudo estar relacionado con los factores socioeconómicos generados a raíz de la pandemia como la pérdida de empleos y el encarecimiento en los gastos de salud de las poblaciones más afectadas. No obstante, estos factores socioeconómicos individuales no se analizaron a profundidad y se presentan como hipótesis basadas en la literatura, razón por la cual se sugieren estudios futuros sobre los efectos socioeconómicos individuales de la pandemia y su relación con las tasas de mortalidad en Colombia.

En consecuencia, el departamento con mayor tasa de mortalidad por Covid-19 es Quindío y el departamento con menor tasa de mortalidad es Vaupés. Estas cifras pueden estar correlacionadas con el acceso las vacunas y los esfuerzos por confirmar la presencia del virus en personas fallecidos.

Por otra parte, el análisis de las medidas de tendencia central mostró que los datos de las coberturas de vacunación tienen una dispersión bastante amplia dado que la desviación estándar y la varianza fueron muy grandes, mientras que los datos de las tasas de mortalidad y la población rural y urbana presentan datos más cercanos a la media con una desviación estándar y una varianza muy pequeñas.

El análisis bivariado realizado entre las coberturas de vacunación vs las tasas de mortalidad muestra que hay varios departamentos que coinciden dentro del mismo cuartil de cobertura de vacunación y tasa de mortalidad, lo que indica que no hay un efecto protector visible de la vacunación y por lo tanto hay departamentos que no disminuyen en la tasa de mortalidad, especialmente en los departamentos con menor desarrollo urbano como Guaviare, Vichada, Vaupés y Guainía que recibieron principalmente la vacuna de Sinovac. Según la literatura este efecto podría atribuirse a la efectividad de la vacuna de Sinovac que oscila entre un 51% para la infección

sintomática y muerte (Tregoning, J. S., *et al*, 2021), lo cual es un porcentaje bajo cuando no se alcanza una cobertura de vacunación del 100%.

Por otra parte, al realizar la regresión lineal simple del porcentaje de la población mayor o igual a 60 años de cada departamento versus las coberturas de vacunación para cada departamento al 2021, se encontró que no hay una relación estadísticamente significativa puesto que el R^2 de la regresión fue cercano a 0 y que la tendencia de los datos no es lineal.

En contraste, la regresión lineal realizada con la variable de género para cada departamento versus las coberturas de vacunación para cada departamento al 2021 muestra que sí hay una relación estadística entre las variables. Se observó una relación directamente proporcional con las coberturas de vacunación. En contraste, se observó una relación inversamente proporcional con la población masculina.

También se realizó el mismo análisis de regresión lineal para analizar la relación entre las tasas de mortalidad y los factores sociodemográficos seleccionados encontrando que no hay una relación estadísticamente significativa con el porcentaje de población total de cada departamento.

Por otra parte, si se evidenció una relación directamente proporcional entre el porcentaje de población mayor o igual a 60 años con las tasas de mortalidad para cada departamento. La misma relación directamente proporcional se evidenció con el porcentaje de población femenina pero no con el porcentaje de población masculina.

Para complementar los modelos de regresión lineal simple, se realizaron varios modelos de regresión lineal múltiple donde se confirmaron algunos de los resultados obtenidos en la regresión lineal simple.

Se confirmó que hay una relación directamente proporcional entre las coberturas de vacunación y el porcentaje de población mayor o igual a 60 años, así como también con el porcentaje de población total por cada departamento. En contraste, se observó

una relación inversamente proporcional entre las coberturas de vacunación y el porcentaje de población rural por departamento.

No se logró evidenciar una relación estadísticamente significativa entre las coberturas de vacunación y el porcentaje de población femenina, lo cual difiere con los resultados del modelo de regresión lineal simple.

Se confirmó la relación directamente proporcional entre las tasas de mortalidad vs el porcentaje de población mayor o igual a 60 años para cada departamento y el porcentaje de población femenina para cada departamento, lo cual concuerda con los resultados de los modelos de regresión lineal simple donde se observa la misma relación. No obstante, se confirmó una relación inversamente proporcional entre el porcentaje de población rural y la tasa de mortalidad por Covid-19.

El modelo de regresión lineal múltiple y los modelos de Poisson que incluyen las tasas de mortalidad y las coberturas de vacunación con los factores sociodemográficos evaluados, mostraron que no hay un efecto protector ecológico de la vacunación contra Covid-19 versus la mortalidad por Covid-19 durante el año evaluado probablemente porque la vacunación en Colombia se implementó demasiado tarde para contrarrestar la mortalidad por Covid-19 durante el año 2021.

También se puede explicar porque los departamentos con mayores coberturas de vacunación son los departamentos con una mejor infraestructura del sistema de salud, los cuales recibieron los casos más graves de Covid-19 remitidos para tratamiento especializado y allí fallecían siendo reportados al sistema sin tener en cuenta el departamento de origen.

En consecuencia, este trabajo muestra múltiples factores sociodemográficos a nivel poblacional pueden afectar las coberturas de vacunación y que se deben plantear nuevos estudios que evalúen la relación de los factores sociodemográficos a nivel individual como el grado de escolaridad, el acceso al sistema de salud, los ingresos y la ocupación que están directamente relacionados con la mortalidad por enfermedades

infectocontagiosas y la aceptación de vacunas (Hyder, A. A., et al, 2021) (López-Gay, A., et al, 2022).

También se confirmó que el avance de la campaña de vacunación en Colombia durante el año 2021 fue un paso importante en la lucha contra la pandemia, pero la implementación del plan nacional de vacunación no fue oportuna y no logró contrarrestar la mortalidad durante el pico más alto de contagios del 2021. Es necesario enfocar los esfuerzos en aquellos departamentos que presentan una menor cantidad de dosis administradas y una cobertura menor al 100% durante el año evaluado, siendo esta un aprendizaje para el manejo, la respuesta oportuna y la prevención de futuras epidemias de enfermedades infecciosas en el país.

Por lo anterior, es crucial que se implementen estrategias para abordar las dificultades aquí presentadas, mejorando el alcance y la respuesta oportuna del sistema de salud, las campañas de vacunación y el acceso de las poblaciones rurales a los centros de salud, dado que este trabajo demostró estadísticamente que la ruralidad es un factor determinante que puede aumentar la tasa de mortalidad por Covid-19 y disminuir las coberturas de vacunación contra Covid-19.

