

**Análisis comparativo de la epidemiología de la tuberculosis en Medellín y Caquetá:
un enfoque en salud pública basado en datos**

Lina Vanessa Cuadrado Guerrero

Miryam Yolanda Páez Castro

Asesor

Isaac Esteban Camargo Freile

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Bogotá

Escuela de Ciencias Sociales Artes y Humanidades ECSAH

Especialista en Ciencia de Datos y Analítica

2025

Dedicatoria

Este proyecto está dedicado a nuestros amigos y familiares quienes han contribuido a nuestra formación y desarrollo. Especialmente a aquellos que nos han motivado a seguir adelante, incluso cuando las dudas eran muchas. A todos ellos, muchas gracias.

Resumen

El propósito de este proyecto es llevar a cabo un estudio comparativo sobre la epidemiología de la tuberculosis en Medellín y Caquetá, dos regiones de Colombia que presentan diferencias significativas en términos socioeconómicos y geográficos. Para ello, se analizarán datos históricos extraídos del sistema de la página de datos.gov, donde queremos destacar los períodos comprendidos entre 2018 y 2021 que coinciden en nuestras bases de datos para realizar la respectiva comparación, con el propósito de identificar tendencias demográficas, temporales y socioeconómicas asociadas con la incidencia de esta enfermedad. El enfoque metodológico contempla varias etapas: la recopilación, limpieza y análisis inicial de los datos, seguidas por la aplicación de modelos predictivos y análisis de correlación, empleando herramientas avanzadas como Python. Adicionalmente, se desarrollarán visualizaciones interactivas mediante Power BI, lo que permitirá interpretar de manera más efectiva los resultados y realizar comparaciones entre los factores que influyen en la tuberculosis en un contexto urbano como Medellín y en un entorno rural como Caquetá. Se anticipa que este estudio producirá paneles interactivos, un informe técnico detallado y recomendaciones estratégicas adaptadas a las particularidades de ambas regiones. Los hallazgos contribuirán a fortalecer las políticas públicas y las estrategias de prevención, diagnóstico y manejo de la tuberculosis, ayudando a reducir las desigualdades en salud pública. Con ello, se pretende ofrecer una herramienta útil para profesionales de la salud y responsables de la toma de decisiones.

Palabras clave: Diagnostico, power BI, python, tendencia, tuberculosis

Abstract

The purpose of this project is to conduct a comparative study on the epidemiology of tuberculosis in Medellín and Caquetá, two regions of Colombia that exhibit significant socioeconomic and geographic differences. To achieve this, historical data extracted from the datos.gov platform will be analyzed, focusing on the period between 2018 and 2022, which aligns with the available datasets for comparison. The goal is to identify demographic, temporal, and socioeconomic trends associated with the incidence of this disease. The methodological approach consists of several stages: data collection, cleaning, and initial analysis, followed by the application of predictive models and correlation analysis using advanced tools like Python. Additionally, interactive visualizations will be developed using Power BI, enabling a more effective interpretation of results and facilitating comparisons of factors influencing tuberculosis in an urban context like Medellín and a rural setting like Caquetá. This study is expected to produce interactive dashboards, a detailed technical report, and strategic recommendations tailored to the specific characteristics of both regions. The findings aim to strengthen public policies and strategies for the prevention, diagnosis, and management of tuberculosis, helping to reduce health inequities. The project aspires to provide a valuable tool for healthcare professionals and decision-makers.

Keywords: Diagnosis, power BI, python, trend, tuberculosis

Tabla de Contenido

Dedicatoria	2
Introducción	10
Justificación	11
Objetivos	13
Objetivos Específicos.....	13
Marco de Referencia	14
Estado del Arte.....	14
Epidemiología de la Tuberculosis en Colombia	14
Factores de Riesgo de la Tuberculosis.....	16
Marco Teórico.....	18
Marco Normativo.....	22
Metodología	24
Método	24
Descripción de la Muestra	25
Base de Datos Caquetá.....	25
Base de Datos Medellín	25
Etapas de la Metodología.....	26
Recopilación y Limpieza de Datos	26
Análisis Exploratorio de Datos (EDA)	26
Análisis de Correlación.....	27
Visualización de Datos mediante Power BI y Python	27
Generación de Estrategias Específicas para cada Región.....	27

Resultados	29
Análisis de Datos y Depuración con Python.....	29
Principales Hallazgos	30
Casos por Región.	30
Intervalos de Edad.....	31
Evaluación Socioeconómica.	32
Codificación para Realización de Gráficas en Python.....	34
Análisis Obtenido en Power BI.....	38
Análisis Comparativo de la Distribución de Casos Grupos Etéreos.....	39
Análisis Comparativo por Total de Casos de Tuberculosis por Año Medellín	42
Análisis Comparativo de la Distribución por Régimen de Salud	44
Análisis Comparativo Filtrado por Grupo Etario (45-54 años), Año (2018) y Género (Femenino)	47
Análisis Comparativo Filtrado por Grupo Etario (65 años o más), Año (2021), Género (Femenino), Régimen Subsidiado, y VIH Confirmado (Medellín.....	52
Conclusiones	55
Referencias Bibliográficas	57

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Indicativos de Régimen de Salud en Medellín</i>	33
---	----

Lista de Figuras

Figura 1	<i>Comportamiento de Tasa de Tuberculosis por Año 2016-2020.....</i>	16
Figura 2	<i>Tasa de Incidencia de Casos de TB en Colombia 2000- 2021.....</i>	20
Figura 3	<i>Casos de TB Reportados entre 2008 – 2021</i>	21
Figura 4	<i>Tasa de Mortalidad por TB según el Sexo Año 2021.....</i>	21
Figura 5	<i>Etapas de la Metodología.....</i>	24
Figura 6	<i>Diagrama de Proceso Mitológico</i>	28
Figura 7	<i>Diagrama de Torta Población por Sexo Medellín (izquierda)- Caquetá (Derecha)</i>	29
Figura 8	<i>Distribución de Casos por Año Medellín</i>	30
Figura 9	<i>Distribución de Casos Caquetá.....</i>	30
Figura 10	<i>Boxplot de Edad Promedio de Contagio por TB en Medellín.....</i>	31
Figura 11	<i>Boxplot de Edad Promedio de Contagio por TB en Caquetá</i>	32
Figura 12	<i>Porcentaje de Afiliación en Medellín según Régimen de Salud.....</i>	32
Figura 13	<i>Porcentaje de Afiliación en Medellín según Régimen de Salud en Caquetá</i>	33
Figura 14	<i>Diagrama de Bloques Variables Categóricas General.....</i>	35
Figura 15	<i>Codificación en Python para Diagrama de Cajas</i>	36
Figura 16	<i>Codificación en Python para Diagrama de Torta</i>	36
Figura 17	<i>Codificación en Python para Diagrama de Caja por Categorización</i>	37
Figura 18	<i>Codificación en Python para Diagrama de Barras</i>	37
Figura 19	<i>Análisis Comparativo de la Distribución de Casos por Género (2018 al 2021)</i>	38
Figura 20	<i>Distribución de Casos por Edad y Grupo Etario en Medellín.....</i>	39
Figura 21	<i>Distribución de Casos por Edad y Grupo Etario Caquetá</i>	40
Figura 22	<i>Frecuencia de Casos por Año en Medellín</i>	42

Figura 23 <i>Frecuencia de Casos por Año en Caquetá</i>	42
Figura 24 <i>Distribución de Régimen de Salud en Medellín</i>	44
Figura 25 <i>Distribución de Régimen de Salud en Caquetá</i>	45
Figura 26 <i>Despliegue Estadístico para Medellín</i>	47
Figura 27 <i>Despliegue Estadístico para Caquetá</i>	47
Figura 28 <i>Despliegue Estadístico para Medellín</i>	49
Figura 29 <i>Despliegue Estadístico para Caquetá</i>	49
Figura 30 <i>Despliegue Estadístico para Medellín</i>	52
Figura 31 <i>Despliegue Estadístico para Caquetá</i>	52

Introducción

La tuberculosis es una enfermedad que, a pesar de ser prevenible y tratable, sigue representando un problema significativo de salud pública, tanto a nivel mundial como en Colombia. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en 2022 se reportaron aproximadamente 10.6 millones de nuevos casos de tuberculosis en el mundo y 1.6 millones de muertes atribuidas a esta enfermedad, destacando su relevancia global (OMS, 2023). En el contexto colombiano, las desigualdades socioeconómicas y geográficas agravan la incidencia de la enfermedad, afectando particularmente a las poblaciones más vulnerables. Datos del Instituto Nacional de Salud (INS) muestran que departamentos como Caquetá presentan tasas de incidencia superiores al promedio nacional, en contraste con zonas urbanas como Medellín, que, aunque cuentan con mayor infraestructura sanitaria, enfrentan desafíos en comunidades de alta densidad poblacional (INS, 2021).

Estas diferencias hacen que ambas regiones sean casos de estudio complementarios para analizar cómo los factores socioeconómicos y geográficos afectan la epidemiología de la enfermedad. Este estudio tiene como objetivo realizar un análisis comparativo entre los casos de tuberculosis reportados en Medellín y Caquetá, utilizando herramientas modernas de análisis de datos para identificar patrones y factores asociados. Más allá de entender la distribución de la enfermedad, el proyecto busca generar propuestas específicas que mejoren las estrategias de prevención, diagnóstico y tratamiento. Los resultados no solo contribuirán al diseño de políticas públicas más efectivas, sino que también ayudarán a disminuir las inequidades en salud, con el fin de mejorar las condiciones de vida en comunidades vulnerables y avanzar hacia un sistema de salud más equitativo.

Justificación

La tuberculosis (TB) continúa siendo una preocupación importante en el ámbito de la salud pública, especialmente en países como Colombia, donde las desigualdades sociales, económicas y geográficas agravan su impacto. A pesar de los avances en prevención y tratamiento, la TB persiste debido a las barreras que enfrentan diversas comunidades para acceder a servicios de salud de calidad y adoptar prácticas de prevención eficaces. Este proyecto surge de la necesidad de comprender, mediante un análisis detallado basado en datos, cómo estas desigualdades influyen en la incidencia y manejo de la enfermedad en dos regiones tan contrastantes como Medellín y Caquetá. El enfoque comparativo entre Medellín, una ciudad urbana con alta densidad poblacional y mejor infraestructura sanitaria, y Caquetá, una región predominantemente rural con limitaciones de acceso a recursos básicos, permitirá identificar patrones y factores determinantes de la TB. Esto proporcionará una base sólida para el diseño de estrategias diferenciadas que se adapten a las particularidades de cada contexto. Mientras Medellín enfrenta retos asociados con la propagación en comunidades vulnerables dentro de un entorno urbano, en Caquetá las barreras de acceso a los servicios de salud y las dificultades geográficas agravan la problemática.

Desde una perspectiva técnica, este proyecto destaca por la implementación de herramientas avanzadas como Python y Power BI, que facilitan un análisis profundo y visualización interactiva de los datos epidemiológicos y socioeconómicos. Estas tecnologías permiten convertir la información en insights accionables, útiles para profesionales de la salud y responsables de políticas públicas. Así, el proyecto se posiciona en la intersección entre la ciencia de datos y la salud pública, ofreciendo un enfoque innovador para enfrentar desafíos tradicionales. En el ámbito académico, esta investigación contribuye al avance en la utilización

de tecnologías modernas para abordar problemas complejos, cerrando la brecha entre el análisis epidemiológico convencional y las herramientas de análisis avanzado. Socialmente, el proyecto busca impactar positivamente a las comunidades más vulnerables, promoviendo un acceso más equitativo a la salud y reduciendo las disparidades regionales.

En resumen, este análisis es esencial para comprender las dinámicas de la tuberculosis en Colombia, informes del Instituto Nacional de Salud (INS) destacan que departamentos rurales como Caquetá enfrentan desafíos críticos relacionados con el acceso a los servicios de salud, mientras que, en zonas urbanas como Medellín, las condiciones de hacinamiento incrementan el riesgo de propagación (INS, 2021). Al hacerlo, se busca no solo mejorar la calidad de vida de las comunidades afectadas, sino también proporcionar un modelo replicable para otras investigaciones en salud pública.

Objetivos

Objetivo General

Realizar un análisis comparativo de los casos de tuberculosis en las regiones de Medellín y Caquetá, con el fin de identificar patrones, tendencias y factores determinantes que permitan proponer estrategias adoptadas para mejorar la prevención, diagnóstico y manejo de la enfermedad.

Objetivos Específicos

Analizar la distribución de los casos de tuberculosis en Medellín y Caquetá para identificar tendencias anuales, estacionales y posibles picos de incidencia durante el periodo 2018-2021.

Identificar las características demográficas de los pacientes diagnosticados con tuberculosis en las regiones de Medellín y Caquetá, considerando variables como edad, género, año y régimen de afiliación al sistema de salud por medio de análisis de datos.

Desarrollar visualizaciones claras e interactivas que permitan identificar de manera efectiva las variables clave asociadas a la mejora del sistema de salud en Medellín y Caquetá, facilitando la formulación de estrategias específicas y accionables para ambas regiones.

