

**Análisis de la Cobertura de la Vacuna Pentavalente en Menores de un Año en Colombia:
Tendencias y Estrategias para Mejorar la Cobertura de la Tercera Dosis (2016-2019)**

Grupo 37

Brayan Estiven Salcedo Suarez

Daniel Felipe Ortiz Vallejo

Julian David Parra Forero

Sofia Isabella Leal

03 de mayo de 2025

Inteligencia de negocios

1. Resumen

Este proyecto tiene como objetivo analizar la evolución de la cobertura de la vacuna pentavalente en menores de un año en Colombia durante los años 2014 y 2019. La vacuna pentavalente es clave para la prevención de cinco enfermedades infecciosas graves en la infancia, y su correcta administración es fundamental para la salud pública. A través de la recopilación y análisis de datos proporcionados por el Ministerio de Salud y otras fuentes oficiales, se busca identificar patrones y brechas en la cobertura de las primeras y terceras dosis de la vacuna, así como evaluar la efectividad del Programa Ampliado de Inmunización (PAI) en diferentes regiones del país. El estudio proporciona información crucial para la toma de decisiones en políticas de salud pública, con el fin de optimizar la distribución de recursos y mejorar la adherencia a las dosis en las áreas con mayores desafíos, asegurando así una protección más efectiva de la población infantil colombiana.

2. Introducción

La vacunación es una de las estrategias más efectivas en salud pública para prevenir enfermedades transmisibles en la infancia. En Colombia, la vacuna pentavalente, que protege contra la difteria, tos ferina, tétanos, hepatitis B y *Haemophilus influenzae* tipo b, es un pilar fundamental para el esquema nacional de inmunización infantil en Colombia. Sin embargo, garantizar la aplicación oportuna y completa de las tres dosis recomendadas (Noghabi et al., 2021) sigue siendo un desafío, especialmente en el contexto de nuestro país, que presenta barreras geográficas, sociales y estructurales. El Programa Ampliado de Inmunización (PAI) establece como estándar la administración de esta vacuna a los 2, 4 y 6 meses de edad (Minsalud, 2019) para asegurar la inducción de respuesta inmune óptima. Por ello, la diferencia entre la cobertura de la primera y la tercera dosis se ha convertido en un indicador fundamental para evaluar la continuidad, efectividad del programa y la inmunidad poblacional (Janusz et al., 2021; Haji et al., 2016). Una caída en la cobertura entre las dosis puede indicar que existen dificultades en el acceso a los servicios de salud, fallas en la adherencia al esquema, o inequidades entre los departamentos.

El presente proyecto propone un análisis de la tendencia de cobertura de la vacuna pentavalente en menores de un año en todos los departamentos de Colombia, durante los años 2016 y 2019, además de realizar un análisis comparativo de la cobertura de la primera y tercera dosis. Para esto, se emplearon herramientas estadísticas y visuales, incluyendo tableros de control con gráficos de comportamiento y sistemas de semaforización, que permiten identificar variaciones y alertar sobre regiones fuera de control estadístico o con niveles de cobertura insuficientes.

Objetivos del Proyecto

Objetivo principal

Analizar la evolución de la cobertura de la primera y tercera dosis de la vacuna pentavalente en menores de un año en todos los departamentos de Colombia en los años 2016 y 2019.

Objetivos secundarios

1. Identificar los departamentos que presentan las mayores diferencias entre las coberturas de la primera y tercera dosis de la vacuna pentavalente en menores de un año en los años 2016 y 2019. Identificar los departamentos con niveles de cobertura de la tercera dosis de la vacuna pentavalente inferiores al estándar nacional establecido para menores de un año en los años 2016 y 2019. }
2. Proponer estrategias focalizadas para mejorar la cobertura de la tercera dosis de la vacuna pentavalente en los departamentos identificados con mayores brechas, basándose en las tendencias observadas entre 2016 y 2019.