Finalmente, con los resultados aquí presentados se concluye que no hay un efecto protector ecológico de la vacunación contra Covid-19 y las tasas de mortalidad por Covid-19 para el año 2021. Sin embargo, los factores sociodemográficos poblacionales como el porcentaje de ruralidad, el género y la edad afectan directamente estas variables para cada departamento de Colombia.

12. BENEFICIOS Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO.

Teniendo en cuenta que este tipo de estudios no se ha realizado en Colombia y que los datos reportados en las bases de datos del sistema de salud colombiano, aún no han sido analizados y correlacionados con los factores sociodemográficos propios de cada departamento. Adicionalmente, este estudio pretende explorar líneas de investigación que asocien las coberturas de vacunación vs la mortalidad por Covid-19 durante los años de pandemia.

Por lo anterior, este estudio ecológico tiene el potencial de ser publicado en revistas científicas internacionales, las cuales permitan incentivar la comunidad científica en Colombia a profundizar en esta línea de investigación que hasta ahora es nueva.

Por otra parte, los estudios ecológicos están sujetos a limitantes debido a que la población de estudio no permite inferencias individuales. Cuando hay un sesgo de confusión entre variables individuales y poblacionales se conoce comúnmente como “Falacia ecológica” (Borja, V., 2000).

No obstante, este sesgo sólo representa un problema cuando se intenta extrapolar los resultados grupales al nivel individual pero en el caso del presente estudio no se realizaron inferencias o análisis a nivel individual, únicamente realizaron análisis a nivel poblacional y las conclusiones planteadas sugieren que aunque exista una relación estadística entre las variables, se requieren estudios adicionales que evalúen factores individuales como los esquemas completos de vacunación para cada persona, su relación con la mortalidad y los factores sociodemográficos individuales como grado de escolaridad e ingresos (López-Gay, A., *et al*, 2022).

Por otra parte, estos estudios ecológicos son de gran utilidad para tomar decisiones en salud pública de poblaciones o grupos particulares con características similares

pero no son muy útiles al momento de tomar acciones a nivel individual o realizar inferencias para grupos más pequeños (Borja, V., 2000).

Según Borja, V. 2000, dentro de las limitantes más comunes para los estudios ecológicos y que pueden aplicar para este trabajo de investigación son:

- Dificultad de controlar los factores de confusión: Algunas variables independientes que no son evaluadas, pero pueden afectar el resultado de las variables dependientes. Algunos datos sociodemográficos particulares como el grado de escolaridad e ingresos los cuales pueden estar relacionados con el aumento de la mortalidad (Hyder, A. A., et al, 2021). También se debe tener en cuenta que las coberturas de vacunación determinadas a partir del total de la población y que no tienen en cuenta los esquemas de vacunación completos para las vacunas que requieren más de una dosis.
- Sesgos de información: Algunos departamentos de Colombia no tienen el mismo acceso a la información y pueden no reportar la totalidad de los datos. Los departamentos de difícil acceso y con mayor población rural que no cuentan con una buena cobertura de sistemas de información y vigilancia epidemiológica adecuados para reportar las defunciones y las dosis de vacunas aplicadas en tiempo real.
- Calidad de la información: Los datos recopilados pueden no ser confiables o certeros totalmente. Los datos de dosis aplicadas recopilados de las bases de datos de libre acceso no discriminan la cantidad de dosis aplicadas por individuo lo que actúa como un confusor al momento de calcular la razón de coberturas de vacunación. Adicionalmente, se tuvo que filtrar dentro de las mismas bases de datos a la población menor de 12 años, la cual no fue tomada en cuenta al iniciar el plan nacional de vacunación.

13. CONFLICTO DE INTERESES.

Los participantes de esta investigación referidos al inicio del documento manifiestan libremente no presentar ningún conflicto de interés y que todo el material intelectual generado a partir de esta tesis de Maestría será tratado de acuerdo con las políticas de propiedad intelectual determinadas por la Universidad Nacional de Colombia y la ley 23 de 1982.

Se autoriza a la Universidad Nacional de Colombia para que el material intelectual sea publicado en el repositorio y archivo digital de la Universidad para fines académicos.

14. BIBLIOGRAFÍA

Abrams, E. M., Greenhawt, M., Shaker, M., Pinto, A. D., Sinha, I., & Singer, A. (2022). The COVID-19 pandemic: Adverse effects on the social determinants of health in children and families. *Annals of allergy, asthma & immunology : official publication of the American College of Allergy, Asthma, & Immunology*, 128(1), 19–25. <https://doi-org.ezproxy.javeriana.edu.co/10.1016/j.anai.2021.10.022>

Ali, H. A., Hartner, A. M., Echeverria-Londono, S., Roth, J., Li, X., Abbas, K., Portnoy, A., Vynnycky, E., Woodruff, K., Ferguson, N. M., Toor, J., & Gaythorpe, K. A. (2022). Vaccine equity in low and middle income countries: a systematic review and meta-analysis. *International journal for equity in health*, 21(1), 82. <https://doi-org.ezproxy.javeriana.edu.co/10.1186/s12939-022-01678-5>

Anakpo, G., & Mishi, S. (2022). Hesitancy of COVID-19 vaccines: Rapid systematic review of the measurement, predictors, and preventive strategies. *Human vaccines & immunotherapeutics*, 18(5), 2074716. <https://doi.org/10.1080/21645515.2022.2074716>

Borja, V. (2000). Estudios Ecológicos. *Salud Pública de México*. 42(6). <https://www.scielosp.org/article/spm/2000.v42n6/533-538/>

Bayati, M., Noroozi, R., Ghanbari-Jahromi, M., & Jalali, F. S. (2022). Inequality in the distribution of Covid-19 vaccine: a systematic review. *International journal for equity in health*, 21(1), 122. <https://doi.org/10.1186/s12939-022-01729-x>

Choi E. M. (2021). COVID-19 vaccines for low- and middle-income countries. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 115(5), 447–456. <https://doi.org/10.1093/trstmh/trab045>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. (2023). Metadato de las proyecciones de población actualización post COVID-19 [https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion]

Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. (2023). Estudios Post censales <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018/informacion-tecnica>]