Marco de Referencia

Estado del Arte

La tuberculosis es una enfermedad infecciosa que afecta a la población mundial de manera mortal, esta es causada por *Mycobacterium tuberculosis*, un bacilo que forma parte del complejo *M. tuberculosis* junto con otras especies como *M. bovis*, *M. africanum* y *M. microti*. Este microorganismo tiene una alta resistencia al frío y la desecación, pero es sensible al calor, la luz solar y los rayos UV. Su crecimiento depende de factores locales como la presencia de oxígeno y el pH. De manera inicial se sabe que un humano infectado alberga la infección sin manifestar síntomas inicialmente, esta enfermedad se activa en el momento que la bacteria empieza a generar lesiones pulmonares cavitadas y entra en fase de contagio (Scielo España, 2007).

Epidemiología de la Tuberculosis en Colombia

La principal vía de contagio es aérea, a través de gotas de saliva expulsadas con la tos, la risa, los estornudos o habla de pacientes contagiados. Estas partículas viajan rápidamente al sistema cardiopulmonar donde se inicia la infección. El grupo poblacional con mayor riesgo de contagio incluye niños menores de 5 años y adultos desde los 65 años de edad, el estado inmunológico, comorbilidades y condiciones sociales influyen aumentan o disminuyen la probabilidad de desarrollar la enfermedad. “Dependiendo de estas características el paciente puede infectar a 20 personas regularmente, sin embargo; solo el 10% desarrolla la enfermedad lo que la mantiene endémica (Scielo España, 2007)”.

Según los datos de vigilancia, entre 2016 y 2021, la incidencia de tuberculosis en Colombia mostró fluctuaciones significativas, con tasas más altas en departamentos como Amazonas, Chocó y zonas urbanas como Antioquia y Bogotá. Durante la pandemia de

COVID19, la detección de casos disminuyó, lo que afectó la vigilancia y el manejo de la enfermedad (Instituto Nacional de Salud (INS, 2021).

En 2014, se notificaron 12,824 casos de tuberculosis en todas sus formas al Sistema de Vigilancia en Salud Pública (Sivigila). De estos, 80.4 % correspondieron a tuberculosis pulmonar y 19.6 % a formas extrapulmonares. Hubo 2,143 casos de coinfección TB/VIH y 339 casos de tuberculosis multidrogorresistente. Por tipo de confirmación, el 75 % fueron confirmados por laboratorio, 23.1 % por clínica, y 1.6 % por nexo epidemiológico. El grupo etario con mayor número de casos fue el de 20 a 29 años (19.5 %), mientras que los mayores de 65 años registraron la mayor tasa de incidencia (68.8 por 100,000 habitantes).

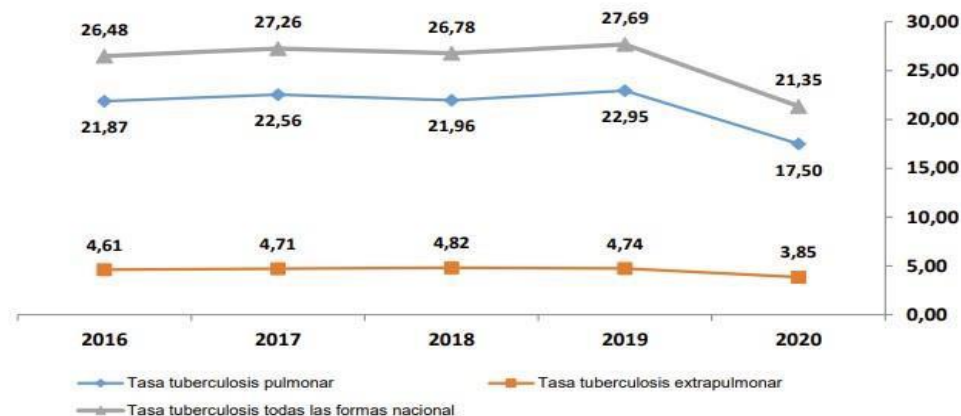
Los hombres representaron el 62.3 % de los casos (INS, 2021).

En cuanto al ingreso al programa, el 90.2 % fueron casos nuevos, 5.3 % recaídas, 3.8 % correspondieron a pérdida de seguimiento, y 0.46 % a fracasos de tratamiento. La incidencia general fue de 24.2 casos por 100,000 habitantes, con las tasas más altas en Amazonas (73.0) y Chocó (52.7). Sin embargo, la mayoría de los casos se concentraron en Antioquia, Valle del Cauca y Bogotá, que acumularon el 42.5 % del total (INS, 2021).

En estudios más recientes pre pandemia se informa que entre 2016 y 2020, se observó una disminución en la tasa de incidencia de tuberculosis en Colombia. En 2020, la incidencia fue de 21.4 casos por 100,000 habitantes, en comparación con 27.7 en 2019. Además, se evidenció una reducción en la detección de casos en general y una baja captación de personas con síntomas respiratorios. La disminución significativa en 2020 se asocia principalmente con los efectos de la pandemia de COVID-19 y las medidas de aislamiento implementadas en el país. Tanto los casos de tuberculosis pulmonar como los de formas extrapulmonares presentaron una tendencia similar de reducción en ese período como se evidencia en la figura 1 (INS, 2020).

Figura 1

Comportamiento de Tasa de Tuberculosis por Año 2016-2020



Nota. El gráfico representa el comportamiento de tasa de tuberculosis por año 2016-2020. Tomado de Instituto Nacional de Salud (INS), 2020.

Factores de Riesgo de la Tuberculosis

Dentro de los factores de riesgo se encuentran las comorbilidades, la coinfección con VIH es un factor importante en el aumento de la carga de tuberculosis, especialmente en áreas urbanas y poblaciones vulnerables. De la misma manera es factible que aumente la tasa de mortalidad si el paciente tiene tendencias al tabaquismo, el alcoholismo y la diabetes, la interacción entre estos factores aumenta la complejidad del manejo clínico y tiene un impacto en los resultados del tratamiento. Abordar estas comorbilidades de manera integral es crucial para mejorar el control de la tuberculosis en el país y reducir su impacto en las poblaciones más vulnerables (Sistema de Vigilancia en Salud Pública, 2014).

Entre las enfermedades de mayor incidencia que contribuyen a generar un ambiente propicio para la incubación de la bacteria, se encuentran diversos factores adicionales. Uno de

ellos es la enfermedad renal crónica (ERC), la cual está asociada con un mayor riesgo de desarrollar infecciones debido al compromiso del sistema inmunológico.

Los pacientes con ERC, especialmente aquellos en hemodiálisis, tienen un sistema inmunológico comprometido debido al tratamiento inmunosupresor necesario para manejar su enfermedad. Esto aumenta su vulnerabilidad a infecciones, incluida la tuberculosis (Sistema de Vigilancia en Salud Pública, 2014).

Las condiciones de hacinamiento y la falta de ventilación adecuada en las viviendas son factores críticos que favorecen la transmisión de la tuberculosis, particularmente en zonas de pobreza (INS, 2020). A pesar de los esfuerzos del sistema de salud pública, las zonas rurales y apartadas del país siguen teniendo acceso limitado a servicios de diagnóstico y tratamiento, lo que contribuye a la propagación de la enfermedad. En estos sitios el acceso es parcial, tanto para medicación como para verificación del estado de pacientes, las condiciones de confinamiento en caso de poner al paciente en cuarentena no son tan factibles como en ciudades principales. Las viviendas construidas con materiales de baja calidad y sin acceso a servicios básicos como agua potable y saneamiento adecuado incrementan el riesgo de infecciones secundarias, debilitando aún más la resistencia al *Mycobacterium tuberculosis* (INS, 2020)

El gobierno de Colombia ha implementado políticas de control de las tuberculosis basadas en la vigilancia activa, el tratamiento temprano y la promoción de la adherencia al tratamiento. El Ministerio de Salud y el INS publican regularmente informes de vigilancia y análisis sobre la situación de la tuberculosis en el país. La pandemia de COVID-19 afectó negativamente la detección y tratamiento de la tuberculosis en 2020, debido al confinamiento y la sobrecarga de los sistemas de salud (INS, 2020). La disminución en la notificación de casos y la captación de pacientes sintomáticos respiratorios reflejó los impactos de la crisis sanitaria.

Marco Teórico

La tuberculosis (TB) es una enfermedad infecciosa causada por la bacteria *Mycobacterium tuberculosis*. Generalmente afecta los pulmones, aunque también puede comprometer otros órganos del cuerpo, como los riñones, la columna vertebral y el cerebro, en sus formas extrapulmonares. Se transmite a través del aire cuando una persona infectada, especialmente si tiene tuberculosis pulmonar activa, tose, estornuda o habla, liberando partículas infecciosas (partículas) que contienen el bacilo y pueden ser inhaladas por otras personas (OMS, 2023). Aunque la mayoría de las personas expuestas a *Mycobacterium tuberculosis* no desarrollan la enfermedad debido a una respuesta inmunitaria efectiva, aproximadamente el 10 % de los infectados puede presentar tuberculosis activa, especialmente si tienen sistemas inmunológicos debilitados (CDC, 2022). Los factores de riesgo incluyen desnutrición, coinfección con VIH, diabetes, tabaquismo y condiciones de hacinamiento, que facilitan la propagación de la enfermedad (OMS, 2023). Sin tratamiento, la tuberculosis activa puede ser mortal, pero con el manejo adecuado es prevenible y curable. Los principales síntomas incluyen tos persistente, fiebre, sudores nocturnos y pérdida de peso (WHO, 2023).

A nivel mundial, la tuberculosis es una de las principales causas de muerte por enfermedades infecciosas. Según la Organización Mundial de la Salud, en 2022 se estimaron 10.6 millones de casos nuevos y 1.6 millones de muertes atribuidas a la enfermedad (OMS, 2023). En Colombia, la tuberculosis sigue siendo un desafío importante.

Datos del Ministerio de Salud y el sistema de vigilancia epidemiológica (SIVIGILA) indican una incidencia significativa, especialmente en regiones con condiciones socioeconómicas y geográficas que limitan el acceso a servicios de salud, como Caquetá, o en áreas densamente pobladas, como Medellín.

Los factores de riesgo asociados con la tuberculosis incluyen condiciones como desnutrición, hacinamiento, coinfección con VIH, enfermedades que comprometen el sistema inmunológico, y condiciones laborales de alto riesgo (CDC, 2022). Estas circunstancias son más prevalentes en poblaciones desfavorecidas, lo que refleja la intersección entre esta enfermedad y las inequidades sociales. La tuberculosis no solo es una enfermedad médica, sino también un indicador de desigualdades en salud. Factores sociales, económicos y culturales influyen significativamente en la prevalencia y el manejo de la enfermedad (OMS, 2023). Según la OMS, las poblaciones marginadas, incluidas las personas en situación de pobreza extrema, indígenas y refugiados, tienen una mayor probabilidad de desarrollar tuberculosis (WHO, 2023) debido a las barreras de acceso a servicios de salud y condiciones de vida adversas.

En Colombia, estas desigualdades se acentúan en regiones rurales como Caquetá, donde las distancias geográficas, la baja inversión en infraestructura sanitaria y las limitaciones económicas dificultan el diagnóstico y tratamiento (Ministerio de Salud, 2020). En contraste, ciudades como Medellín, aunque tienen mayores recursos sanitarios, enfrentan desafíos en las zonas urbanas más vulnerables, donde las condiciones de hacinamiento y pobreza facilitan la propagación de la enfermedad (INS, 2021). El análisis de estas desigualdades es fundamental para diseñar estrategias específicas que aborden las barreras estructurales y sociales, lo que permitirá reducir la incidencia de la tuberculosis y mejorar la equidad en la atención de salud.

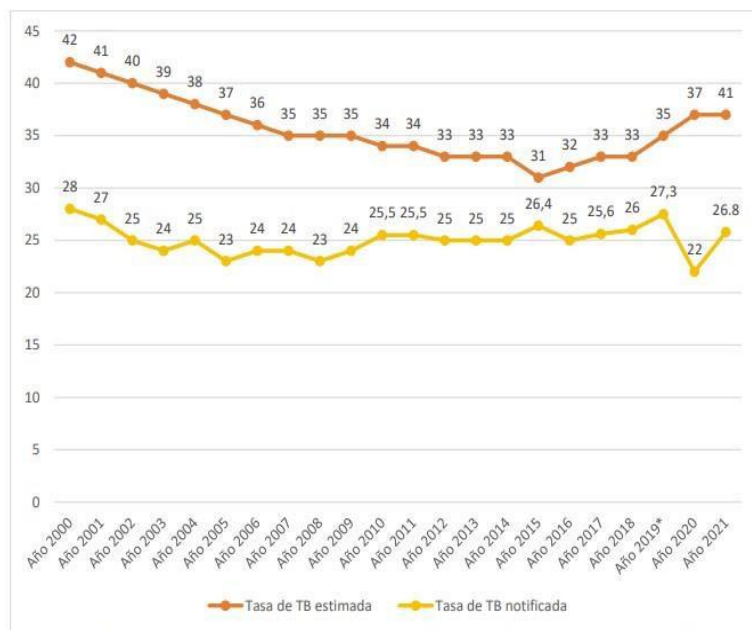
En el ámbito de la salud pública, el análisis de datos y la visualización de información son herramientas esenciales para comprender la dinámica de enfermedades como la tuberculosis. Estas técnicas permiten analizar grandes volúmenes de datos epidemiológicos, identificar patrones y tendencias, y proporcionar información clave para la toma de decisiones (Bellinger et al., 2017). Herramientas como Python y Power BI facilitan no solo el análisis estadístico

avanzado, sino también la presentación clara y accesible de los hallazgos, a través de dashboards interactivos y gráficos visuales.