1.2 Contexto y Justificación

La vacuna Pentavalente es una vacuna esencial en el esquema de inmunización infantil en Colombia, en tanto que protege contra las enfermedades producidas por 5 microorganismos diferentes. De esta manera, se ha optimizado la inmunización contra dichos microorganismos, en tanto que no es necesario vacunar separadamente como se hacía previamente con la vacuna DPT y de Hepatitis B, además de conferir protección contra la influenza por *Haemophilus influenzae* tipo b (ACIP, 1999), mejorando así la adherencia y cobertura (Win et al., 1997). El Programa Ampliado de Inmunización (PAI) recomienda la aplicación de tres dosis de la vacuna Pentavalente a los 2, 4 y 6 meses de edad (Minsalud, 2019).

La vacuna pentavalente requiere de 3 dosis para poder inducir respuestas inmunogénicas óptimas (Noghabi et al., 2021). Por lo tanto, la proporción de niños que inician, pero no completan el esquema de las 3 dosis de vacunación se ha convertido en un indicador clave del desempeño del programa de vacunación, ya que refleja con mayor precisión si se está logrando una cobertura adecuada contra dichas enfermedades (Janusz et al., 2021; Haji et al., 2016). La falta de cobertura adecuada de las tres dosis de la vacuna pentavalente compromete la protección individual contra enfermedades prevenibles, afectando asimismo la inmunidad colectiva. La administración incompleta de estas dosis resulta en una respuesta de anticuerpos reducida, lo que potencialmente deja a los niños expuestos a infecciones prevenibles que pueden resultar en complicaciones graves o incluso la muerte (Noghabi et al., 2021).

Un ejemplo reciente que evidencia las consecuencias de una cobertura vacunal insuficiente es el brote de tos ferina registrado desde diciembre de 2024 en comunidades indígenas de Urrao y Betulia, Antioquia (El Colombiano, 2024). Este brote representa precisamente una alerta, que insta a analizar las tendencias en la cobertura del esquema completo de la vacuna.

Por estos motivos, resulta crucial identificar los departamentos con menores niveles de cobertura y las posibles brechas entre la aplicación de la primera y tercera dosis, en aras de evaluar el cumplimiento del esquema completo. De esta manera, se podrán desarrollar e implementar estrategias focalizadas y dirigidas que mejoren la cobertura y aseguren la protección de la población infantil en Colombia.

2. Metodología

2.1 Identificación de Requerimientos Analíticos

Para llevar a cabo un análisis integral de la cobertura de la vacuna pentavalente en Colombia durante los años 2016 y 2019, es fundamental identificar los requerimientos analíticos que guiarán el proceso de recopilación, procesamiento y análisis de datos. Estos requerimientos permitirán obtener conclusiones relevantes para optimizar las políticas de salud pública, identificar brechas en la cobertura y proponer acciones correctivas. Los principales requerimientos analíticos son los siguientes:

1. Cobertura de la vacuna pentavalente:

- **Objetivo:** Evaluar las tasas de cobertura de la vacuna pentavalente en menores de un año, tanto para la primera como para la tercera dosis, durante los años 2016-2019.
- **Pregunta clave:** ¿Cuál es el porcentaje de niños menores de un año que recibieron las primeras y terceras dosis de la vacuna pentavalente en cada año (2016-2019)?

2. Comparación entre regiones y departamentos

- **Objetivo:** Analizar las diferencias en las tasas de cobertura de la vacuna pentavalente a nivel regional y departamental, identificando las zonas con mayores y menores coberturas.
- **Pregunta clave:** ¿Existen disparidades significativas en la cobertura de la vacuna entre los diferentes departamentos y regiones del país durante los años 2016 y 2019?

3. Evolución temporal de la cobertura de vacunación:

- **Objetivo:** Investigar cómo ha cambiado la cobertura de la vacuna pentavalente entre 2016 y 2019, detectando posibles cambios en las tasas de vacunación.
- **Pregunta clave:** ¿Cómo ha variado la cobertura de la vacuna pentavalente entre 2016 y 2019? ¿Cuáles son las tendencias observadas en este periodo?