Echoru, I., Ajambo, P. D., Keirania, E., & Bukenya, E. E. M. (2021). Sociodemographic factors associated with acceptance of COVID-19 vaccine and clinical trials in Uganda: a cross-sectional study in western Uganda. *BMC public health*, 21(1), 1106. <https://doi.org.ezproxy.javeriana.edu.co/10.1186/s12889-021-11197-7>

Fatima, M., Ikram, N., Majeed, A., Parveen, F., Tariq, M., Barkat, M. Q., Zeng, L. H., ... Wu, X. (2022). COVID-19 vaccine trials and sex-disaggregated data. *Expert review of vaccines*, 21(3), 285–288. <https://doi.org/10.1080/14760584.2022.2015331>

Fierabracci, A., Arena, A., & Rossi, P. (2020). COVID-19: A Review on Diagnosis, Treatment, and Prophylaxis. *International journal of molecular sciences*, 21(14), 5145. <https://doi.org.ezproxy.javeriana.edu.co/10.3390/ijms21145145>

Fiolet, T., Kherabi, Y., MacDonald, C. J., Ghosn, J., & Peiffer-Smadja, N. (2022). 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 : the official publication of the European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, 28(2), 202–221. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2021.10.005>

Guarin Norberto. (2002). Libro Estadística aplicada. Universidad Nacional de Colombia. <https://www.studocu.com/co/document/universidad-de-medellin/estadistica-aplicada/libro-estadistica-aplicada-basica-completo/21015638>

Hosseini pour, M. C., Dolo, H., Siewe Fodjo, J. N., Low, W. Y., & Colebunders, R. (2021). Factors Affecting COVID-19 Vaccine Acceptance: An International Survey among Low- and Middle-Income Countries. *Vaccines*, 9(5), 515. <https://doi-org.ezproxy.javeriana.edu.co/10.3390/vaccines9050515>

Hussain, M., Fatima, M., Muhammad Iqbal, S., Asif, M., Saadullah, M., Kashif-Ur-Rehman, Mukhtar, I., Ahmad Khan, I., Parveen, S., Fayyaz, T., Shabbir, N., Kanwal, A., Shaukat, S.,

Hyder, A. A., Hyder, M. A., Nasir, K., & Ndebele, P. (2021). Inequitable COVID-19 vaccine distribution and its effects. *Bulletin of the World Health Organization*, 99(6), 406–406A. <https://doi.org/10.2471/BLT.21.285616>

Instituto Nacional de Salud. (2023). Reporte diario Covid-19 en Colombia [<https://www.ins.gov.co/Noticias/Paginas/Coronavirus.aspx>]

Jensen, A., Stromme, M., Moyassari, S., Chadha, A. S., Tartaglia, M. C., Szoeker, C., & Ferretti, M. T. (2022). COVID-19 vaccines: Considering sex differences in efficacy and safety. *Contemporary clinical trials*, 115, 106700. <https://doi.org/10.1016/j.cct.2022.106700>

Kashte, S., Gulbake, A., El-Amin Iii, S. F., & Gupta, A. (2021). COVID-19 vaccines: rapid development, implications, challenges and future prospects. *Human cell*, 34(3), 711–733. <https://doi-org.ezproxy.javeriana.edu.co/10.1007/s13577-021-00512-4>

Kiran, T., Junaid, K. P., Sharma, D., Jain, L., Vij, J., Satapathy, P., Chakrapani, V., Patro, B. K., Kar, S. S., Singh, R., Pala, S., Bali, S., Rustagi, N., Goel, K., Sankhe, L., Modi, B., Gupta, M., Aggarwal, A. K., Rajagopal, V., & Padhi, B. K. (2022). Sociodemographic Determinants of Willingness and Extent to Pay for COVID-19 Vaccine in India. *Frontiers in public health*, 10, 870880. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.870880>

Kirtipal, N., Bharadwaj, S., & Kang, S. G. (2020). From SARS to SARS-CoV-2, insights on structure, pathogenicity and immunity aspects of pandemic human coronaviruses. *Infection, genetics and evolution : journal of molecular epidemiology and evolutionary genetics in infectious diseases*, 85, 104502. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2020.104502>

López-Gay, A., Spijker, J., Cole, H. V. S., Marques, A. G., Triguero-Mas, M., Anguelovski, I., Marí-Dell'Olmo, M., Módenes, J. A., Álamo-Junquera, D., López-Gallego, F., & Borrell, C. (2022). Sociodemographic determinants of intraurban variations in COVID-19 incidence: the case of Barcelona. *Journal of epidemiology and community health*, 76(1), 1–7. <https://doi.org/10.1136/jech-2020-216325>

MacLennan C. A. (2013). Vaccines for low-income countries. *Seminars in immunology*, 25(2), 114–123. <https://doi-org.ezproxy.javeriana.edu.co/10.1016/j.smim.2013.05.004>

Marfe, G., Perna, S., & Shukla, A. K. (2021). Effectiveness of COVID-19 vaccines and their challenges (Review). *Experimental and therapeutic medicine*, 22(6), 1407. <https://doi.org/10.3892/etm.2021.10843>

McElfish, P. A., Willis, D. E., Shah, S. K., Bryant-Moore, K., Rojo, M. O., & Selig, J. P. (2021). Sociodemographic Determinants of COVID-19 Vaccine Hesitancy, Fear of Infection, and Protection Self-Efficacy. *Journal of primary care & community health*, 12, 21501327211040746. <https://doi-org.ezproxy.javeriana.edu.co/10.1177/21501327211040746>

Melenotte, C., Silvin, A., Goubet, A. G., Lahmar, I., Dubuisson, A., Zumla, A., Raoult, D., Merad, M., Gachot, B., Hénon, C., Solary, E., Fontenay, M., André, F., Maeurer, M., Ippolito, G., Piacentini, M., Wang, F. S., Ginhoux, F., Marabelle, A., Kroemer, G., ... Zitvogel, L. (2020).