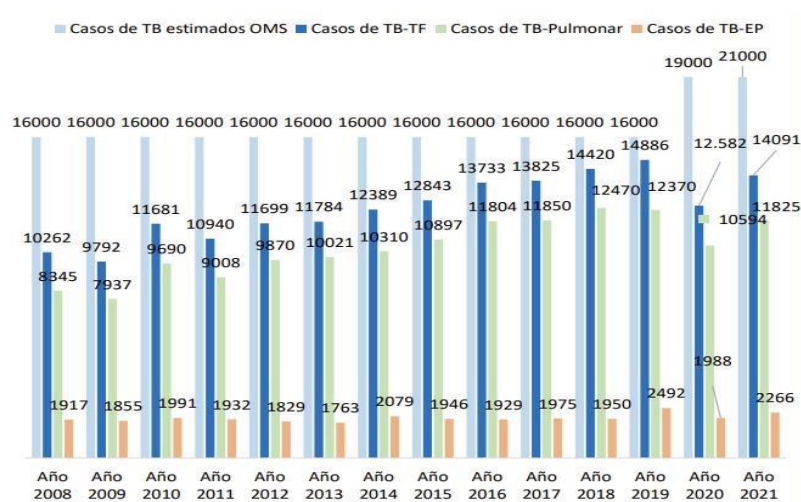
La visualización de datos es especialmente útil para comunicar resultados complejos a gestores de políticas públicas y profesionales de la salud. Por ejemplo, gráficos que muestren la incidencia de tuberculosis en diferentes regiones o mapas interactivos que identifiquen áreas de alta prevalencia pueden ser cruciales para priorizar intervenciones y optimizar los recursos disponibles (CDC, 2022). Estos recursos ya han sido utilizados para encontrar la probabilidad de casos a presentarse por año. En el año 2022, se realizaron cálculos de tasas estimadas de tuberculosis desde el año 2000 hasta 2022, lo cual permitió a las autoridades gubernamentales identificar los riesgos principales y enfocar recursos en función de los datos históricos.

Figura 2

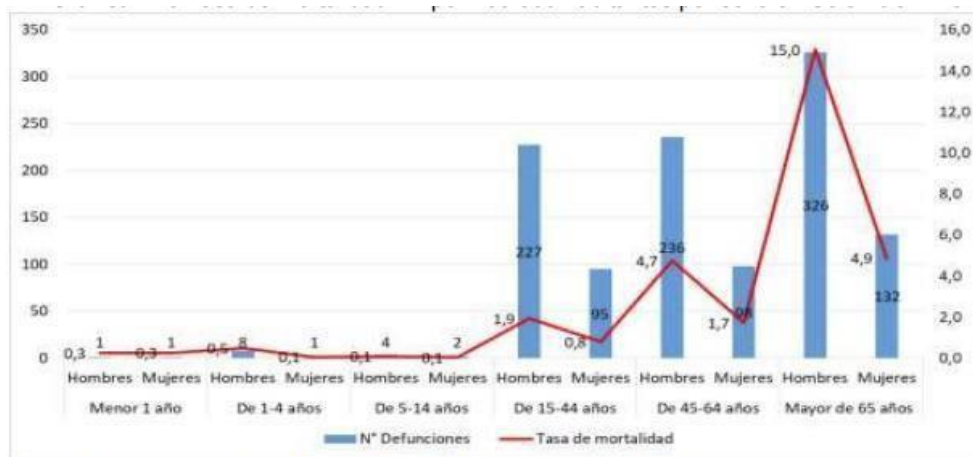
Tasa de Incidencia de Casos de TB en Colombia 2000- 2021



Nota. El gráfico representa la tasa de incidencia de casos de TB en Colombia 2000- 2021. Tomado de Ministerio de Salud y Protección Social, 2022.

Figura 3*Casos de TB Reportados entre 2008 – 2021*

Nota. El grafico representa los casos de TB reportaos entre 2008 – 2021. Tomado de Ministerio de Salud y Protección Social, 2022.

Figura 4*Tasa de Mortalidad por TB según el Sexo Año 2021*

Nota. El grafico representa la tasa de mortalidad por TB según el sexo año 2021. Tomado de Ministerio de Salud y Protección Social, 2022.

El uso de estas tecnologías no solo mejora la precisión y efectividad del análisis epidemiológico, sino que también facilita el acceso a la información, permitiendo que los hallazgos sean útiles tanto para expertos como para comunidades afectadas. Herramientas como Python y Power BI no solo facilitan la organización y depuración de grandes volúmenes de datos, sino que también permiten la creación de visualizaciones interactivas y dashboards que identifican patrones, tendencias y áreas críticas de intervención. En este proyecto, estas herramientas serán clave para realizar un análisis comparativo de la tuberculosis en Medellín y Caquetá. El análisis se centrará en factores como género, edad, régimen de salud y distribución temporal, lo que permitirá identificar brechas en la atención y factores de riesgo específicos para cada región. Además, al utilizar estas plataformas, se busca presentar resultados que sean comprensibles para los responsables de la toma de decisiones y las comunidades locales, contribuyendo así al desarrollo de estrategias específicas y accionables para cada contexto, desde la prevención hasta el tratamiento.

Marco Normativo

El Plan Estratégico Nacional de Respuesta a la Tuberculosis 2020-2025 establece directrices claras para la vigilancia, diagnóstico, tratamiento y prevención de la tuberculosis (TB) en Colombia. Este plan se articula con la Resolución 227 de 2020, que define los lineamientos técnicos y operativos para la vigilancia en salud pública, incluyendo protocolos específicos para el manejo de la TB (Ministerio de Salud y Protección Social, 2020). Además, complementa lo dispuesto en la Resolución 2465 de 2016, que reglamenta las condiciones para la atención integral de los pacientes con TB en el sistema de salud, garantizando el acceso a medicamentos y pruebas diagnósticas (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016).

Por su parte, la Ley 9 de 1979 (Código Sanitario Nacional) establece los principios fundamentales para la promoción de la salud y el control de enfermedades transmisibles como la TB (Congreso de Colombia, 1979). Este marco legal es respaldado por el Sistema de Vigilancia en Salud Pública (SIVIGILA), que regula la notificación obligatoria de casos de tuberculosis, fortaleciendo la vigilancia epidemiológica. En relación con el diagnóstico y tratamiento, el Decreto 780 de 2016 (Compilación normativa del sector salud) garantiza la gratuidad del tratamiento para enfermedades de interés en salud pública, incluida la TB (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016b).

Este decreto asegura el acceso universal a pruebas diagnósticas y tratamientos en el marco del régimen constitucional que protege el derecho a la salud en Colombia. Colombia también adopta las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS), incorporando estrategias globales para la eliminación de la TB, así como enfoques integrales para el manejo de coinfecciones TB/VIH y casos de tuberculosis resistente. Estas acciones refuerzan el compromiso del país con la reducción de la incidencia y la carga de esta enfermedad (Organización Mundial de la Salud, 2020).

Metodología

Método

Este estudio ecológico con bases de datos secundarias está fundamentado en un enfoque cuantitativo, aprovechando bases de datos secundarias provenientes del sistema de vigilancia epidemiológica SIVIGILA. Este enfoque es adecuado para el análisis de grandes volúmenes de datos y la identificación de patrones y tendencias epidemiológicas de la tuberculosis en Medellín y Caquetá. A continuación, se desglosan los principales elementos de la metodología:

Figura 5

Etapas de la Metodología

	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 3	ETAPA 4	ETAPA 5
Objetivo	Recopilar datos de estudio	Análisis exploratorio (EDA)	Modelado predictivo y análisis de correlación	Visualización de indicadores en Power BI	Generación de estrategias específicas
Actividades	Busqueda en base de datos nacionales y analisis teórico.	Depurar bases encontradas en Python	Ejecución de tecnicas estadísticas para extracción de datos	Generar plataforma con KPI	A partir de lo obtenido generar un analisis poblacional
Limitantes	Información activa pre covid y post covid	Variabes mayormente en caracter cuantitativo	Ejecución de metodos de precisión y probabilidad	Visualización con información suficiente no saturable al usuario	Establecer estrategias viables para futuras comunicaciones

El estudio adopta un diseño cuantitativo basado en datos secundarios. Este enfoque permite trabajar con datos históricos y estructurados que reflejan la incidencia de la tuberculosis durante el período 2018-2021. Este diseño es idóneo para identificar relaciones entre variables demográficas, socioeconómicas y epidemiológicas, y para desarrollar estrategias basadas en evidencia.

Descripción de la Muestra

Base de Datos Caquetá

Los datos recopilados incluyen información detallada sobre cada caso reportado, como el año, mes, edad, sexo, régimen de salud, pertenencia étnica, y la institución donde se brindó atención médica. A través de este enfoque cuantitativo, basado en el análisis de datos secundarios, se busca no solo documentar la distribución de la tuberculosis en estas dos regiones, sino también identificar posibles correlaciones entre variables sociodemográficas, geográficas y de salud, con el fin de mejorar las estrategias de prevención y control.

El análisis de estos datos, que provienen de instituciones como el Hospital María Inmaculada y la Clínica Medilaser SAS, permitirá conocer mejor el comportamiento de la enfermedad en diferentes contextos, desde áreas urbanas hasta rurales, considerando factores como la etnia y el régimen de salud. De esta forma, se espera generar insights valiosos para la toma de decisiones en políticas públicas y mejorar el manejo de la tuberculosis en Colombia.

Base de Datos Medellín

La base de datos proporciona información valiosa sobre el contexto geográfico y social de los casos, detallando barrios como Las Independencias en la comuna de San Javier y Los Conquistadores en la comuna de Laureles. Además, se registra información relevante sobre el inicio de la sintomatología y el tipo de atención recibida, ya sea ambulatoria u hospitalaria. A través del análisis de estas variables, se pretende identificar tendencias en la distribución de la tuberculosis pulmonar, explorar factores asociados como el régimen de salud y la comorbilidad con el VIH, y contribuir a la mejora de las estrategias de intervención y control de la enfermedad en la ciudad.

Este estudio se apoya en un enfoque cuantitativo, utilizando datos secundarios que reflejan la evolución de la enfermedad a lo largo del tiempo y sus relaciones con variables sociodemográficas y geográficas, lo que proporciona una perspectiva integral sobre los factores que influyen en la propagación de la tuberculosis en Medellín.

Etapas de la Metodología

Recopilación y Limpieza de Datos

Los datos relevantes se obtienen de las bases del Sistema de Vigilancia en Salud Pública (SIVIGILA), específicamente para los territorios de Medellín y Caquetá. Este proceso implica la búsqueda exhaustiva en bases de datos de acceso público a nivel nacional, centrándose en los registros más recientes relacionados con la tuberculosis en Colombia. Dichos datos serán utilizados para realizar comparaciones, identificar tendencias epidemiológicas y analizar los factores asociados a la enfermedad en estos territorios, con el objetivo de fundamentar estrategias de intervención basadas en evidencia.

Se realizará una limpieza exhaustiva para eliminar registros duplicados, inconsistentes o incompletos, garantizando la calidad y coherencia de la información utilizada. Para ello se utilizará el lenguaje de programación Python y la función en línea Colab para ejecutar dichos procesos. Esto con ayuda de las diferentes librerías y paquetes de Python, que permitirán ejecutar datos con filtros específicos y control de funciones.

Análisis Exploratorio de Datos (EDA)

Se llevarán a cabo análisis descriptivos para identificar distribuciones iniciales, patrones y posibles outliers en los datos. Estos patrones será posible identificarlos posteriormente a la evaluación inicial, es decir; depuración de los datos.

Se evaluarán variables como edad, sexo, localización geográfica y características socioeconómicas.

Análisis de Correlación

Se utilizarán técnicas estadísticas y de aprendizaje automático para identificar factores clave asociados con la incidencia de la tuberculosis. Esto puede realizarse a partir de diagramas que nos permiten hacer un análisis inicial del comportamiento entre una ciudad y otra.

