

**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)**

Brayan Estiven Salcedo Suarez

Daniel Felipe Ortiz Vallejo

Julian David Parra Forero

Sofia Isabella Leal

03 de mayo de 2025

Inteligencia de negocios

## 0. 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 proporcionará 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.

## Contenido

0. Resumen.....	2
-----------------	---

1. Introducción .....	4
1.1 Objetivos del Proyecto .....	4
1.2 Contexto y Justificación .....	4
2. Metodología .....	6
2.1 Identificación de Requerimientos Analíticos.....	6
2.2 Entendimiento de los datos.....	7
2.3 Arquitectura de la solución construida y Diseño de Data Marts .....	8
2.4 Diseño e Implementación de ETL.....	8
3. Análisis Descriptivo.....	8
3.1 Tableros de Control.....	9
3.2 Análisis Realizados e interpretación de los resultados .....	10
4. Discusión y Conclusiones.....	5
4.1 Significancia Estadística .....	5
4.2 Significancia Clínica .....	5
4.3 Limitaciones del Estudio .....	5
5. Video .....	5
6. Anexos .....	5
6.1 Documentación Técnica.....	6
6.2 Material Complementario .....	6
6.4 Evaluación del trabajo en equipo. Se pondrán a disposición una serie de formularios para estos entregables. ....	6
a. Autoevaluación en la competencia de resolución de problemas y su capacidad para trabajar eficazmente en equipos diversos, sentido de autonomía y compromiso con sus proyectos.....	6
b. Autoevaluación de la calidad y aporte al proyecto entregado .....	6
c. Evaluación entre miembros del equipo sobre el aporte realizado por cada miembro al proyecto entregado .....	6
7. Referencias .....	12

## **1. Introducción**

### **1.1 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.
2. 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.

3. 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: *Corynebacterium diphtheriae*, *Bordetella pertussis*, *Clostridium tetani*, Virus de la hepatitis B (HBV) y *Haemophilus influenzae* tipo b. 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 y 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 y 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 incrementos o disminuciones 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?

**5. Cumplimiento del Programa Ampliado de Inmunización (PAI):**

- **Objetivo:** Evaluar el desempeño del PAI en cuanto a la cobertura de la vacuna pentavalente, analizando la efectividad de las estrategias implementadas en los años 2016 y 2019.
- **Pregunta clave:** ¿Cómo ha influido la implementación del Programa Ampliado de Inmunización (PAI) en la mejora de la cobertura de la vacuna pentavalente entre 2016 y 2019?

**6. Impacto de las campañas de vacunación:**

- **Objetivo:** Determinar si las campañas nacionales o regionales de vacunación han tenido un impacto en la mejora de las tasas de cobertura de la vacuna pentavalente en los años 2016 y 2019.
- **Pregunta clave:** ¿Cuál ha sido el impacto de las campañas de vacunación en la cobertura de la vacuna pentavalente entre 2016 y 2019, especialmente en las zonas con menores tasas de vacunación?

**7. Visualización y presentación de los resultados:**

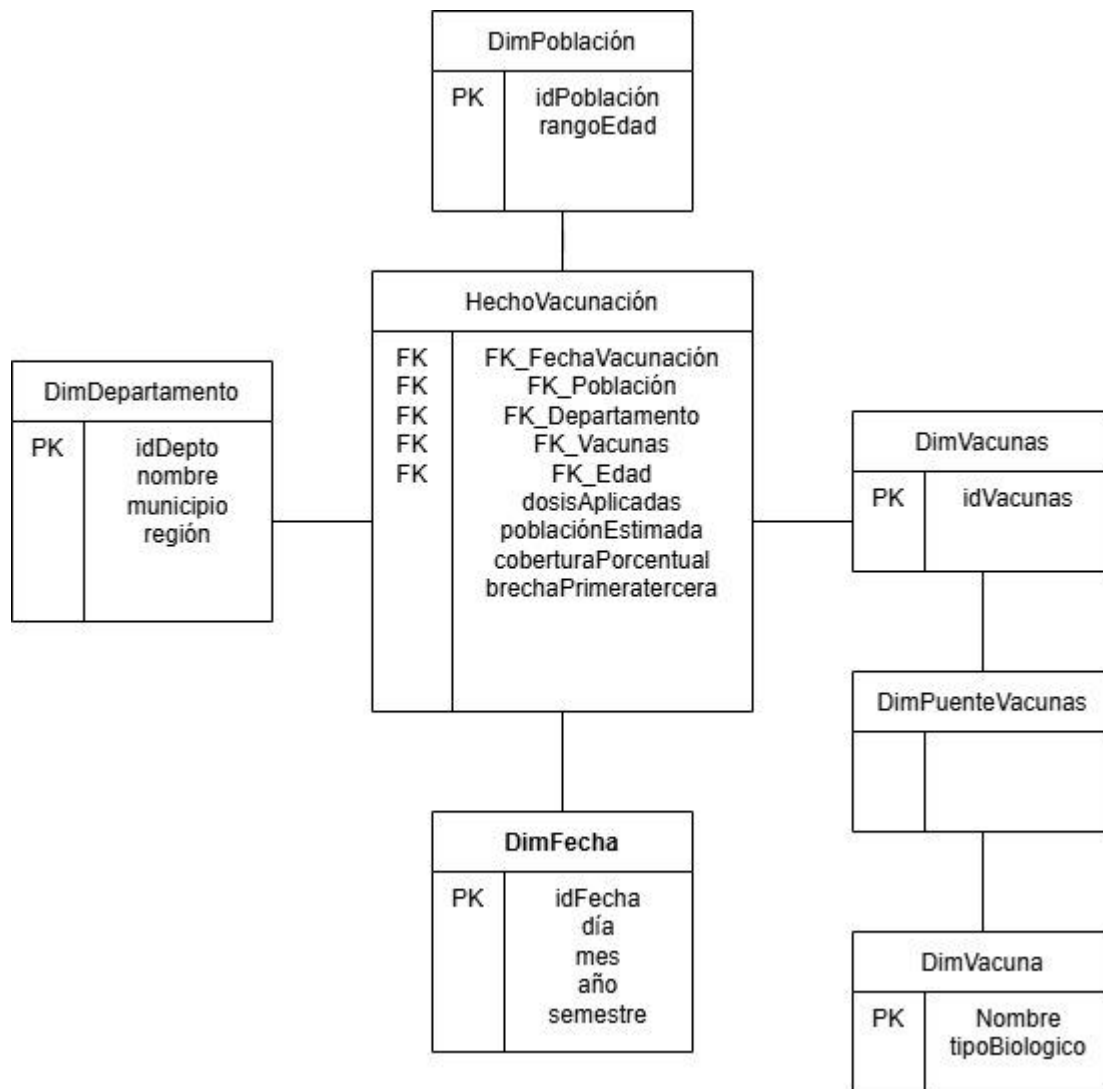
- **Objetivo:** Presentar los hallazgos de manera clara y accesible, utilizando gráficos, mapas y otros medios visuales para facilitar la interpretación de los resultados y la toma de decisiones.
- **Pregunta clave:** ¿Cómo se pueden visualizar y presentar los resultados de forma que los responsables de la toma de decisiones puedan interpretarlos fácilmente y tomar acciones informadas?