Immune responses during COVID-19 infection. *Oncoimmunology*, 9(1), 1807836. <https://doi.org.ezproxy.javeriana.edu.co/10.1080/2162402X.2020.1807836>

Mesa-Vieira, C., Botero-Rodríguez, F., Padilla-Muñoz, A., Franco, O. H., & Gómez-Restrepo, C. (2021). The Dark Side of the Moon: Global challenges in the distribution of vaccines and implementation of vaccination plans against COVID-19. *Maturitas*, 149, 37–39. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2021.05.003>

MINSALUD – DATOS COVID-19. (2023). Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. [https://www.datos.gov.co/Salud-y-Proteccion-Social/Asignacion-de-dosis-de-vacuna-contra-COVID-19/sdvb-4x4j/explore/query/SELECT%0A%20%20%60num_resolucion%60%2C%0A%20%20%60fecha_resolucion%60%2C%0A%20%20%60a_o%60%2C%0A%20%20%60cod_territorio%60%2C%0A%20%20%60nom_territorio%60%2C%0A%20%20%60laboratorio_vacuna%60%2C%0A%20%20%60cantidad%60%2C%0A%20%20%60uso_vacuna%60%2C%0A%20%20%60modificacion_res%60%2C%0A%20%20%60fecha_corte%60/page/filter]

Mirahmadizadeh, A., Rezaei, F., Jokari, K., Moftakhar, L., Hemmati, A., Dehghani, S. S., Hassani, A. H., Lotfi, M., Jafari, A., & Ghelichi-Ghojogh, M. (2022). Correlation between environmental factors and COVID-19 indices: a global level ecological study. *Environmental science and pollution research international*, 29(11), 16667–16677. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16876-x>

Mobarak, A. M., Miguel, E., Abaluck, J., Ahuja, A., Alsan, M., Banerjee, A., Breza, E., Chandrasekhar, A. G., Duflo, E., Dzansi, J., Garrett, D., Goldsmith-Pinkham, P., Gonsalves, G. S., Hossain, M. M., Jakubowski, A., Kang, G., Kharel, A., Kremer, M., Meriggi, N., Nekesa, C., ... Więcek, W. (2022). End COVID-19 in low- and middle-income countries. *Science (New York, N.Y.)*, 375(6585), 1105–1110. <https://doi.org/10.1126/science.abo4089>

Mohamadian, M., Chiti, H., Shoghli, A., Biglari, S., Parsamanesh, N., & Esmailzadeh, A. (2021). COVID-19: Virology, biology and novel laboratory diagnosis. *The journal of gene medicine*, 23(2), e3303. <https://doi.org/10.1002/jgm.3303>

Morales, D. X., Beltran, T. F., & Morales, S. A. (2022). Gender, socioeconomic status, and COVID-19 vaccine hesitancy in the US: An intersectionality approach. *Sociology of health & illness*, 44(6), 953–971. <https://doi-org.ezproxy.javeriana.edu.co/10.1111/1467-9566.13474>

Mousavizadeh, L., & Ghasemi, S. (2021). Genotype and phenotype of COVID-19: Their roles in pathogenesis. *Journal of microbiology, immunology, and infection = Wei mian yu gan ran za zhi*, 54(2), 159–163. <https://doi.org/10.1016/j.jmii.2020.03.022>

Moyazzem Hossain, M., Abdulla, F., & Rahman, A. (2022). Challenges and difficulties faced in low- and middle-income countries during COVID-19. *Health policy OPEN*, 3, 100082. <https://doi.org/10.1016/j.hpopen.2022.100082>

Neumark Y. (2017). What can ecological studies tell us about death?. *Israel journal of health policy research*, 6(1), 52. <https://doi.org/10.1186/s13584-017-0176-x>

Peacocke, E. F., Heupink, L. F., Frønsdal, K., Dahl, E. H., & Chola, L. (2021). Global access to COVID-19 vaccines: a scoping review of factors that may influence equitable access for low and middle-income countries. *BMJ open*, 11(9), e049505. <https://doi-org.ezproxy.javeriana.edu.co/10.1136/bmjopen-2021-049505>

Ministerio de Salud y Protección social (2021). Plan Nacional de Vacunación Contra el Covid-19. Documento técnico. Versión 2.

Ravi, V., Saxena, S., & Panda, P. S. (2022). Basic virology of SARS-CoV 2. *Indian journal of medical microbiology*, 40(2), 182–186. <https://doi.org/10.1016/j.ijmmb.2022.02.005>

Rojas-Botero, M. L., Fernández-Niño, J. A., Arregocés-Castillo, L., & Ruiz-Gómez, F. (2022). Estimated number of deaths directly avoided because of COVID-19 vaccination among older adults in Colombia in 2021: an ecological, longitudinal observational study. *F1000Research*, 11, 198. <https://doi-org.ezproxy.javeriana.edu.co/10.12688/f1000research.109331.3>

Singh, N., Singh, P., Singh, V., Krishna, A., & Singh, S. (2021). Comprehensive study on clinical responses and socioeconomic characteristics of COVID-19 patients during outbreak. *Journal of family medicine and primary care*, 10(11), 4002–4008. <https://doi.org/10.4103/jfmipc.jfmipc.57921>

Su, D., Chen, Y., He, K., Zhang, T., Tan, M., Zhang, Y., & Zhang, X. (2020). Influence of socio-ecological factors on COVID-19 risk: a cross-sectional study based on 178 countries/regions worldwide. *medRxiv : the preprint server for health sciences*, 2020.04.23.20077545. <https://doi.org.ezproxy.javeriana.edu.co/10.1101/2020.04.23.20077545>

Sy, K. T. L., White, L. F., & Nichols, B. E. (2021). Population density and basic reproductive number of COVID-19 across United States counties. *PloS one*, 16(4), e0249271. <https://doi.org.ezproxy.javeriana.edu.co/10.1371/journal.pone.0249271>

The World Data Bank (2023). *World Development Indicators* [<https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&series=SP.POP.TOTL&country=COL>]

Tregoning, J. S., Flight, K. E., Higham, S. L., Wang, Z., & Pierce, B. F. (2021). Progress of the COVID-19 vaccine effort: viruses, vaccines and variants versus efficacy, effectiveness and escape. *Nature reviews. Immunology*, 21(10), 626–636. <https://doi.org/10.1038/s41577-021-00592-1>

Vilà, R., Torrado, M., & Reguant, M. (2019). Análisis de regresión lineal múltiple con SPSS: un ejemplo práctico. *REIRE Revista d Innovació i Recerca En Educació*, 12 (2). <https://doi.org/10.1344/reire2019.12.222704>