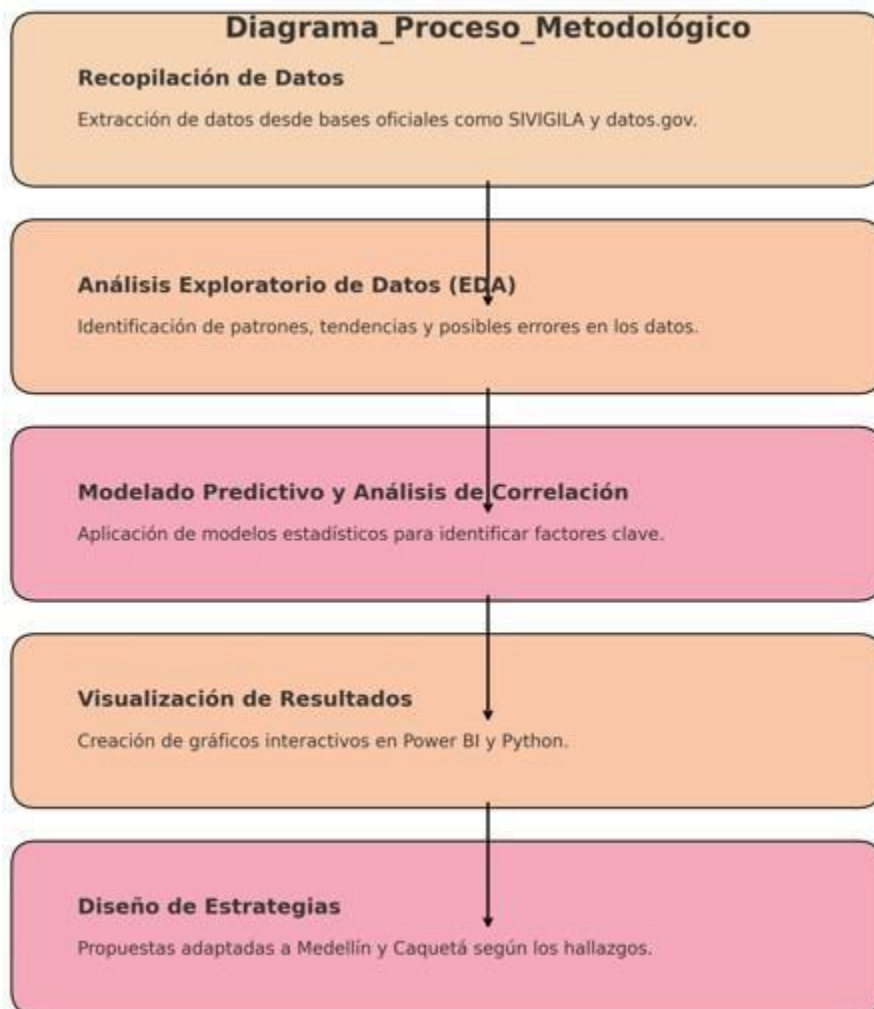
Visualización de Datos mediante Power BI y Python

Se desarrollarán dashboards interactivos para visualizar patrones temporales y espaciales de la tuberculosis. Posteriores al análisis realizado en Python, es decir; con los datos depurados y un análisis inicial de las partes se procede a ejecutar un entorno visual que le permita al lector identificar fácilmente estas estadísticas. Python permitirá realizar análisis avanzados y generar gráficos personalizados, mientras que Power BI facilitará la creación de visualizaciones dinámicas para usuarios finales.

Generación de Estrategias Específicas para cada Región

Basados en los hallazgos, se propondrán intervenciones adaptadas a las características particulares de Medellín y Caquetá, considerando factores urbanos y rurales.

Estas estrategias se enfocarán en la prevención, diagnóstico y tratamiento de la tuberculosis, con un enfoque diferenciado para cada contexto.

Figura 6*Diagrama de Proceso Mitológico*

Resultados

Análisis de Datos y Depuración con Python

A lo largo del proceso, se analizan dos bases de datos enfocadas en territorios diferentes. El análisis cruzado de estos datos genera diversas gráficas que permiten predecir el comportamiento de la enfermedad en las áreas estudiadas. Para simplificar y limpiar los datos, se utiliza la herramienta Python, optimizando el manejo de la información.

VARIABLES evaluadas en ambos grupos: sexo, año, edad y régimen de afiliación en salud.

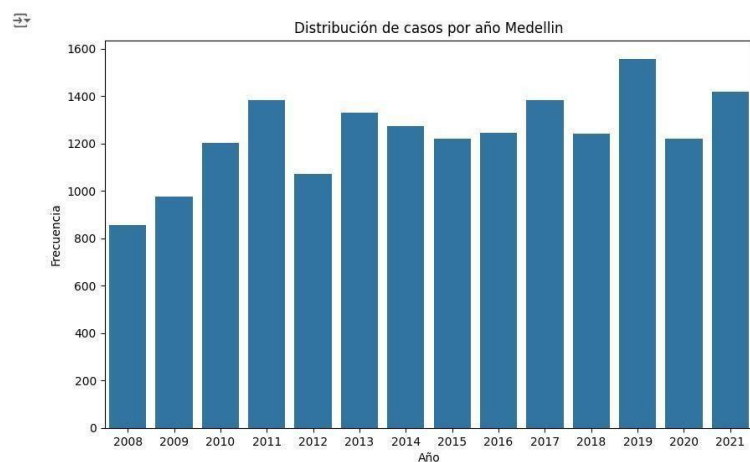
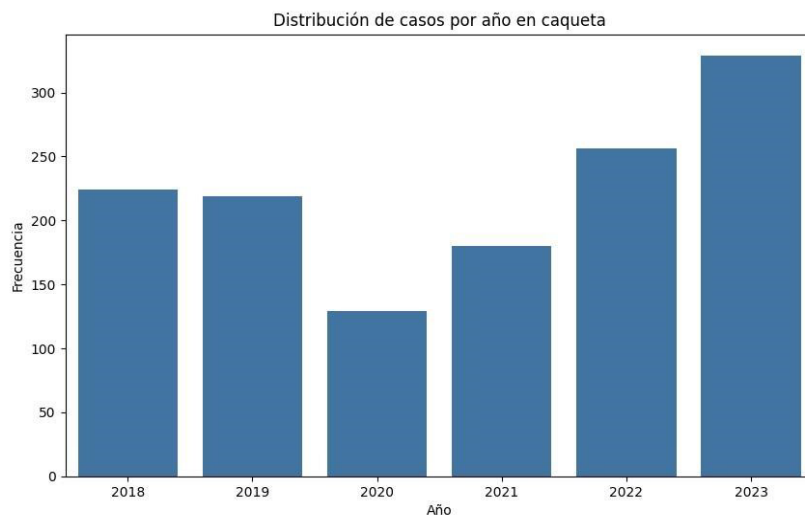
Inicialmente, se analiza la variable sexo en ambas regiones. Se utilizan diagramas de torta, donde el gráfico rosa y azul representa la ciudad de Medellín y el otro, el departamento de Caquetá. Los resultados muestran que, en ambas regiones, la tuberculosis tiene una mayor incidencia en el género masculino.

Figura 7

Diagrama de Torta Población por Sexo Medellín (izquierda)- Caquetá (Derecha)



Para este estudio, se seleccionan los años entre 2018 y 2022. Se emplean gráficos de barras que reflejan la frecuencia estadística, permitiendo identificar patrones significativos.

Figura 8*Distribución de Casos por Año Medellín***Figura 9***Distribución de Casos Caquetá**Principales Hallazgos*

Casos por Región. En términos generales, Medellín presenta una mayor cantidad de casos de tuberculosis en comparación con Caquetá. Esto podría estar relacionado con las

características del área y los hábitos de la población. Durante el intervalo evaluado, Medellín reportó consistentemente una mayor incidencia de casos.

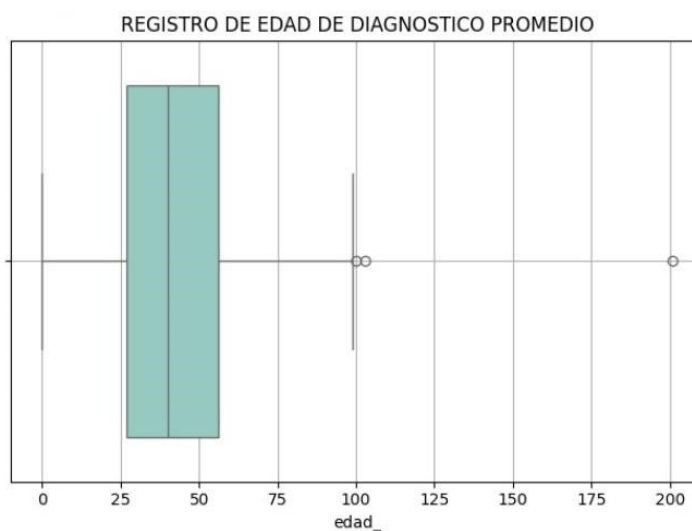
Intervalos de Edad. Los diagramas de caja muestran que el rango de edad más afectado en ambas regiones se sitúa entre los 35 y 40 años. Además, este grupo presenta una tasa de mortalidad más alta en comparación con otros rangos de edad.

Esto es evidenciable en los diagramas de caja presentados a continuación:

Edad promedio Medellín:

Figura 10

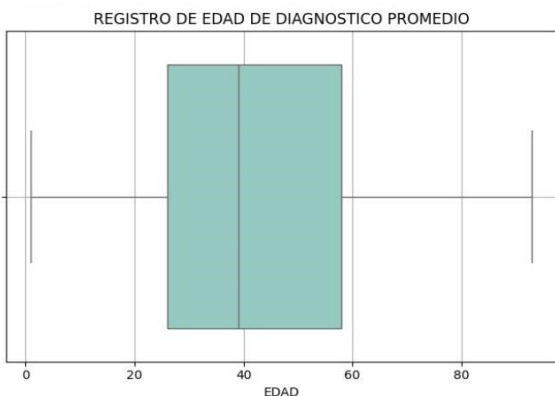
Boxplot de Edad Promedio de Contagio por TB en Medellín



Edad promedio Caquetá:

Figura 11

Boxplot de Edad Promedio de Contagio por TB en Caquetá



Evaluación Socioeconómica. Se toma en cuenta el régimen de afiliación al sistema de salud como un factor relevante en el análisis, considerando las implicaciones que este puede tener en el manejo y control de la enfermedad. Este enfoque integral permite identificar patrones clave que pueden guiar la planificación de estrategias de salud pública más efectivas en cada territorio.

Afiliaciones en Medellín:

Figura 12

Porcentaje de afiliación en Medellín según régimen de salud

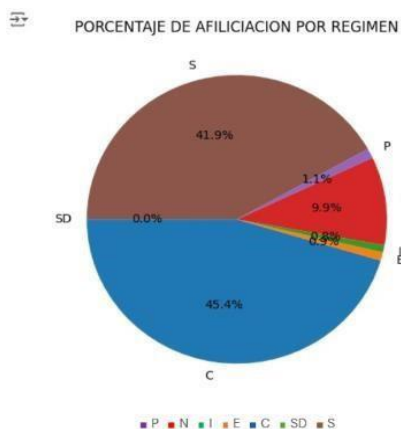
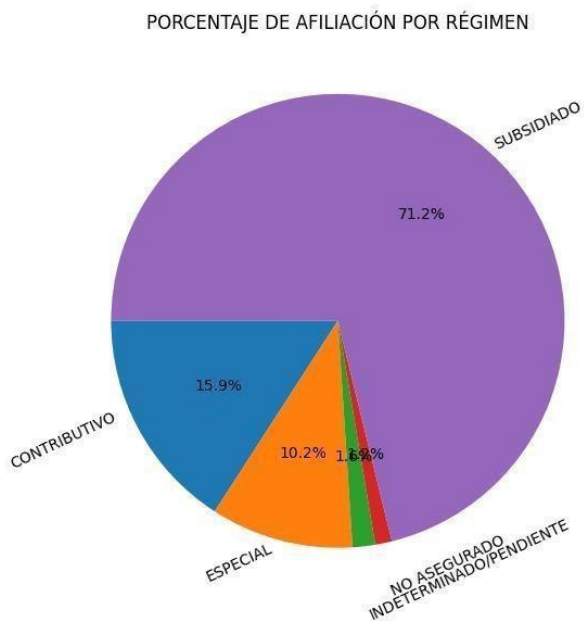


Tabla 1*Indicativos de Régimen de Salud en Medellín*

Indicativo	Nombre de régimen
S	Subsidiado
C	Contributivo
E	Especial
P	Pendiente
N	No asegurado
I	Indeterminado

Nota. Esta tabla indica el significado de las convenciones del gráfico de régimen para la ciudad de Medellín.

Afiliaciones en Caquetá:

Figura 13*Porcentaje de Afiliación en Medellín según Régimen de Salud en Caquetá*

El nivel de afiliación al régimen contributivo es mayor en Medellín en comparación con Caquetá debido a factores socioeconómicos y demográficos. Medellín, como una ciudad principal, tiene una mayor proporción de población económicamente activa, con empleos formales que permiten el acceso a este régimen mediante aportes basados en el salario. Además, la ciudad cuenta con una infraestructura laboral y de salud más desarrollada que facilita el acceso al sistema contributivo.

Por otro lado, en Caquetá, una región con mayor ruralidad y menores índices de formalización laboral, predominan las afiliaciones al régimen subsidiado. Esto se debe a que una mayor proporción de la población depende de ingresos informales o está clasificada en los niveles más bajos del Sisbén, lo que les otorga acceso a servicios de salud financiados por el Estado.