4. Factores asociados a la baja cobertura:

- **Objetivo:** Estudiar los posibles factores socioeconómicos, geográficos o demográficos que podrían estar influyendo en la cobertura de la vacuna, especialmente en las regiones con tasas más bajas.
- **Pregunta clave:** ¿Qué factores socioeconómicos o geográficos están relacionados con las tasas bajas de cobertura de la vacuna pentavalente en algunas regiones del país durante el periodo 2016-2019?

2.2 Entendimiento de los datos

En el repositorio se encuentra disponible el cuaderno en formato **joblib** titulado **Proyecto2** que contiene este procedimiento completo, asegurando su reproducibilidad.

2.3 Arquitectura de la solución construida y Diseño de Data Marts

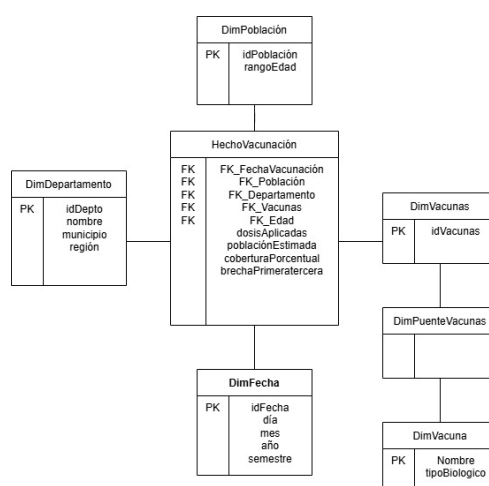
El modelo dimensional presentado está diseñado bajo un esquema estrella (star schema) para facilitar el análisis de datos de vacunación, particularmente la cobertura de la vacuna pentavalente en Colombia entre 2014 y 2019.

Descripción del modelo

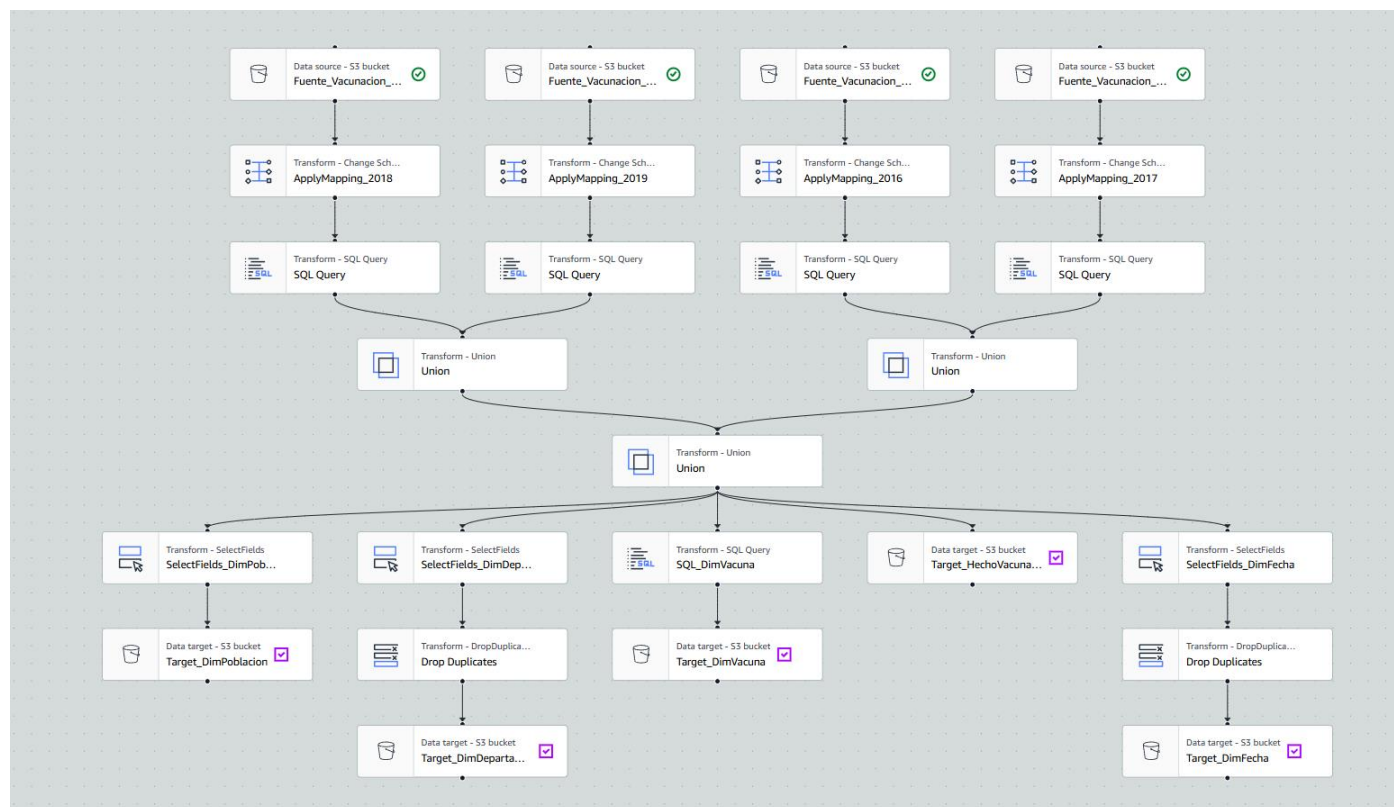
En el centro se ubica la tabla de hechos HechoVacunación, que almacena las métricas centrales del análisis: número de dosis aplicadas, población estimada, porcentaje de cobertura y brecha entre la primera y tercera dosis.