Vitiello, A., Ferrara, F., Troiano, V., & La Porta, R. (2021). COVID-19 vaccines and decreased transmission of SARS-CoV-2. *Inflammopharmacology*, 29(5), 1357–1360. <https://doi.org/10.1007/s10787-021-00847-2>

Wouters, O. J., Shadlen, K. C., Salcher-Konrad, M., Pollard, A. J., Larson, H. J., Teerawattananon, Y., & Jit, M. (2021). Challenges in ensuring global access to COVID-19 vaccines: production, affordability, allocation, and deployment. *Lancet (London, England)*, 397(10278), 1023–1034. [https://doi-org.ezproxy.javeriana.edu.co/10.1016/S0140-6736\(21\)00306-8](https://doi-org.ezproxy.javeriana.edu.co/10.1016/S0140-6736(21)00306-8)

World Health Organization, WHO (2023). Number of COVID-19 cases reported to WHO [<https://data.who.int/dashboards/covid19/cases?n=c>]

15. ANEXOS

Anexo 1.

Total de dosis aplicadas por departamento vs distintos tipos de vacunas contra COVID-19

Entidad Territorial	ASTRAZENECA	% PARTICIPACIÓN ASTRAZENECA	JANSSEN	% PARTICIPACIÓN JANSSEN	MODERNA	% PARTICIPACIÓN MODERNA	PFIZER	% PARTICIPACIÓN PFIZER	SINOVAC	% PARTICIPACIÓN SINOVAC	Total general
97 - Vaupés	1.573	4%	5.387	15%	2.895	8%	4.329	12%	20.795	59%	34.979
94 - Guainía	2.247	5%	2.959	7%	3.073	7%	3.944	9%	31.079	72%	43.302
99 - Vichada	12.427	20%	12.418	20%	2.977	5%	8.253	13%	25.836	42%	61.911
95 - Guaviare	17.036	17%	19.687	20%	14.619	15%	13.828	14%	33.342	34%	98.512
91 - Amazonas	3.438	3%	15.616	13%	7.665	7%	8.933	8%	81.446	70%	117.098
88 - Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	14.213	11%	2.553	2%	9.932	8%	16.976	13%	85.482	66%	129.156
86 - Putumayo	53.839	16%	59.867	17%	32.601	9%	99.557	29%	97.687	28%	343.551
27 - Chocó	69.131	18%	84.813	22%	54.976	15%	43.132	11%	126.532	33%	378.584
81 - Arauca	56.378	14%	70.094	17%	63.143	15%	102.434	25%	120.102	29%	412.151
18 - Caquetá	80.246	15%	60.015	12%	80.295	15%	144.382	28%	153.703	30%	518.641
85 - Casanare	114.875	4%	78.327	15%	134.222	8%	174.985	12%	182.068	59%	684.477
44 - La Guajira	91.110	11%	135.087	17%	68.511	9%	255.012	32%	255.265	32%	804.985
63 - Quindío	152.424	15%	81.909	8%	142.945	14%	373.062	37%	270.755	27%	1.021.095
70 - Sucre	195.304	17%	131.679	11%	170.230	15%	314.383	27%	346.851	30%	1.158.447
50 - Meta	212.214	15%	171.171	12%	255.380	18%	407.067	28%	387.034	27%	1.432.866
19 - Cauca	258.217	17%	168.613	11%	255.470	17%	367.634	25%	427.031	29%	1.476.965
17 - Caldas	274.160	17%	100.244	6%	303.299	19%	500.757	31%	440.007	27%	1.618.467
41 - Huila	274.685	17%	149.373	9%	332.655	20%	468.982	28%	439.014	26%	1.664.709
47 - Magdalena	310.840	18%	170.398	10%	257.613	15%	455.484	27%	487.773	29%	1.682.108
20 - Cesar	243.856	14%	211.820	12%	257.194	15%	477.705	28%	514.070	30%	1.704.645
66 - Risaralda	279.763	16%	153.332	9%	275.738	16%	557.124	33%	446.187	26%	1.712.144
15 - Boyacá	341.984	16%	280.669	13%	355.346	16%	577.381	27%	612.001	28%	2.167.381
52 - Nariño	328.541	15%	243.619	11%	384.053	17%	631.522	28%	637.531	29%	2.225.266
73 - Tolima	379.472	17%	185.427	8%	379.967	17%	691.288	31%	623.284	28%	2.259.438
23 - Córdoba	412.632	17%	219.970	9%	400.759	17%	651.199	27%	687.621	29%	2.372.181
54 - Norte de Santander	399.398	17%	261.075	11%	420.922	18%	663.066	28%	630.392	27%	2.374.853
13 - Bolívar	457.426	15%	338.788	11%	470.665	15%	881.799	28%	946.262	31%	3.094.940
68 - Santander	472.051	13%	322.249	9%	702.315	19%	1.142.472	31%	1.021.853	28%	3.660.940
25 - Cundinamarca	545.481	14%	496.714	12%	637.978	16%	1.133.410	28%	1.204.820	30%	4.018.403
08 - Atlántico	610.278	14%	312.234	7%	792.956	19%	1.364.198	32%	1.186.236	28%	4.265.902
76 - Valle del Cauca	1.087.156	17%	557.745	9%	1.070.167	17%	2.010.132	31%	1.759.464	27%	6.484.664
05 - Antioquia	1.675.847	16%	963.225	9%	1.684.339	16%	3.102.642	30%	2.934.131	28%	10.360.184
11 - Bogotá, D.C.	2.206.172	15%	1.158.439	8%	2.386.329	16%	4.844.260	32%	4.608.461	30%	15.203.661
TOTAL POR TIPO DE VACUNA	11.634.414		7.225.516		12.411.229		22.491.332		21.824.115		
TOTAL DOSIS APLICADAS A NIVEL NACIONAL 31/12/21											75.586.606

Anexo 2.