Codificación para Realización de Gráficas en Python

Para la realización de gráficos en Python, las librerías pandas, numpy y matplotlib trabajan de manera complementaria. Pandas permite estructurar, limpiar y organizar los datos en tablas (DataFrames), facilitando el filtrado, la agrupación y la preparación de la información para su análisis gráfico. NumPy es útil para realizar cálculos matemáticos avanzados y generar datos numéricos como secuencias o transformaciones necesarias para las visualizaciones. Finalmente, matplotlib se utiliza para crear gráficos personalizados, como líneas, barras o dispersión, permitiendo ajustar etiquetas, colores, leyendas y títulos, además de guardar los resultados en diversos formatos. La librería seaborn es una herramienta poderosa para la creación de gráficos estadísticos en Python, ya que está construida sobre matplotlib y ofrece una interfaz más amigable y diseños predeterminados más estéticos. Seaborn permite realizar visualizaciones avanzadas como mapas de calor, diagramas de caja, gráficos de violín y análisis de regresión con

pocos comandos, además de facilitar la integración directa con DataFrames de pandas para graficar tendencias y relaciones en los datos. Estas herramientas combinadas son ideales para analizar y comunicar patrones en los datos.

Para generar los diagramas de caja se utiliza la función `sns.Boxplot` como se visualiza en el código, este diagrama es utilizado para evidenciar los percentiles de las variables a nivel general, lo visualizado en la figura 14 y 15 describe la división de las diferentes variables a evaluar.

Figura 14

Diagrama de Bloques Variables Categóricas General

```
#diagrama de caja para visualizar distribución de variables  
sns.boxplot(data=df, orient='h', palette='Set3')  
plt.grid(True)
```

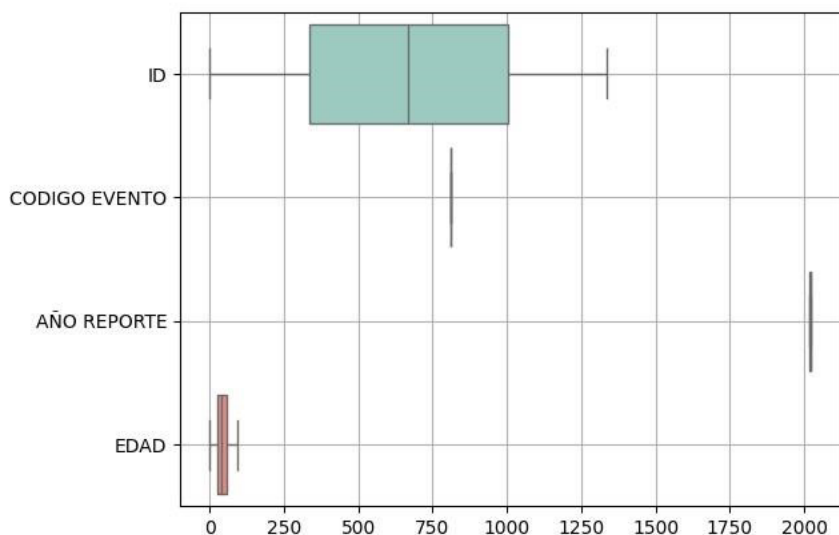


Figura 15

Codificación en Python para Diagrama de Cajas

```
#DIAGRAMA DE CAJAS
sns.boxplot(data=df['EDAD'], orient='h', palette='Set3')
plt.title('REGISTRO DE EDAD DE DIAGNOSTICO PROMEDIO')
plt.grid(True)
plt.tight_layout()
plt.show()
```

Para generar los diagramas de torta se agrupan las variables para generar estadísticas con la función `group by`, a partir de esta función se integran los datos con la función `plt. subplot`; en esta función se definen los tamaños del gráfico, la anulación de los indicadores del gráfico y los títulos del mismo.

Figura 16

Codificación en Python para Diagrama de Torta

```
import numpy as np

# Crear datos de ejemplo
edema = df.groupby('SEXO')['AÑO REPORTE'].sum()

# Crear gráfico de pastel
fig, ax = plt.subplots(figsize=(6, 6))
wedges, texts, autotexts = ax.pie(
    edema,
    labels=edema.index,
    autopct='%1.1f%%',
    startangle=180
)

# Cambiar ángulos de las etiquetas
for text in texts:
    text.set_rotation(25) # Cambiar el ángulo de las etiquetas a 45°

# Título
plt.title('PORCENTAJE DE AFILIACIÓN POR RÉGIMEN')

plt.tight_layout()
plt.show()
```

De nuevo se determinan diagramas de caja con las funciones mencionadas anteriormente, en este caso se determinan las variables pertenencia étnica y edad evidenciando en que población se encuentra el porcentaje más alto.

Figura 17

Codificación en Python para Diagrama de Caja por Categorización

```
plt.figure(figsize=(7, 7))
sns.boxplot(x='PERTENECIA ETNICA', y='EDAD', data=df1)

# Cambiar el ángulo de las etiquetas del eje x
plt.xticks(rotation=45, ha='right') # Rotar 45 grados y alinear a la derecha

plt.title('Distribución de Edad por Pertenencia Étnica')
plt.xlabel('Pertenencia Étnica')
plt.ylabel('Edad')
plt.tight_layout()
plt.show()
```

Para manejo de gráficos de barras donde se evalúa la frecuencia de repetición de una variable en función de la otra, en este caso para el código de la figura 18, se realiza conteo de casos por año. Para ello se crea una nueva variable donde se cuentan los valores a evaluar definiendo este proceso con la función `value_counts`, lo siguiente es organizar las variables dentro del análisis en el dataframe y generar el gráfico de barras con `sns.barplot`.

Figura 18

Codificación en Python para Diagrama de Barras

```
df1 = pd.DataFrame(df) #hacer datos dataframe
#df1

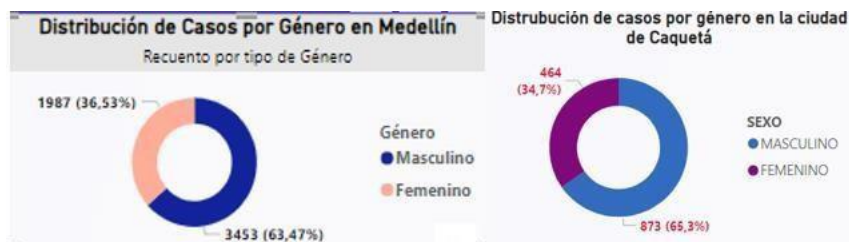
Freq1 = df1['tip_cas_'].value_counts().reset_index() #conteo de valores en
Freq1.columns = ['tip_cas_', 'year_'] #organización de columnas
#print(Freq1) #verificar orden de las frecuencias

plt.figure(figsize=(6, 4))
sns.barplot(x=Freq1['tip_cas_'], y=Freq1['year_'])
plt.title('Distribución identificación de casos')
plt.xlabel('Tipo de identificación')
plt.ylabel('años')
plt.show()
```

Análisis Obtenido en Power BI

Figura 19

Análisis Comparativo de la Distribución de Casos por Género (2018 al 2021)



En resultado del gráfico anterior (*Figura 19.*), muestra que, en Medellín, la tuberculosis afecta predominantemente a los hombres, quienes representan el 63.47% de los casos (3,453 casos), mientras que las mujeres constituyen el 36.53% (1,987 casos). Este patrón podría estar relacionado con una mayor exposición ocupacional de los hombres en entornos urbanos densos, factores biológicos o sociales que incrementan su vulnerabilidad a la enfermedad, y posibles limitaciones en el acceso al diagnóstico oportuno para las mujeres en ciertas poblaciones vulnerables. En Caquetá, se observa una tendencia similar, donde los hombres representan el 65.3% de los casos (873 casos) y las mujeres el 34.7% (464 casos). Sin embargo, en esta región, la proporción de hombres afectados es ligeramente mayor que en Medellín, posiblemente debido a dinámicas regionales como acceso limitado a servicios de salud, actividades rurales de alto riesgo como la agricultura y la minería, y barreras culturales que dificultan el diagnóstico para las mujeres. En ambas regiones, los factores locales, sociales, culturales y económicos influyen significativamente en la distribución de casos por género, aunque con diferencias importantes: en Medellín, la incidencia en hombres puede deberse a la exposición en entornos laborales urbanos y la mayor densidad poblacional, mientras que en Caquetá se acentúa debido a condiciones

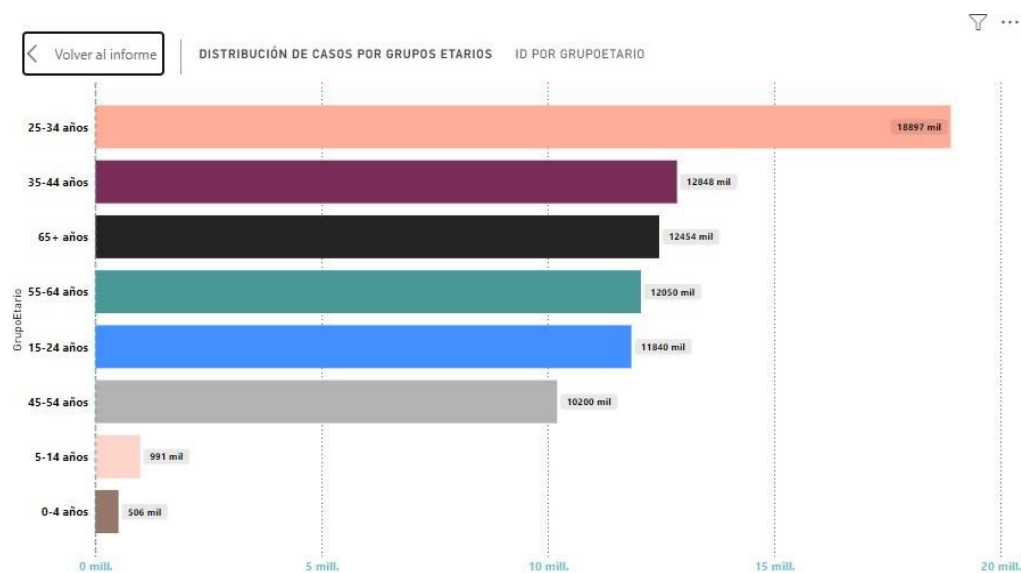
rurales específicas. Estas observaciones subrayan la necesidad de implementar estrategias diferenciadas. En Medellín, es clave diseñar campañas de sensibilización dirigidas a hombres para reducir riesgos asociados y mejorar el acceso al diagnóstico temprano, mientras que en Caquetá se deben enfocar estrategias de prevención en hombres adultos, identificando y abordando las barreras que limitan el acceso de las mujeres al diagnóstico. En ambas regiones, fortalecer los sistemas de salud y adaptar las intervenciones a las dinámicas específicas es esencial para garantizar un diagnóstico equitativo y efectivo en ambos géneros.

Análisis Comparativo de la Distribución de Casos Grupos Etéreos

Medellín:

Figura 20

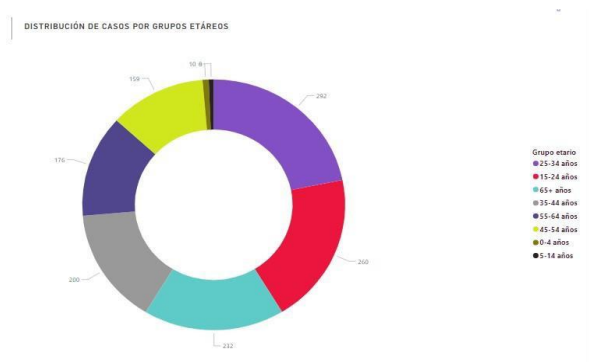
Distribución de Casos por Edad y Grupo Etario en Medellín



Caquetá:

Figura 21

Distribución de Casos por Edad y Grupo Etario Caquetá



Realizando el análisis de los resultados de la distribución de casos por grupos etéreos de las ciudades de Medellín y Caquetá, evidenciados en las figuras (20 y 21), podemos deducir que, en Medellín, el grupo etario más afectado por la tuberculosis es el de 25-34 años, con 18,897 casos reportados, destacándose significativamente en comparación con otros grupos.

Los grupos de 3544 años, 55-64 años y 65+ años tienen una carga considerable de entre 12,000 y 13,000 casos, reflejando un impacto importante en adultos y adultos mayores, mientras que los grupos de 15-24 años y 45-54 años presentan incidencias moderadas, con alrededor de 10,000 y 11,000 casos cada uno. Los menores números de casos se registran en los grupos de 5-14 años (991 casos) y 0-4 años (506 casos), probablemente debido a su menor exposición o al éxito de estrategias de vacunación en estas edades. En Caquetá, los adultos jóvenes (25-34 años) también lideran en incidencia, seguidos por los grupos de 15-24 años y 35-44 años, mientras que los grupos infantiles (0-4 años y 5-14 años) tienen la menor proporción de casos. A diferencia de Medellín, los adultos mayores (55-64 años y 65+ años) en Caquetá presentan una incidencia más

baja, posiblemente debido a subregistros o dificultades en el acceso al diagnóstico en áreas rurales.