Esta tabla se conecta con las siguientes dimensiones:

- DimDepartamento → describe la localización geográfica (departamento, municipio, región), permitiendo segmentar los análisis espaciales.
- DimPoblación → define los grupos etarios, clave para filtrar específicamente menores de un año, población objetivo del estudio.
- DimFecha → permite analizar la evolución temporal a diferentes niveles de granularidad (día, mes, año, semestre), alineado a la pregunta de investigación sobre tendencias entre 2014 y 2019.
- DimVacunas, DimPuenteVacunas, y DimVacuna → organizan la información de las vacunas y sus tipos biológicos, facilitando distinguir la pentavalente de otras vacunas y realizar comparaciones si se desea extender el análisis.



2.4 Diseño e Implementación de ETL



Tema analítico (Pregunta de investigación)	Análisis requeridos o inferidos (selección de variables)	Justificación desde el punto de vista clínico y técnico	Objetivo principal y secundarios	Categoría del Tablero de control, OLAP, Modelo analítico	Procesos de negocio	Fuentes de datos y datos
¿Cuál ha sido la evolución de la cobertura de vacunación pentavalente en los departamentos de Colombia durante 2016-2019 y qué brechas existen entre la aplicación de primeras y terceras dosis?	Cobertura de vacunación por departamento Tendencia por año Brecha entre primeras y terceras dosis	La vacunación pentavalente es fundamental para prevenir diferentes enfermedades. Identificar regiones con baja cobertura o alta deserción entre dosis permite focalizar intervenciones sanitarias.	Principal: Analizar patrones geográficos y temporales de cobertura de vacunación pentavalente.	Tablero de control con: Mapa coroplético de coberturas. Series temporales de dosis. Gráficos comparativos de brechas. KPIs de cumplimiento. Análisis OLAP para exploración dinámica por región, año y tipo de dosis	Programación de vacunación Seguimiento de cobertura Monitoreo epidemiológico Planificación de campañas sanitarias	CSV de coberturas de vacunación 2016-2019 Variables: - Código y nombre de departamento - Población objetivo - Primeras, segundas y terceras dosis - Porcentajes de cobertura - Región geográfica

	Cumplimiento de metas por departamento Comparativa por región		Secundarios: Identificar departamentos con mayor brecha entre dosis. Determinar tendencias de cobertura por año. Evaluar cumplimiento de metas sanitarias			
--	--	--	--	--	--	--