Porcentaje de Cobertura total de vacunación por departamento COVID19 – 2021

Entidad Territorial	TOTAL DOSIS APLICADAS 31/12/21	POBLACIÓN 31/12/21	COBERTURA DE VACUNACIÓN %
Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	129.156	62.159	207,78
Bogotá, D.C.	15.203.661	7.823.334	194,34
Quindío	1.021.095	557.099	183,29
Risaralda	1.712.144	968.287	176,82
Casanare	684.477	452.098	151,40
Boyacá	2.167.381	1.271.639	170,44
Tolima	2.259.438	1.361.931	165,90
Santander	3.660.940	2.312.097	158,34
Caldas	1.618.467	1.028.635	157,34
Atlántico	4.265.902	2.741.002	155,63
Antioquia	10.360.184	6.726.219	154,03
Huila	1.664.709	1.151.211	144,61
Norte de Santander	2.374.853	1.654.341	143,55
Amazonas	117.098	82.171	142,51
Valle del Cauca	6.484.664	4.613.764	140,55
Bolívar	3.094.940	2.202.773	140,50
Arauca	412.151	300.637	137,09
Nariño	2.225.266	1.678.786	132,55
Meta	1.432.866	1.098.104	130,49
Cesar	1.704.645	1.322.378	128,91
Córdoba	2.372.181	1.864.336	127,24
Cundinamarca	4.018.403	3.233.689	124,27
Caquetá	518.641	418.267	124,00
Sucre	1.158.447	966.893	119,81
Magdalena	1.682.108	1.454.154	115,68
Guaviare	98.512	91.719	107,41
Cauca	1.476.965	1.525.284	96,83
Putumayo	343.551	371.213	92,55
La Guajira	804.985	993.081	81,06
Guainía	43.302	53.583	80,81
Vaupés	34.979	44.378	78,82
Chocó	378.584	573.848	65,97
Vichada	61.911	118.270	52,35
TOTAL GENERAL	75.586.606	51.117.380	147,87

Creación propia. Datos tomados de: (MINSALUD – DATOS COVID-19, 2023) (DANE, 2023)

Anexo 3.

Total defunciones y tasas de mortalidad por departamento a diciembre de 2020 y 2021 con el porcentaje de aumento de la tasa de mortalidad 2020-2021

Departamento	Defunción por Covid-19 2020	POBLACIÓN MEDIA POR DEPARTAMENTO 2020	TASA DE MORTALIDAD X 1000 HAB 2020	Defunción por Covid-19 2021	POBLACIÓN MEDIA POR DEPARTAMENTO 2021	TASA DE MORTALIDAD X 1000 HAB 2021	% AUMENTO TASA DE MORTALIDAD
Amazonas	133	76.589	1,74	380	82.171	4,62	186%
Antioquia	5322	6.407.102	0,83	49426	6.726.219	7,35	829%
Arauca	150	262.174	0,57	1562	300.637	5,20	941%
Arch. San Andrés	44	61.280	0,72	430	62.159	6,92	877%
Atlántico	1665	2.535.517	0,66	21764	2.741.002	7,94	1207%
Bogotá D.C.	11192	7.412.566	1,51	53258	7.823.334	6,81	376%
Bolívar	325	2.070.110	0,16	12532	2.202.773	5,69	3756%
Boyacá	761	1.217.376	0,63	9119	1.271.639	7,17	1098%
Caldas	764	998.255	0,77	8305	1.028.635	8,07	987%
Caquetá	581	401.849	1,45	2374	418.267	5,68	309%
Casanare	223	420.504	0,53	2409	452.098	5,33	980%
Cauca	562	1.464.488	0,38	8521	1.525.284	5,59	1416%
Cesar	1075	1.200.574	0,90	7316	1.322.378	5,53	581%
Chocó	174	534.826	0,33	2133	573.848	3,72	1126%
Córdoba	1712	1.784.783	0,96	10180	1.864.336	5,46	495%
Cundinamarca	2136	2.919.060	0,73	21139	3.233.689	6,54	890%
Guainía	22	48.114	0,46	150	53.583	2,80	582%
Guaviare	37	82.767	0,45	454	91.719	4,95	1127%
Huila	1319	1.100.386	1,20	8277	1.151.211	7,19	528%
La Guajira	602	880.560	0,68	4131	993.081	4,16	586%
Magdalena	562	1.341.746	0,42	9181	1.454.154	6,31	1534%
Meta	840	1.039.722	0,81	7176	1.098.104	6,53	754%
Nariño	1211	1.630.592	0,74	10108	1.678.786	6,02	735%
Norte de Santander	2403	1.491.689	1,61	11061	1.654.341	6,69	360%
Putumayo	277	348.182	0,80	1779	371.213	4,79	542%
Quindío	773	539.904	1,43	5125	557.099	9,20	563%
Risaralda	938	943.401	0,99	8316	968.287	8,59	787%
Santander	2747	2.184.837	1,26	17634	2.312.097	7,63	542%
Sucre	730	904.863	0,81	5515	966.893	5,70	655%
Tolima	1585	1.330.187	1,19	11423	1.361.931	8,39	621%
Valle del Cauca	4613	4.475.886	1,03	39042	4.613.764	8,46	746%
Vaupés	13	40.797	0,32	102	44.378	2,30	685%
Vichada	18	107.808	0,17	298	118.270	2,52	1556%
	37.024	48.258.494		350.620	51.117.380		

Creación propia. Datos tomados de: (DANE, 2023)

Anexo 4.

Proyecciones de población urbana y rural a nivel departamental. Año 2021

Departamento de Colombia	Área Geográfica				Total general
	Cabecera (urbanos)	PORCENTAJE URBANO %	Centros Poblados y Rural Disperso	PORCENTAJE RURAL %	
Vaupés	12708	28,64	31670	71,36	44378
Guainía	24456	45,64	29127	54,36	53583
Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina	44196	71,10	17963	28,90	62159
Amazonas	41089	50,00	41082	50,00	82171
Guaviare	51222	55,85	40495	44,15	91717
Vichada	29298	24,77	88972	75,23	118270
Arauca	194149	64,58	106488	35,42	300637
Putumayo	190143	51,22	181070	48,78	371213
Caquetá	272904	65,25	145363	34,75	418267
Casanare	323586	71,57	128512	28,43	452098
Quindío	490442	88,03	66657	11,97	557099
Chocó	253163	44,12	320685	55,88	573848
Sucre	598031	61,85	368862	38,15	966893
Risaralda	771884	79,72	196403	20,28	968287
La Guajira	500332	50,38	492749	49,62	993081
Caldas	780970	75,92	247665	24,08	1028635
Meta	835553	76,09	262551	23,91	1098104
Huila	693584	60,25	457627	39,75	1151211
Boyacá	758077	59,61	513562	40,39	1271639
Cesar	992155	75,03	330223	24,97	1322378
Tolima	932382	68,46	429549	31,54	1361931
Magdalena	1001595	68,88	452559	31,12	1454154
Cauca	553237	36,27	972047	63,73	1525284
Norte de Santander	1307684	79,05	346657	20,95	1654341
Nariño	736214	43,85	942572	56,15	1678786
Córdoba	964198	51,72	900138	48,28	1864336
Bolívar	1624099	73,73	578674	26,27	2202773
Santander	1777109	76,86	534988	23,14	2312097