Comparando ambas regiones, es evidente que los adultos jóvenes (25-34 años) son los más afectados, lo que podría atribuirse a una mayor exposición en actividades laborales y sociales. Además, los adultos mayores tienen una mayor incidencia en Medellín en comparación con Caquetá, lo que podría deberse a mejores capacidades diagnósticas en entornos urbanos. Por otro lado, los grupos infantiles (0-14 años) tienen incidencias bajas en ambas regiones, sugiriendo una buena cobertura de vacunación. Para abordar estas dinámicas, en Medellín es crucial fortalecer campañas de prevención y diagnóstico dirigidas a adultos jóvenes y mayores, promover programas de detección temprana en centros laborales, y brindar apoyo adicional a personas mayores, que son especialmente vulnerables.

En Caquetá, se deben enfocar estrategias en sensibilizar a las comunidades rurales sobre los síntomas y el tratamiento, mejorar el acceso al diagnóstico para personas mayores de 55 años y fortalecer programas de salud enfocados en adultos jóvenes. Además, es importante investigar más a fondo las diferencias en factores ocupacionales, sociales y de acceso a servicios de salud entre ambas regiones para desarrollar estrategias más efectivas y equitativas.

Análisis Comparativo por Total de Casos de Tuberculosis por Año Medellín

Figura 22

Frecuencia de Casos por Año en Medellín

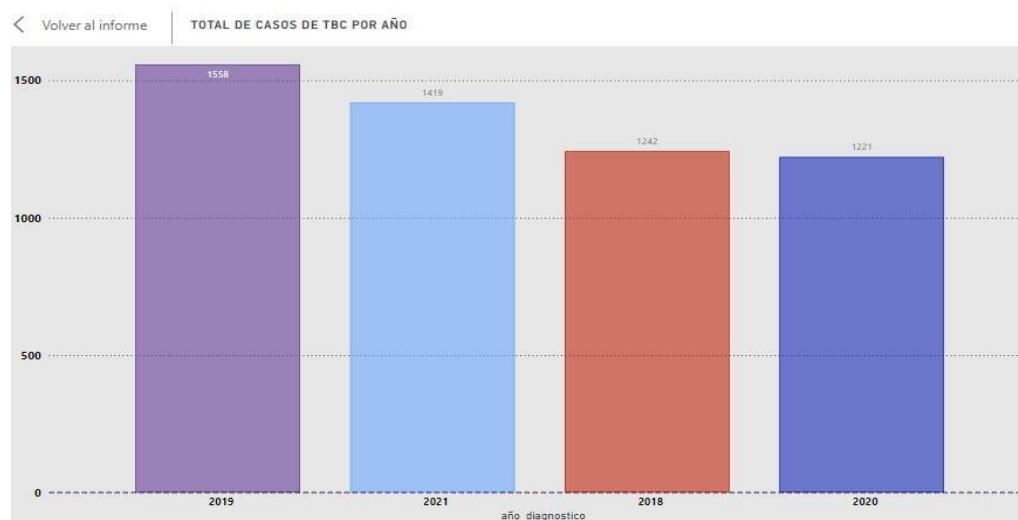
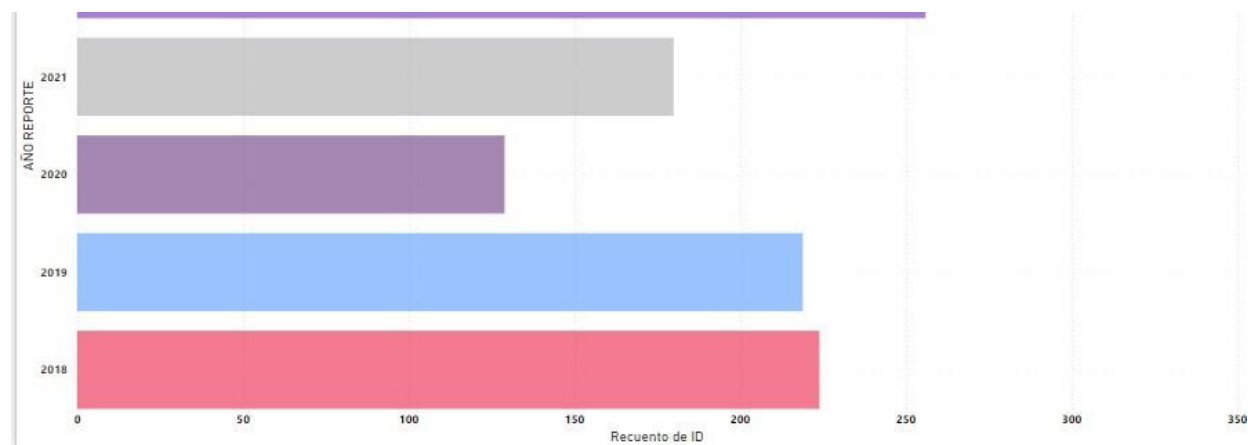


Figura 23

Frecuencia de Casos por Año en Caquetá



Las figuras 22 y 23 ilustran la frecuencia de casos de tuberculosis reportados por año en Medellín y Caquetá, respectivamente, permitiendo analizar las tendencias y diferencias en la

incidencia de la enfermedad entre estas dos regiones durante el periodo evaluado. Estas visualizaciones destacan comportamientos únicos en cada región, influenciados por factores socioeconómicos, demográficos y logísticos, que afectan el diagnóstico y reporte de casos. A continuación, se presenta un análisis detallado de las tendencias observadas en cada región y una comparación general que permite identificar patrones clave.

En Medellín, la distribución de casos por año muestra un pico en 2019 con 1,558 casos reportados, seguido de una ligera disminución en 2021 con 1,419 casos, posiblemente reflejando una recuperación en el reporte tras los efectos de la pandemia de COVID-19. Los años 2018 y 2020 presentaron cifras similares, con 1,242 y 1,221 casos respectivamente. El pico de 2019 podría atribuirse a una mejor capacidad de diagnóstico o un aumento real en la incidencia, mientras que los números relativamente altos en 2020 sugieren que Medellín mantuvo una vigilancia epidemiológica constante, incluso durante la pandemia. En Caquetá, la distribución muestra un comportamiento más fluctuante: el año con mayor número de casos fue 2018, con aproximadamente 250 casos reportados, mientras que 2019 y 2020 registraron una disminución significativa, con cerca de 200 casos cada año.

En 2021 se observa una ligera recuperación, aunque los números siguen siendo menores que en 2018. Estas fluctuaciones en Caquetá podrían estar relacionadas con barreras logísticas, dificultades de acceso a servicios de salud en zonas rurales o problemas de diagnóstico durante la pandemia. Comparando ambas regiones, Medellín presenta una tendencia más estable con un pico en 2019 y una leve disminución posterior, probablemente debido a mejores capacidades de diagnóstico y control en un entorno urbano con infraestructura sanitaria más robusta. Por otro lado, en Caquetá, la caída en 2019 y 2020 puede estar vinculada a las limitaciones en los

servicios de salud rurales, mientras que la recuperación en 2021 sugiere posibles mejoras en la cobertura de diagnóstico o mayor eficiencia en los reportes.

Para abordar estas dinámicas, en Medellín se recomienda continuar con estrategias de vigilancia activa y reforzar las intervenciones preventivas en poblaciones de mayor riesgo. En Caquetá, se deben priorizar mejoras en la infraestructura de salud en áreas rurales para garantizar el acceso al diagnóstico y tratamiento, así como analizar las razones detrás de las fluctuaciones en los reportes durante 2019 y 2020 para ajustar las estrategias de control y prevención.

Análisis Comparativo de la Distribución por Régimen de Salud

Figura 24

Distribución de Régimen de Salud en Medellín

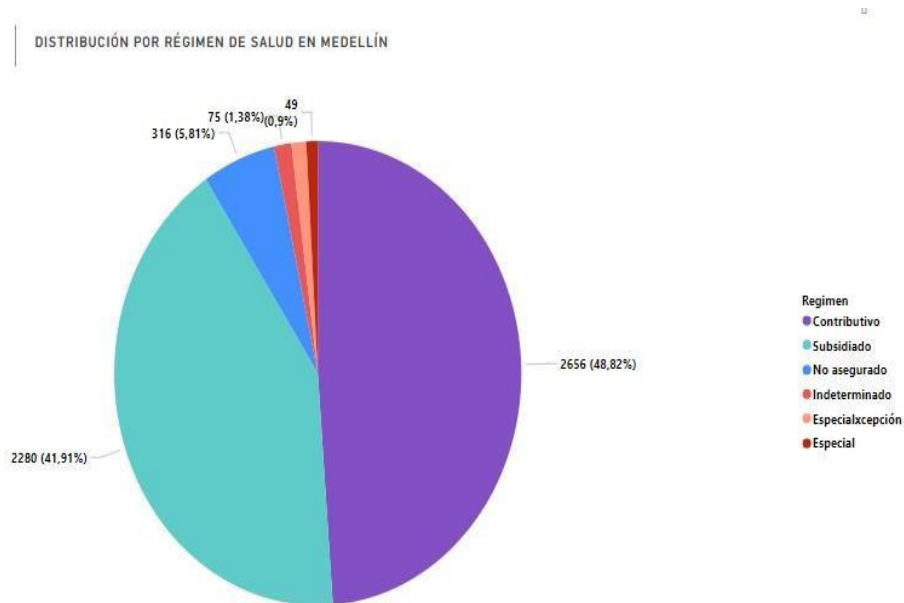
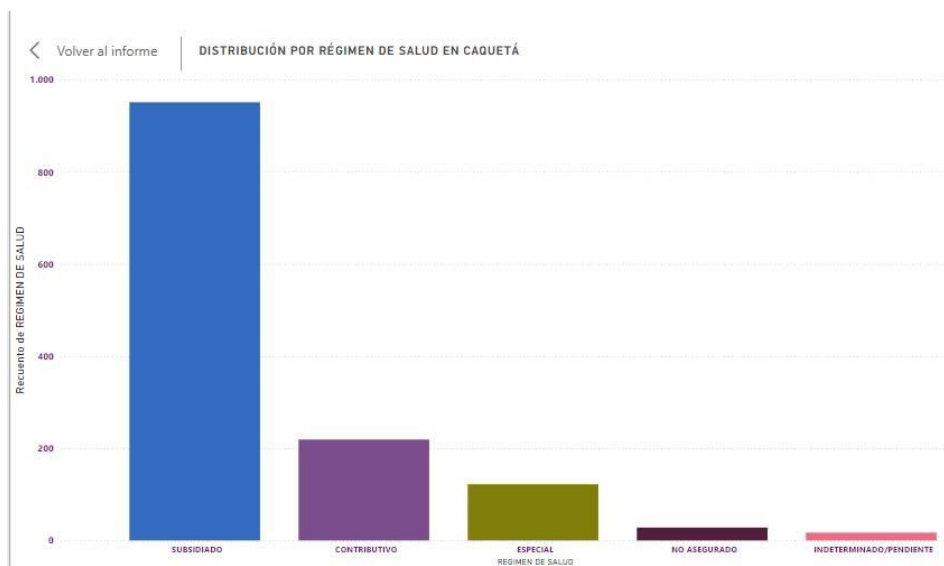


Figura 25

Distribución de Régimen de Salud en Caquetá



Teniendo en cuenta el análisis de las figuras (24 y 25), podemos analizar que la distribución por régimen de salud en Medellín y Caquetá revela importantes diferencias en las dinámicas de aseguramiento y acceso a servicios de salud entre ambas regiones. En Medellín, los regímenes subsidiado y contributivo concentran la mayoría de los casos de tuberculosis, con 2,656 casos (48.82%) y 2,280 casos (41.91%), respectivamente. Estos valores reflejan una estructura más equilibrada de aseguramiento, con una proporción significativa de la población cubierta por ambos sistemas. Sin embargo, el 5.81% de los casos (316 casos) corresponde a personas no aseguradas, lo que representa una brecha en la cobertura que podría limitar el acceso al diagnóstico y tratamiento. Los regímenes especiales/excepción e indeterminado tienen una representación mínima, con menos del 2.5% de los casos combinados, probablemente debido a su naturaleza específica y limitada cobertura. Por otro lado, en Caquetá, el régimen subsidiado domina con más de 900 casos reportados, lo que representa la gran mayoría. El régimen

contributivo registra menos de 300 casos, reflejando una baja proporción de aseguramiento formal, posiblemente atribuible a las características económicas y laborales de la región, como la alta informalidad y dependencia de actividades agrícolas. Los regímenes especial, no asegurado e indeterminado tienen una representación prácticamente insignificante en comparación con los otros regímenes.

En comparación, Medellín presenta una distribución más diversificada, con una proporción considerable de casos en el régimen contributivo, lo que indica una mayor formalidad en el acceso a los servicios de salud. En contraste, Caquetá muestra una dependencia predominante del régimen subsidiado, lo que refleja las limitaciones económicas de la región y su fuerte dependencia del sistema público de salud. Un aspecto relevante es la presencia del 5.81% de casos no asegurados en Medellín, en comparación con su virtual inexistencia en Caquetá, lo cual destaca una posible diferencia en las dinámicas de aseguramiento y acceso a servicios entre las dos regiones.