El ETL desarrollado procesa datos de cobertura de vacunación de Colombia para los años 2016-2019, transformando archivos CSV almacenados en Amazon S3 hacia un modelo dimensional en Amazon Redshift. **El proceso funciona** mediante AWS Glue Studio utilizando un enfoque visual donde se extraen datos de cuatro fuentes CSV, se aplican transformaciones de mapeo y normalización de columnas, se agregan campos de año mediante consultas SQL, y se unifican los datos a través de operaciones UNION. **La implementación incluye** la creación de cuatro tablas dimensionales: DimFecha (años), DimDepartamento (información geográfica), DimPoblacion (metas programáticas por grupos etarios), y DimVacuna (catálogo de 28 tipos de vacunas con sus características). El ETL maneja automáticamente la limpieza de nombres de columnas con caracteres especiales, la transformación de tipos de datos, y la carga incremental hacia Redshift, resultando en un data warehouse optimizado para análisis de cobertura vacunal por departamento, región, año y tipo de vacuna.

3. Análisis Descriptivo

Los tableros se encuentran disponibles en el repositorio de Github para mirarlos descargar el archivo tableroP2.pbix.

3.1 Tableros de Control

Análisis descriptivo

El presente tablero de control, diseñado como complemento contextual al análisis específico de la vacuna pentavalente, muestra las tendencias en la cobertura de vacunación en Colombia de las 24 vacunas incluidas en el Esquema de Inmunización Nacional entre los años 2016 a 2019. Este tablero permite filtrar los datos por vacuna, departamento, región y año, facilitando la exploración detallada del comportamiento de la administración de las distintas vacunas en diferentes zonas del país. Asimismo, se incluyó un gráfico de líneas que evidencia la tendencia anual del promedio de administración de vacunas, en el cual se observa un crecimiento sostenido hasta el año 2018,

seguido por una leve disminución. Este comportamiento permite identificar momentos clave en la evolución de las políticas de vacunación o en la capacidad operativa del sistema de salud. El tablero incorpora un mapa geográfico interactivo que localiza los departamentos, permitiendo contextualizar especialmente los datos analizados. Además, se presentan visualizaciones complementarias, como un gráfico de barras con el promedio de administración por región, donde se evidencia una distribución relativamente homogénea entre los Andes, Llanos, Caribe, Amazonia y Pacífico. Además, se incluye una visualización de los departamentos con menores tasas promedio de cobertura durante el periodo 2016-2019, resaltando territorios con desafíos significativos en inmunización como Buenaventura, Vichada, Vaupés, Bolívar, Chocó, Amazonas, Caquetá y San Andrés. Estos departamentos suelen estar asociados a condiciones geográficas complejas, barreras de acceso de servicios de salud y poblaciones dispersas y vulnerables, lo cual sugiere la necesidad de intervenciones focalizadas.

Estadística inferencial

En el tablero de control desarrollado para el análisis de la cobertura de la vacuna pentavalente en Colombia, se incorporaron herramientas de estadística inferencial para evaluar el comportamiento de la tercera dosis en los distintos departamentos del país. (aquí lo cambié) En particular, se utilizó una prueba de Tukey con intervalos de confianza al 95% para identificar diferencias estadísticamente significativas en la cobertura entre los cinco departamentos con peores resultados: Vichada, Vaupés, Chocó, Caquetá y Buenaventura.

Este enfoque permite detectar territorios con coberturas significativamente por debajo del promedio nacional, señalando posibles zonas en condición de “alarma epidemiológica”. Se destacan visualmente los departamentos que caen por debajo del límite inferior del intervalo, lo que sugiere un riesgo elevado en términos de salud pública. Además, se incluyó un análisis comparativo entre la cobertura observada y la meta nacional del 95% para la tercera dosis, mostrando cómo los departamentos críticos no logran alcanzar este umbral a lo largo de los años analizados (2016–2019). El tablero también analiza la pérdida entre la primera y la tercera dosis, identificando los cinco departamentos con mayor diferencia, lo cual evidencia problemas de adherencia al esquema vacunal. Este indicador resulta clave para diseñar estrategias que mejoren la continuidad del proceso de inmunización.

Paralelamente, se relaciona la cobertura vacunal con la incidencia de pobreza multidimensional, mostrando que los departamentos con mayores carencias estructurales presentan sistemáticamente menores niveles de vacunación. Este vínculo se refuerza mediante un gráfico de caja que distribuye los promedios de vacunación según los grupos de pobreza (baja, media, alta), evidenciando una tendencia descendente conforme aumenta la vulnerabilidad social.