Atlántico	2601879	94,92	139123	5,08	2741002
Cundinamarca	2412496	74,61	821193	25,39	3233689
Valle del Cauca	3937232	85,34	676532	14,66	4613764
Antioquia	5350556	79,55	1375663	20,45	6726219
Bogotá	7793869	99,62	29465	0,38	7823334
Total general	38850492	76,00%	12266886	24,00%	51117378

Creación propia. Datos tomados de: (DANE, 2023)

POBLACIÓN RURAL	MEDIA	MODA	MEDIANA	DESVIACIÓN ESTANDAR	VARIANZA	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO
	0,727	NO APLICA	0,627	0,655	0,430	2,691	0,035
POBLACIÓN URBANA	MEDIA	MODA	MEDIANA	DESVIACIÓN ESTANDAR	VARIANZA	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO
	2,303	NO APLICA	1,440	3,244	10,524	15,247	0,025

Anexo 5.

Proyección de población femenina y masculina por cada departamento de Colombia para el año 2021

Departamento	Hombres	Mujeres	% Hombres (a)	% Mujeres (a)
Amazonas	41.691	38.773	51,81	48,19
Antioquia	3279143	3.503.441	48,35	51,65
Arauca	150.856	150.414	50,07	49,93
Atlántico	1.350.303	1.420.836	48,73	51,27
Bogotá, D.C.	3.751.549	4.082.618	47,89	52,11
Bolívar	1.097.255	1.115.806	49,58	50,42
Boyacá	616.516	635.159	49,26	50,74
Caldas	496.753	530.561	48,35	51,65
Caquetá	209.070	205.771	50,4	49,6
Casanare	221.013	218.225	50,32	49,68
Cauca	743.385	760.659	49,43	50,57
Cesar	653.048	669.418	49,38	50,62
Chocó	270.860	278.365	49,32	50,68
Córdoba	916.762	927.314	49,71	50,29
Cundinamarca	1.666.511	1.705.710	49,42	50,58
Guainía	26.674	24.776	51,84	48,16
Guaviare	46.605	41.885	52,67	47,33
Huila	564.083	567.851	49,83	50,17
La Guajira	483.073	504.708	48,9	51,1
Magdalena	724.533	724.554	50	50
Meta	539.642	532.770	50,32	49,68
Nariño	794.373	833.013	48,81	51,19
Norte De Santander	809.856	832.890	49,3	50,7
Putumayo	182.696	181.389	50,18	49,82
Quindío	270.331	291.786	48,09	51,91
Risaralda	461.489	507.137	47,64	52,36
San Andrés	31.194	33.478	48,23	51,77
Santander	1.128.504	1.177.951	48,93	51,07
Sucre	482.472	479.985	50,13	49,87
Tolima	664.673	679.225	49,46	50,54
Valle Del Cauca	2.152.553	2.404.199	47,24	52,76
Vaupés	24.453	22.355	52,24	47,76
Vichada	60.312	54.245	52,65	47,35
COLOMBIA	24.912.231	26.137.267	49,65	50,35
	51.049.498		100,00	

Datos tomados de: (MINSALUD – DATOS COVID-19, 2023) (DANE, 2023)

Anexo 6.

Distribución de la población de cada departamento por grupos etareos en el año 2021