Para abordar estas diferencias, se recomienda que Medellín analice las causas detrás de los casos "No asegurados" e implemente estrategias que garanticen la cobertura universal, además de fortalecer los programas de vigilancia y tratamiento en los regímenes subsidiado y contributivo. En Caquetá, sería clave promover la formalización laboral para incrementar la cobertura del régimen contributivo, así como garantizar la sostenibilidad del régimen subsidiado, que constituye la principal fuente de acceso a los servicios de salud. En ambas regiones, sería beneficioso aumentar la vigilancia de los casos "No asegurados" y diseñar estrategias adaptadas a las características locales, priorizando los regímenes que concentran la mayor carga de casos.

Análisis Comparativo Filtrado por Grupo Etario (45-54 años), Año (2018) y Género (Femenino)

Figura 26

Despliegue Estadístico para Medellín

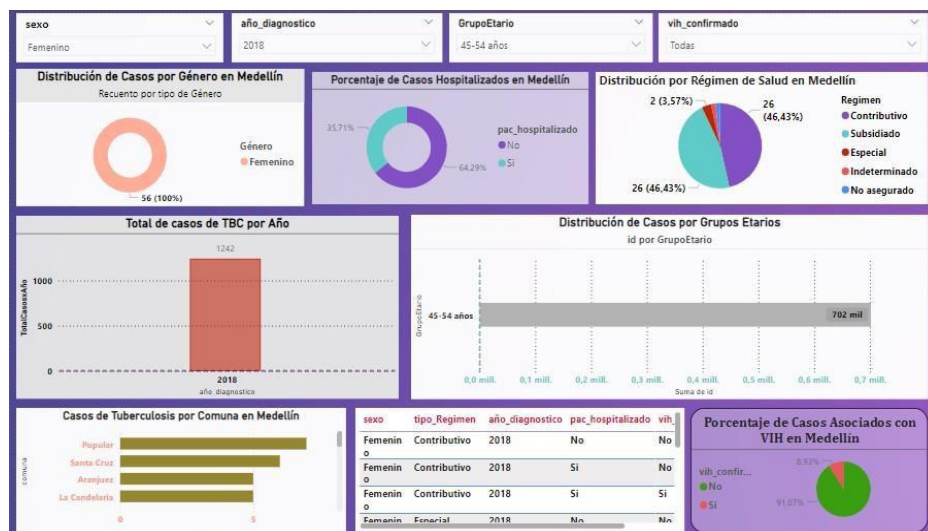


Figura 27

Despliegue Estadístico para Caquetá

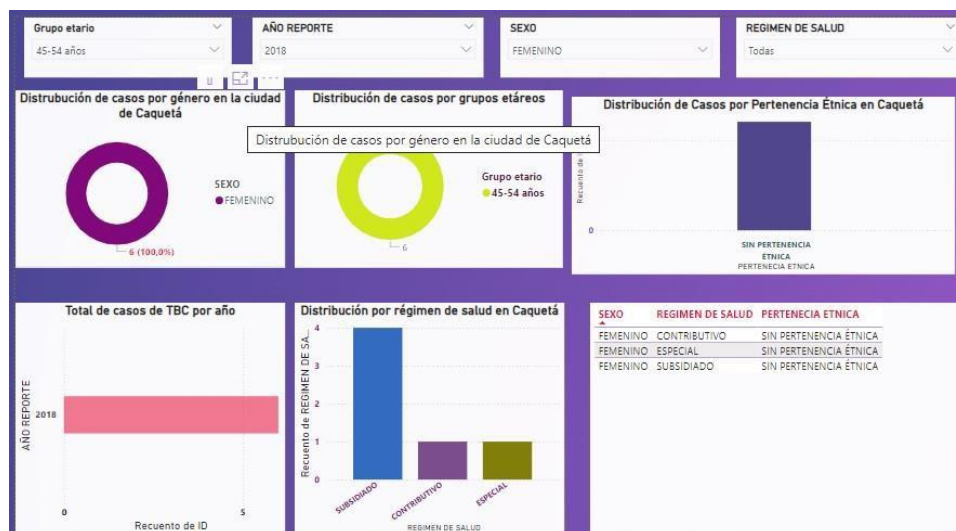


Figura 26 y 27. Estas visualizaciones permiten identificar diferencias clave en la incidencia de la enfermedad entre ambas regiones, así como factores asociados que pueden guiar estrategias de intervención.

En Medellín, el género femenino representa el 100% de los casos bajo el filtro aplicado, con 56 casos registrados. Más de la mitad de las pacientes hospitalizadas (64.29%) necesitaron hospitalización, lo que puede reflejar gravedad o comorbilidades asociadas. En términos de régimen de salud, el 46.43% de los casos están distribuidos de manera equitativa entre los regímenes subsidiado y contributivo, lo que refleja una diversidad socioeconómica significativa. El grupo etario más afectado es el de 45-54 años, con un total de 702 casos reportados en general, mientras que en 2018 se registraron 1,242 casos de tuberculosis en toda la población de Medellín, con el género femenino representando solo una fracción pequeña de este total. Las comunas de Popular, Santa Cruz y Aranjuez muestran la mayor incidencia, probablemente debido a factores como densidad poblacional y condiciones socioeconómicas. Finalmente, el 8.93% de los casos están asociados con VIH, lo que resalta la importancia de considerar esta comorbilidad en las estrategias de tratamiento.

En Caquetá, el análisis bajo el filtro aplicado muestra 6 casos registrados, todos en mujeres del grupo etario 45-54 años. La incidencia en este grupo es significativamente menor en comparación con Medellín, con menos de 10 casos reportados en 2018 para este filtro específico. El régimen subsidiado es predominante, lo que refleja la dependencia del sistema público de salud en la región, mientras que los regímenes contributivo y especial tienen una representación marginal. Todos los casos registrados en Caquetá están categorizados como "Sin Pertenencia Étnica", lo que podría reflejar limitaciones en la identificación cultural o que la población afectada no pertenece a comunidades étnicas específicas.

Al comparar ambas regiones, Medellín presenta un mayor número de casos reportados en este filtro (56 frente a 6 en Caquetá), lo que puede deberse a la densidad poblacional, mejores capacidades de diagnóstico o diferencias en la exposición a factores de riesgo. En Medellín, la distribución de casos entre los regímenes subsidiado y contributivo es más equilibrada, mientras que en Caquetá el régimen subsidiado domina ampliamente, reflejando las características económicas y laborales de la región. La tasa de hospitalización es significativa en Medellín, mientras que en Caquetá no se dispone de datos sobre este aspecto. La falta de especificidad en los datos relacionados con pertenencia étnica en ambas regiones destaca la necesidad de mejorar los sistemas de registro. Análisis Comparativo Filtrado por Grupo Etario (25-34 años), Año (2021) y Género (Masculino).

Figura 28

Despliegue Estadístico para Medellín

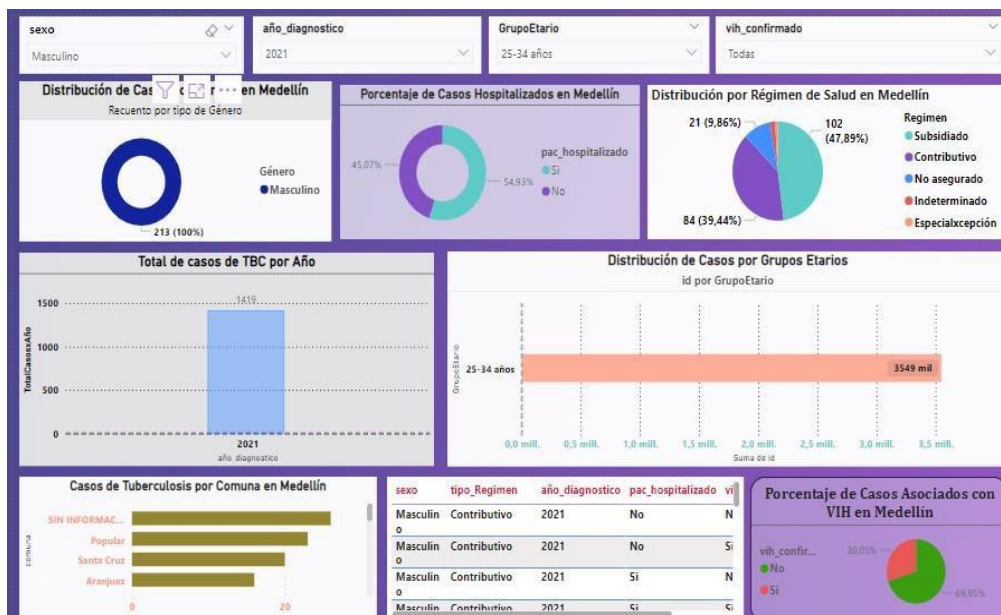


Figura 29

Despliegue Estadístico para Caquetá

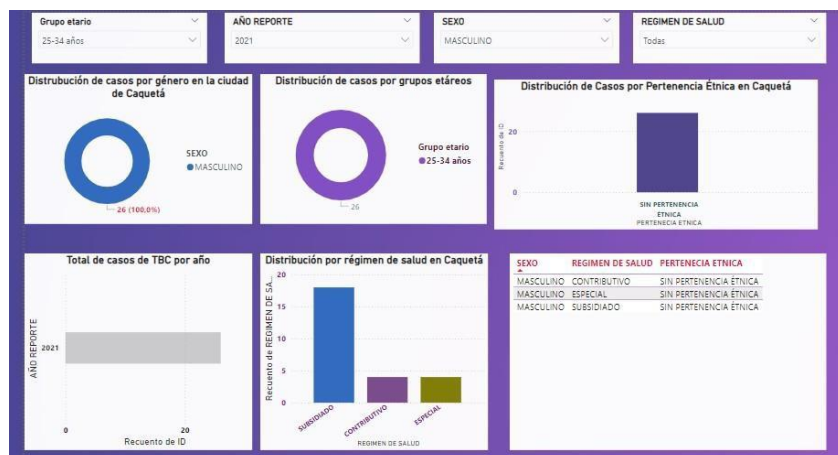


Figura 28 y 29. Estas visualizaciones permiten comparar la distribución de casos de tuberculosis entre ambas regiones, identificando diferencias significativas en incidencia, régimen de salud, hospitalización y factores asociados como el VIH.

En Medellín, se reportaron 213 casos masculinos, representando el 100% bajo este filtro. Más de la mitad (54.93%) de los casos requirieron hospitalización, lo que refleja una carga moderada de gravedad. La distribución por régimen de salud muestra que el 47.89% de los casos pertenecen al régimen subsidiado y el 42.72% al régimen contributivo, lo que indica una diversidad en las dinámicas laborales y de aseguramiento en la región. En términos de incidencia general, este grupo etario es uno de los más afectados, con un total de 3,549 casos reportados en Medellín. Durante 2021, el total de casos de tuberculosis en la ciudad fue de 1,419, con los casos masculinos representando una proporción significativa de este total. Las comunas con mayor incidencia fueron Popular, Santa Cruz y Aranjuez, donde factores como densidad poblacional y condiciones socioeconómicas probablemente incrementan el riesgo de tuberculosis. Además, el

30.05% de los casos están asociados con VIH, destacando una importante comorbilidad en este grupo.

En Caquetá, el análisis revela 26 casos masculinos en este grupo etario, representando el 100% bajo este filtro. El régimen subsidiado domina ampliamente, reflejando la dependencia del sistema público de salud en esta región. El grupo de 25-34 años es el único representado, lo que indica una incidencia significativamente menor en comparación con Medellín. En 2021, estos 26 casos representan una pequeña fracción del total reportado en la región. Todos los casos se clasifican como "Sin Pertenencia Étnica", lo que podría reflejar una falta de identificación cultural o un predominio de población mestiza en la región.

Comparando ambas regiones, Medellín reporta un número significativamente mayor de casos masculinos (213 frente a 26 en Caquetá), lo que puede atribuirse a una mayor densidad poblacional, mejor capacidad de diagnóstico y mayores exposiciones a factores de riesgo. La distribución por régimen de salud es más equilibrada en Medellín, mientras que en Caquetá predomina el régimen subsidiado, reflejando características socioeconómicas rurales. En Medellín, la asociación con VIH (30.05% de los casos) es notable, mientras que en Caquetá no se presentan datos sobre esta comorbilidad.