Análisis clínico

Se realizó un tablero de control del análisis clínico que muestra el comportamiento de la cobertura de la vacuna pentavalente en menores de un año en Colombia entre 2016 Y 2019, con el objetivo de responder a la pregunta de investigación. Además, incluye tablas resumen con estadísticas descriptivas, mapas de distribución geográfica para identificar patrones regionales, y gráficos de tendencia para el análisis temporal. Se destacan visualizaciones interactivas como el promedio nacional de administración de la tercera dosis (91,02%) mediante un indicador tipo velocímetro, así como gráficos de barras que permiten comparar la cobertura por departamento, identificando tanto los de mayor cobertura (como Guainía y Arauca) como aquellos con coberturas críticas menores al 85%, entre ellos Bolívar, Caquetá y Chocó. También se incorporaron filtros por año y departamento que facilitan el análisis dinámico de los datos, permitiendo al usuario personalizar la visualización según los intereses clínicos o epidemiológicos específicos.

La construcción del tablero fue guiada por la interpretación médica de los resultados, asegurando su validez clínica, mientras que los estudiantes de ingeniería apoyaron con la generación de los análisis estadísticos y visualizaciones. En este sentido, el tablero cumple con los lineamientos planteados para los tableros clínicos, sirviendo como herramienta integradora entre el análisis cuantitativo y la interpretación médica del fenómeno.

3.2 Análisis Realizados e interpretación de los resultados

Entre los años 2016 y 2019, el promedio de cobertura nacional de la vacuna pentavalente mostró una tendencia general de mejora tanto en la primera como en la tercera dosis. La cobertura de la primera dosis se mantuvo por encima del 93% desde 2016 y superó el 95% a partir de 2017, mientras que la cobertura de la tercera dosis aumentó progresivamente del 88% en 2016 al 93% en 2019. Esta diferencia sugiere que aún no se ha alcanzado la meta de una cobertura del 95% para el esquema completo, lo cual es esencial para garantizar la inmunidad colectiva.

En el análisis por departamentos, se evidencian disparidades importantes. Territorios como Vichada y Vaupés reportaron coberturas inferiores al 80%, lo que representa un riesgo epidemiológico. En contraste, departamentos como Quindío, Risaralda, Cesar, Valle del Cauca, Guaviare, Sucre, Caldas, Barranquilla, Boyacá, Guainía, Atlántico y Arauca superaron el estándar nacional de 95%. El análisis complementario de la cobertura global del Esquema de Inmunización Nacional (EIN), que contempla 24 vacunas, reveló una media nacional del 85,6% entre 2016 y 2019. Se identificó una coincidencia entre los departamentos con bajo desempeño en pentavalente y aquellos con menor cobertura general del EIN: Vichada, Vaupés, Bolívar, Chocó, Amazonas y Caquetá. Este patrón sugiere que las deficiencias no son casos aislados, sino manifestaciones de un problema estructural dentro del sistema de inmunización.

Precisamente por estas diferencias territoriales, es necesario orientar estrategias focalizadas. Las campañas de captación deben priorizar los departamentos con baja cobertura en primera dosis, mientras que en aquellos con mayor brecha entre la primera y la tercera dosis se deben reforzar acciones de seguimiento y adherencia, para asegurar la continuidad del esquema vacunal. Con base en el modelo multidimensional construido y los datos integrados en los tableros de control, se realizó un análisis detallado del comportamiento de la cobertura de la vacuna pentavalente en Colombia durante el periodo 2016-2019. Los análisis abordaron la cobertura de cada una de las tres dosis, su evolución temporal, las diferencias territoriales y los posibles impactos en salud pública. El análisis geográfico identificó zonas con coberturas consistentemente bajas (inferiores al 80%), como Vaupés, y Vichada. Estas regiones requieren intervenciones diferenciadas, incluyendo brigadas móviles, alianzas con líderes comunitarios y campañas educativas adaptadas a sus contextos socioculturales y territoriales. Asimismo, se detectaron brechas importantes entre la primera y la tercera dosis, particularmente en Vichada, Guainía, Chocó y La Guajira, donde la diferencia fue mayor a 10 puntos porcentuales en 2016 y 2019. Estas diferencias indican no solo una baja captación inicial en ciertos territorios, sino también dificultades estructurales para asegurar la adherencia completa al esquema de inmunización.