Departamento	Menor de 1	1 a 4	5 a 9	10 a 14	15 a 19	20 a 24	25 a 29	30 a 34	35 a 39	40 a 44	45 a 49	50 a 54	55 a 59	60 a 64	65 a 69	70 a 74	75 a 79	de 80y más
Amazonas	9.547	9.632	9.460	8.587	7.127	6.078	5.567	5.036	4.255	3.547	2.999	2.473	2.004	1.486	1.004	610	449	313
Antioquia	462.200	468.809	480.898	514.075	568.306	590.875	553.187	505.948	447.699	387.397	396.871	389.297	327.418	251.839	181.349	119.800	70.116	37.492
Arauca	30.327	29.153	27.669	27.426	27.829	27.367	24.437	21.274	18.263	15.550	13.900	11.598	8.912	6.360	4.385	2.982	1.903	1.089
Atlántico	227.990	228.295	226.273	232.063	238.054	233.395	218.269	200.092	179.003	154.686	148.047	138.072	114.003	85.644	60.750	39.365	23.588	12.944
Bogotá, D.C.	489.189	483.469	486.701	537.972	691.318	763.808	690.104	622.991	557.246	484.538	468.524	444.369	368.290	274.133	193.312	127.441	76.053	41.770
Bolívar	199.483	197.791	193.757	194.709	191.243	179.872	165.693	149.768	134.320	119.854	114.164	103.474	84.250	65.029	46.909	31.085	19.695	11.579
Boyacá	92.144	96.078	98.611	98.631	95.207	89.722	84.524	85.090	82.941	76.640	73.471	68.482	60.180	49.343	37.413	26.329	17.451	10.706
Caldas	64.897	65.776	67.491	72.985	76.845	77.074	72.674	70.365	67.558	62.740	65.639	65.369	59.577	48.991	35.961	24.269	14.652	8.135
Caquetá	40.117	40.872	41.214	40.046	36.789	33.758	30.355	27.429	24.551	21.510	19.725	17.122	13.620	10.186	7.212	4.848	2.856	1.540
Casanare	40.020	39.552	38.773	39.049	38.831	37.730	35.775	33.444	29.699	26.026	22.402	18.236	14.054	10.022	6.594	4.367	2.515	1.285
Cauca	117.872	120.608	123.215	130.156	134.171	126.991	114.437	108.341	97.684	82.659	75.838	69.310	59.290	47.071	35.837	25.341	16.627	10.052
Cesar	130.463	129.862	126.436	121.601	116.264	111.060	102.018	90.806	80.388	70.012	62.280	52.696	41.480	31.738	23.510	14.783	8.745	4.707
Cocó	58.399	60.249	59.797	55.842	48.474	43.592	40.776	35.066	28.955	25.217	21.676	19.483	16.978	12.312	8.219	5.226	3.810	2.534
Córdoba	163.989	163.740	161.146	158.356	151.837	142.209	130.001	121.743	113.722	105.036	99.968	89.355	74.143	56.567	41.837	30.996	19.249	10.997
Cundinamarca	251.996	253.020	253.374	265.016	280.880	282.310	268.197	257.423	232.015	201.571	191.346	174.852	145.789	112.397	81.263	54.275	33.035	18.689
Guainía	6.728	6.633	6.499	6.085	5.087	3.912	3.107	2.718	2.373	1.988	1.721	1.450	1.079	660	536	373	233	141
Guaviare	9.476	9.208	8.928	8.731	8.206	7.051	6.019	5.548	5.101	4.714	4.164	3.650	2.792	1.925	1.303	823	457	230
Huila	102.696	102.519	100.049	98.099	93.585	88.421	80.947	75.189	69.008	61.733	59.010	54.805	46.228	35.311	25.714	17.357	10.665	5.981
La Guajira	112.112	111.892	104.695	97.675	94.966	84.057	73.101	64.426	53.849	43.955	37.492	32.676	26.464	18.338	13.321	8.317	5.069	2.862
Magdalena	133.492	136.901	137.237	133.916	126.126	116.218	105.245	95.825	87.054	78.409	71.773	63.532	52.035	40.286	29.411	18.552	11.322	6.405
Meta	86.974	89.488	90.721	91.791	90.418	87.928	83.102	78.266	71.430	62.821	58.621	52.956	42.594	31.370	22.171	14.661	8.748	4.785
Nariño	123.361	124.439	125.859	132.864	137.437	133.272	122.486	117.770	108.433	96.931	90.354	79.613	65.389	52.920	42.431	31.028	20.240	12.237
Norte de Santander	138.613	138.581	135.349	136.481	143.244	141.994	129.229	117.845	104.726	91.897	86.499	77.510	64.297	48.873	34.871	23.207	14.478	8.349
Putumayo	32.706	33.238	33.703	34.555	33.918	31.340	28.115	26.129	22.962	20.018	17.446	14.260	11.303	8.450	6.260	4.313	2.660	1.504
Quindío	33.724	33.748	34.573	39.183	43.403	43.877	40.614	39.095	37.285	34.103	35.767	36.051	32.719	27.237	20.363	13.810	8.358	4.634
Risaralda	62.534	63.015	64.272	69.606	74.435	75.568	70.994	68.280	64.647	57.887	59.743	59.065	53.248	44.051	32.487	22.462	13.396	7.296
San Andrés	4.963	4.820	4.635	4.638	4.620	5.086	5.119	4.536	4.132	3.922	4.316	4.540	3.702	2.340	1.479	906	500	240
Santander	164.804	168.594	170.779	177.167	189.029	190.646	176.550	166.698	153.825	140.811	138.036	126.617	104.703	81.533	60.810	41.999	26.270	15.225
Sucre	82.720	84.868	85.707	86.304	82.114	75.235	69.372	63.320	58.088	53.320	51.386	45.654	37.131	29.439	22.717	15.167	9.586	5.603
Tolima	90.697	97.074	103.619	109.829	106.955	97.637	90.839	87.067	84.006	79.476	81.217	79.019	69.149	56.223	43.187	30.126	18.681	10.700
Valle Del Cauca	337.371	345.197	351.427	359.740	360.498	348.013	323.411	305.552	288.317	266.290	268.607	257.685	222.969	179.208	132.855	92.086	57.277	32.980
Vaupés	6.622	6.660	6.792	6.266	4.534	2.883	2.348	1.980	1.707	1.539	1.363	1.189	1.003	712	476	271	213	131
Vichada	13.943	14.014	13.846	12.892	11.154	9.171	7.664	6.684	5.792	4.889	4.101	3.459	2.632	1.806	1.172	653	367	188

Datos tomados de: (MINSALUD – DATOS COVID-19, 2023) (DANE, 2023)

Anexo 7.

Población igual o mayor de 60 años de cada departamento en el año 2021

DEPARTAMENTO	TOTAL POBLACIÓN MAYOR O IGUAL A 60 AÑOS	POBLACIÓN TOTAL POR DEPARTAMENTO	PORCENTAJE POBLACIÓN MAYOR O IGUAL A 60 AÑOS
Amazonas	3.862	82.171	4,70
Antioquia	660.596	6.726.219	9,82
Arauca	16.719	300.637	5,56
Archipiélago de San Andrés	5.465	62.159	8,79
Atlántico	222.291	2.741.002	8,11
Bogotá, D.C.	712.709	7.823.334	9,11
Bolívar	174.297	2.202.773	7,91
Boyacá	141.242	1.271.639	11,11
Caldas	132.008	1.028.635	12,83
Caquetá	26.642	418.267	6,37
Casanare	24.783	452.098	5,48
Cauca	134.928	1.525.284	8,85
Cesar	83.483	1.322.378	6,31
Chocó	32.101	573.848	5,59
Córdoba	159.646	1.864.336	8,56
Cundinamarca	299.659	3.233.689	9,27
Guainía	1.943	53.583	3,63
Guaviare	4.738	91.719	5,17
Huila	95.028	1.151.211	8,25
La Guajira	47.907	993.081	4,82
Magdalena	105.976	1.454.154	7,29
Meta	81.735	1.098.104	7,44
Nariño	158.856	1.678.786	9,46
Norte de Santander	129.778	1.654.341	7,84
Putumayo	23.187	371.213	6,25
Quindío	74.402	557.099	13,36
Risaralda	119.692	968.287	12,36
Santander	225.837	2.312.097	9,77
Sucre	82.512	966.893	8,53
Tolima	158.917	1.361.931	11,67
Valle Del Cauca	494.406	4.613.764	10,72
Vaupés	1.803	44.378	4,06
Vichada	4.186	118.270	3,54
COLOMBIA	4.641.334	51.117.380	9,08