Análisis Comparativo Filtrado por Grupo Etario (65 años o más), Año (2021), Género (Femenino), Régimen Subsidiado, y VIH Confirmado (Medellín)

Figura 30

Despliegue Estadístico para Medellín

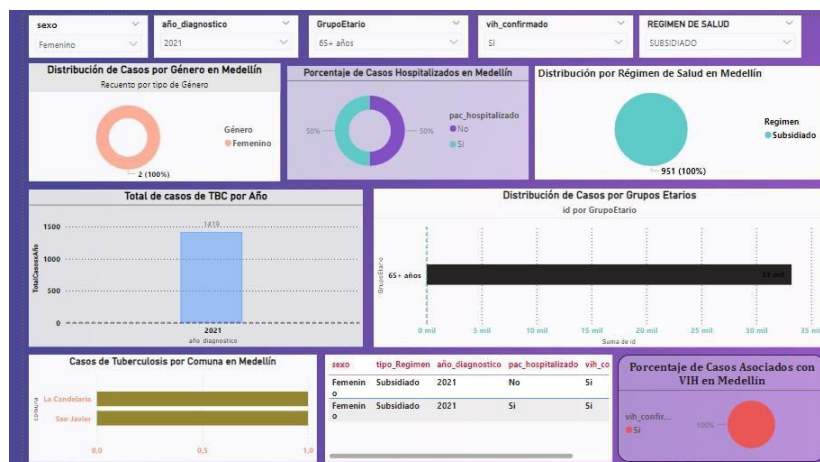


Figura 31

Despliegue Estadístico para Caquetá

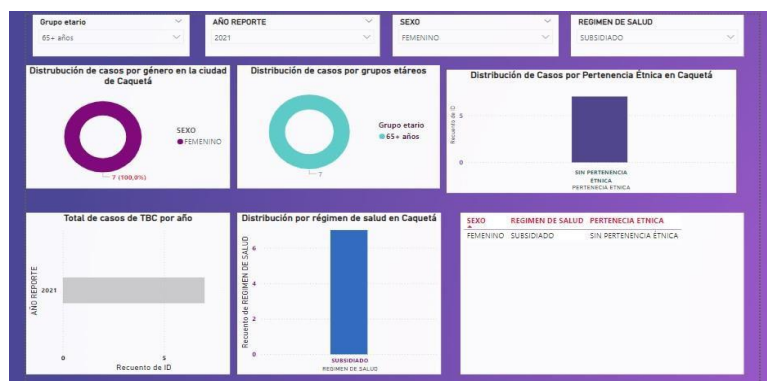


Figura 28. Figura 30 y Figura 31: Análisis Comparativo Filtrado por Grupo Etario (65 años o más), Año (2021), Género (Femenino), Régimen Subsidiado, y VIH Confirmado

Las figuras 30 y 31 muestran la distribución de casos de tuberculosis en mujeres mayores de 65 años bajo el filtro de régimen subsidiado y con VIH confirmado en Medellín y Caquetá, respectivamente. En Medellín, se reportaron 2 casos confirmados con VIH, representando el 100% bajo este filtro. La baja incidencia podría estar asociada con estrategias efectivas de control o con un posible subregistro. De estos casos, el 50% requirió hospitalización, lo que indica que la otra mitad recibió manejo ambulatorio, posiblemente debido a condiciones clínicas más estables. La totalidad de los casos reportados en este filtro pertenece al régimen subsidiado, con 951 casos totales en esta categoría en Medellín, reflejando la alta dependencia de la población de mayor edad en este sistema público de salud. Además, los casos están geográficamente concentrados en comunas específicas como La Candelaria y San Javier, lo que podría indicar focos de incidencia relacionados con características socioeconómicas locales. En cuanto a la comorbilidad con VIH, el 100% de los casos en este filtro tienen esta asociación, lo que enfatiza la necesidad de estrategias de atención integradas.

En Caquetá, se reportaron 7 casos de tuberculosis en mujeres mayores de 65 años bajo el régimen subsidiado, representando también el 100% bajo este filtro. Estos casos reflejan una incidencia baja en comparación con Medellín, lo cual podría atribuirse a diferencias en densidad poblacional, acceso a servicios de salud o subregistro. Todos los casos reportados se clasifican como "Sin Pertenencia Étnica", lo que podría indicar una falta de especificidad en los registros o el predominio de población mestiza en la región. A diferencia de Medellín, no se dispone de información sobre hospitalización para este grupo en Caquetá, lo que resalta la necesidad de fortalecer los sistemas de reporte en áreas rurales.

Comparando ambas regiones, Medellín presenta un menor número de casos en este filtro (2 frente a 7 en Caquetá), aunque todos los casos de Medellín están confirmados con VIH. La

hospitalización es un aspecto relevante en Medellín, donde el 50% de los casos requieren esta atención, mientras que no hay datos específicos para Caquetá. En ambas regiones, el régimen subsidiado es el predominante, subrayando la dependencia de este grupo etario en el sistema público de salud. Además, la ausencia de datos específicos sobre pertenencia étnica en ambas regiones destaca la necesidad de mejorar los sistemas de registro para identificar posibles desigualdades.

Es crucial investigar las razones detrás del bajo número de casos confirmados con VIH en mujeres mayores de 65 años en Medellín y fortalecer la vigilancia en comunas específicas como La Candelaria y San Javier, donde los casos están concentrados. En Caquetá, se recomienda aumentar el acceso al diagnóstico para mujeres mayores de 65 años y abordar posibles barreras para el manejo ambulatorio o hospitalario de casos graves. A nivel general, se deben diseñar programas específicos para mujeres mayores de 65 años con VIH y tuberculosis, priorizando las necesidades en regiones rurales como Caquetá, y fortalecer el análisis de pertenencia étnica para identificar grupos vulnerables que podrían no estar adecuadamente representados en los registros actuales.

Conclusiones

El análisis muestra que Medellín presenta un número significativamente mayor de casos de tuberculosis en comparación con Caquetá. Esto puede atribuirse a factores como la densidad poblacional, características del entorno urbano y estilos de vida que influyen en la propagación de la enfermedad. En ambas regiones, la tuberculosis afecta predominantemente al género masculino, lo que resalta la importancia de diseñar intervenciones de salud pública específicas para este grupo poblacional.

Los datos reflejan que el grupo de edad más afectado se encuentra entre los 35 y 40 años, con tasas de mortalidad más altas. Esto sugiere que este rango de edad debe ser priorizado en las estrategias de prevención y tratamiento. Medellín tiene una mayor proporción de población afiliada al régimen contributivo debido a su infraestructura económica más desarrollada y niveles más altos de empleo formal. En contraste, en Caquetá predominan las afiliaciones al régimen subsidiado, reflejando su mayor ruralidad y dependencia de ingresos informales.

Las disparidades en el tipo de afiliación indican diferencias en el acceso y la calidad de los servicios de salud entre las dos regiones. Esto refuerza la necesidad de políticas públicas que reduzcan las brechas en salud entre zonas urbanas y rurales. El análisis de los gráficos revela diferencias significativas en la distribución de casos de tuberculosis por grupos etarios entre Medellín y Caquetá. Mientras que Medellín muestra una mayor afectación en adultos jóvenes y de mediana edad, Caquetá presenta una incidencia más alta en adolescentes y adultos jóvenes. Estas diferencias subrayan la necesidad de adaptar las estrategias de salud pública a las características específicas de cada región. Ambas regiones muestran patrones similares en cuanto a la mayor afectación de adultos jóvenes (25-34 años), pero las dinámicas locales como el acceso a servicios de salud y los entornos socioeconómicos juegan un papel importante en las

diferencias observadas. Las intervenciones deben adaptarse a estas realidades para maximizar su efectividad.

En Caquetá, donde se presentan mayores retos debido a las limitaciones de acceso a servicios de salud en zonas rurales, es prioritario implementar campañas dirigidas a jóvenes y niños, especialmente en entornos escolares, para reducir los contagios y las tasas de abandono del tratamiento. Estas campañas podrían incluir educación sobre hábitos saludables, jornadas de vacunación BCG y diagnósticos tempranos mediante análisis de sangre periódicos. En Medellín, aunque la infraestructura sanitaria es más robusta, persisten desafíos en las comunas más vulnerables, donde la densidad poblacional y las condiciones socioeconómicas favorecen la transmisión de la tuberculosis. Aquí, el enfoque debe incluir el fortalecimiento de programas comunitarios y el seguimiento a pacientes con comorbilidades como VIH, tabaquismo, obesidad y diabetes, que aumentan el riesgo de contagio y mortalidad.

El desarrollo de visualizaciones en Power BI permite mostrar de manera clara y efectiva las estadísticas epidemiológicas sobre la tuberculosis en Medellín y Caquetá, facilitando el análisis y la toma de decisiones informadas. A través de gráficos interactivos y tableros dinámicos, es posible identificar patrones clave, como la incidencia por grupo etario, género, áreas geográficas específicas y factores socioeconómicos asociados. Esto resulta fundamental para evaluar la efectividad de las campañas de prevención y promoción de la salud en ambas regiones. Aunque el sistema de salud está estandarizado, es crucial reforzar las intervenciones específicas en áreas vulnerables como se expresa de manera exitosa en el desarrollo de este estudio.

Referencias Bibliográficas

- Bellinger, C., Mohamed-Jabbar, M. S., Zafane, O., & Osornio-Vargas, A. (2017). *A systematic review of data mining and machine learning for air pollution epidemiology*. *BMC Public Health*. <https://bmcpublichealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-017-4062-1>
- Carbonell Chams, A. J. (2023). *Transporte público y problemas medioambientales en Colombia*. *Observatorio Medioambiental*.
<https://revistas.ucm.es/index.php/OBMD/article/view/93019/4564456567813>
- Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2022). *Tuberculosis overview*.
<https://www.cdc.gov/tb/topic/basics/default.htm>
- Congreso de Colombia. (1979). Ley 9 de 1979 (Código Sanitario Nacional).
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=281>
- García, M. P., & López, R. T. (2019). *Efectos de la contaminación del aire en la salud respiratoria*. *Revista de Salud Pública*, 22(4), 567–579.
<http://www.revistasaludpublica.com/archivo/22/04/567>
- García-Gómez, L., Sansores, R. H., Noé Díaz, V., Urdapilleta-Herrera, E., González-Rojas, G., Pérez Márquez, L. E., & Ramírez Venegas, A. (2015). *Impacto del consejo breve para dejar de fumar*. *Salud Pública de México*, 57(5), 366–367.
- Instituto Nacional de Salud (INS). (2020). *Informe del evento Tuberculosis, 2020*.
https://www.ins.gov.co/buscadoreventos/Informesdeevento/TUBERCULOSIS_2020.pdf
- Instituto Nacional de Salud (INS). (2021). *Protocolo de vigilancia en salud pública: Tuberculosis*.
<https://www.ins.gov.co/Direcciones/Vigilancia/sivigila/Protocolos/PRO%20Tuberculosis.pdf>

- López Olmedo, N., Stern, D., Pérez Ferrer, C., González Morales, R., Canto Osorio, F., & Barrientos Gutiérrez, T. (2021). *Revisión rápida: probabilidad de contagio por infecciones respiratorias agudas en el transporte público colectivo. Salud Pública de México*, 63(2), 225–231. <https://doi.org/10.21149/12027>
- Malagón, J., Garrote, C., & Castilla, P. (2017). *Cambio climático y salud humana: una revisión desde la perspectiva colombiana. Revista Salud Pública*.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-55522017000200224
- Martínez, J. C., & Gómez, S. L. (2018). *Estrategias para la prevención de enfermedades respiratorias. Revista Colombiana de Neumología*, 10(2), 45–60.
<https://revistas.asoneumocito.org/index.php/rcneumologia>
- Mediano, O., González Mangado, N., Montserrat, J. M., Alonso-Álvarez, M. L., Almendros, I., AlonsoFernández, A., et al. (2022). *International Consensus Document on Obstructive Sleep Apnea. Archivos de Bronconeumología*, 58(1), 52–68.
<https://doi.org/10.1016/j.arbres.2021.03.017>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2016). *Decreto 780 de 2016 (Compilación normativa del sector salud)*.
https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/DECRETO%20780%20DE%202016.pdf
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2016). *Resolución 2465 de 2016*.
<https://www.minsalud.gov.co>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2020). *Colombia destaca reducción de la tuberculosis*.
<https://www.minsalud.gov.co/Paginas/Colombia-destaca-reduccionde-la-tuberculosis-.aspx>

Ministerio de Salud y Protección Social. (2020). *Informe de vigilancia epidemiológica de tuberculosis en Colombia*.

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ET/comportamiento-tuberculosis-2020.pdf>

Ministerio de Salud y Protección Social. (2020). *Plan Estratégico Nacional de Respuesta a la Tuberculosis 2020-2025*.

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PS/Tuberculosis20202025.pdf>

Ministerio de Salud y Protección Social. (2020). *Resolución 227 de 2020*.

<https://www.minsalud.gov.co>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2020). *Directrices para la eliminación de la tuberculosis*. <https://www.who.int>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2023). *Tuberculosis*. <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/tuberculosis>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2023). *Tuberculosis Fact Sheet*. <https://www.who.int>

Revista Cubana de Salud Pública. (2022). *Comportamiento de la tuberculosis en Colombia en el contexto de la pandemia de COVID-19*. *Revista Cubana de Salud Pública*.

https://www.scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1727-897X2022000500802&script=sci_arttext

Sanchez, N., Rodriguez-Martinez, C. E., & Sossa-Briceño, M. P. (2016). *Epidemic activity of respiratory syncytial virus is related to temperature and rainfall in equatorial tropical countries*. *Epidemiology and Infection*, *144*(10), 2057–2063.

<https://doi.org/10.1017/S0950268816000273>

Scielo España. (2007). *La cadena epidemiológica de transmisión de la tuberculosis*.

https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S113766272007000400002&script=sci_arttext

World Health Organization. (2019). *Outdoor pollution database in cities 2019 [Base de datos]*.

[https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-airquality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-airquality-and-health)