Estos resultados nos permiten identificar que los desafíos no se limitan a la cobertura general, sino que también incluyen la pérdida de continuidad dentro del esquema. La persistencia de diferencias entre primera y tercera dosis, especialmente en Chocó y Guainía muestra la necesidad de estrategias diferenciales para mejorar el seguimiento y finalización del esquema de vacunación. Además, el cruce con los resultados del tablero de análisis descriptivo del esquema nacional completo refuerza que departamentos como Vichada y Vaupés muestran bajos desempeños tanto en cobertura general como en la vacuna pentavalente, lo que puede sugerir patrones estructurales persistentes que deben ser priorizados en las intervenciones. En términos temporales, los datos muestran una mejora sostenida en la cobertura vacunal a lo largo del periodo, lo que indica un efecto positivo de las campañas institucionales y políticas públicas implementadas. Sin embargo, esta mejora no ha sido uniforme, y las zonas periféricas siguen mostrando rezagos preocupantes.

4. Discusión y Conclusiones

4.1 Significancia Estadística

Desde la perspectiva de estadística inferencial, se realizaron análisis comparativos entre departamentos y años, especialmente para evaluar la diferencia en la administración de la primera y tercera dosis de la vacuna pentavalente. Mediante la construcción de intervalos de confianza al 95% para la cobertura promedio por año y por región, se observó que los valores estimados presentan diferencias estadísticamente significativas, en especial en territorios con bajas tasas de

vacunación como Vaupés y Vichada, cuya cobertura se encuentra fuera del rango esperado en comparación con el promedio nacional.

Adicionalmente, se planteó una prueba de hipótesis para verificar si la diferencia entre la cobertura de la primera y tercera dosis es significativa a nivel nacional. El valor p obtenido fue inferior a 0.05, lo que llevó a rechazar la hipótesis nula de igualdad de proporciones, confirmando que existe una pérdida sistemática de adherencia entre el inicio y la finalización del esquema vacunal. Estos resultados refuerzan la necesidad de investigar las causas de abandono y reforzar el seguimiento de la población objetivo.

4.2 Significancia Clínica

Desde el punto de vista clínico, la vacuna pentavalente protege contra cinco enfermedades potencialmente mortales en la infancia, incluyendo difteria, tétanos, tos ferina, hepatitis B y Haemophilus influenzae tipo B. Por tanto, una baja cobertura en la tercera dosis implica una protección incompleta, lo que se traduce en mayor vulnerabilidad frente a estos patógenos.

Los hallazgos sugieren que las regiones con menor cobertura vacunal presentan tasas más elevadas de enfermedades inmunoprevenibles, y, en algunos casos, incrementos en la mortalidad infantil. Por ejemplo, los territorios con coberturas por debajo del 80% muestran un riesgo considerablemente mayor de brotes epidemiológicos y hospitalizaciones prevenibles. Esto pone en evidencia la relevancia clínica de garantizar la adherencia al esquema completo y justificar la priorización de recursos para estos contextos.

Además, el análisis geográfico y temporal permite a las autoridades sanitarias focalizar sus esfuerzos, diseñar estrategias de salud pública más eficaces, y mejorar el impacto clínico de las campañas de vacunación mediante intervenciones territoriales y contextuales.

Las brechas en la adherencia al esquema completo de vacunación comprometen la eficacia del programa de inmunización, pues la inducción de una adecuada respuesta inmunológica frente a las enfermedades incluidas en la vacuna pentavalente como difteria, tétanos y tos ferina depende de la administración completa de las dosis recomendadas. Departamentos con alta captación inicial pero baja adherencia queda expuestos a brotes prevenibles y a una carga innecesaria de enfermedad. Estos resultados son relevantes en salud pública, ya que demuestran la necesidad de estrategias clínicas y comunitarias que aseguren la continuidad del esquema y reduzcan el riesgo de enfermedades inmunoprevenibles, especialmente en poblaciones vulnerables.

A partir de estos resultados, se propone priorizar intervenciones diferenciadas según el tipo de brecha identificada. En departamentos con coberturas persistentemente bajas, como Vichada y Vaupés, es necesario reforzar el acceso territorial a servicios de inmunización, la infraestructura en salud y fortalecer la implementación de estrategias comunitarias de educación para favorecer la aceptación de las vacunas y asegurar el contacto oportuno con los servicios. En los departamentos con altas diferencias entre la primera y la tercera dosis (como Guainía y La

Guajira), se recomienda enfocar las acciones en mejorar la adherencia al esquema mediante seguimiento, recordatorios activos y articulación con servicios de salud y actores locales. Finalmente, se sugiere documentar e institucionalizar las prácticas exitosas que han permitido alcanzar estos resultados. Con el fin de adaptar y replicar modelos exitosos en los departamentos con bajo desempeño.

4.3 Limitaciones del Estudio

El presente estudio, si bien basado en datos oficiales y una estructura analítica robusta, presenta varias limitaciones. En primer lugar, la calidad y completitud de los datos varía significativamente entre departamentos. Algunas entidades territoriales presentan registros incompletos o con inconsistencias, lo que puede afectar la precisión de los indicadores calculados. En segundo lugar, la dimensión temporal del análisis se limita al periodo 2016–2019, lo que impide observar efectos posteriores de nuevas políticas de vacunación. Asimismo, no se incluyeron variables socioeconómicas o culturales de forma directa en el modelo, por lo que no fue posible establecer correlaciones precisas entre factores sociales y baja cobertura vacunal.

6. Referencias

1. Combination vaccines for childhood immunization. Recommendations of the Advisory Committee on Immunization Practices (ACIP), the American Academy of Pediatrics (AAP), and the American Academy of Family Physicians (AAFP). (1999). *American family physician*, 59(9), 2565–2574. Ministerio de Salud (2019). Esquema de Vacunación de Colombia. Programa Ampliado de Inmunizaciones (PAI). <https://www.minsalud.gov.co/salud/publica/Vacunacion/paginas/pai.aspx>
2. Win, K. M., Aye, M., Htay-Htay, H., Safary, A., & Bock, H. (1997). Comparison of separate and mixed administration of DTPw-HBV and Hib vaccines: Immunogenicity and reactogenicity profiles. *International Journal Of Infectious Diseases*, 2(2), 79-84. [https://doi.org/10.1016/s1201-9712\(97\)90086-2](https://doi.org/10.1016/s1201-9712(97)90086-2)
3. Noghabi, M. E., Saffar, M. J., Rezai, S., Saffar, H., Saffar, H., Hosseinzadeh, F., ... & Rezai, M. S. (2021). Immunogenicity and complications of the pentavalent vaccine in iranian children. *Frontiers in Pediatrics*, 9. <https://doi.org/10.3389/fped.2021.716779>
4. Janusz, C. B., Frye, M., Mutua, M. K., Wagner, A. L., Banerjee, M., & Boulton, M. L. (2021). Vaccine delay and its association with undervaccination in children in sub-saharan africa. *American Journal of Preventive Medicine*, 60(1), S53-S64. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2020.10.003>
5. Haji, A., Lowther, S. A., Ng'ang'a, Z., Gura, Z., Tabu, C., Sandhu, H., ... & Arvelo, W. (2016). Reducing routine vaccination dropout rates: evaluating two interventions in three kenyan districts, 2014. *BMC Public Health*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-016-2823->

6. Colombiano, R. E. (2024, 30 diciembre). Alerta por posible brote de tosferina en el Suroeste antioqueño: van tres niños muertos en Urrao | El Colombiano. El Colombiano. <https://www.elcolombiano.com/antioquia/tosferina-brote-suroeste-antioquia-cuantas-muertes-van-DD26251174>