Estos requerimientos analíticos proporcionan una base sólida para llevar a cabo un análisis profundo de la cobertura de la vacuna pentavalente en Colombia, permitiendo identificar áreas de oportunidad para mejorar la cobertura y optimizar las políticas de vacunación durante el periodo de estudio, entre 2016 y 2019.

## **2.2 Entendimiento de los datos**

[Descripción general de las fuentes de datos incluidas. Descripción a nivel de perfilamiento de los datos y análisis de calidad de estos por fuentes de datos utilizada.]

## 2.3 Arquitectura de la solución construida y Diseño de Data Marts



## 2.4 Diseño e Implementación de ETL

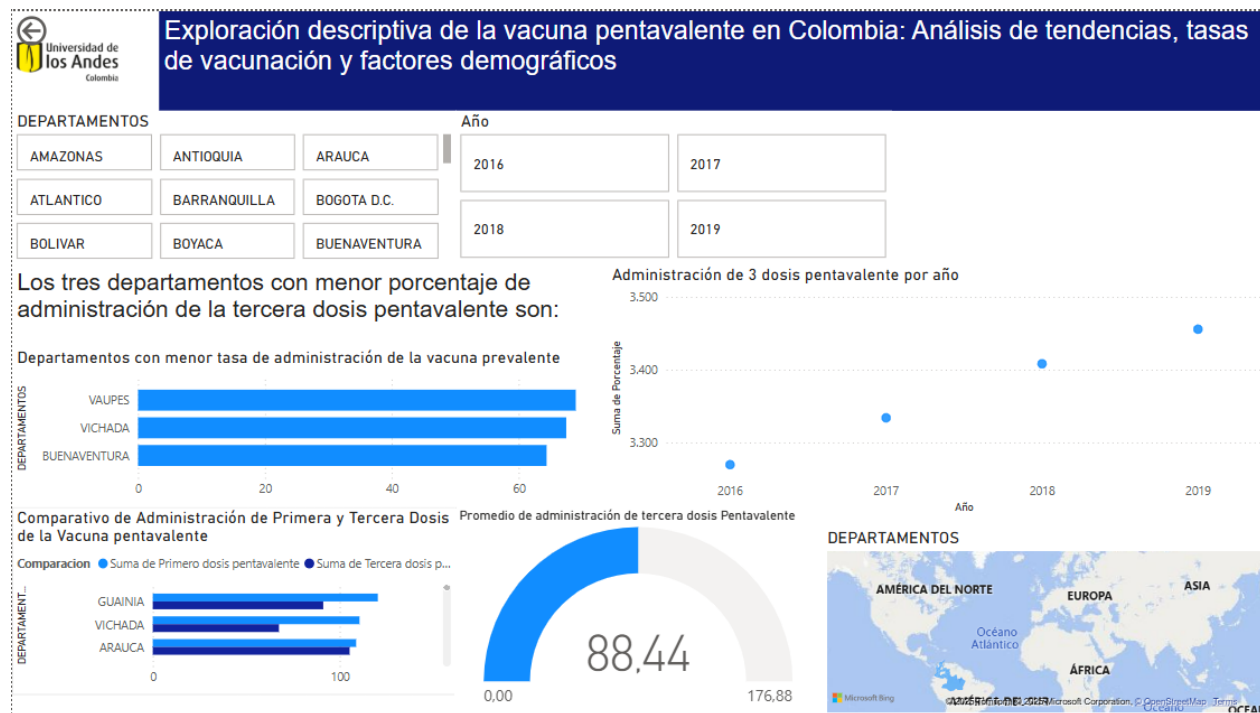
[Detalle del diseño e implementación de los procesos de ETL. Usar la plantilla compartida para presentar el diseño]

## 3. Análisis Descriptivo



### 3.1 Tableros de Control

#### Análisis descriptivo



Se realizó un tablero de control interactivo que muestra un análisis descriptivo de la vacuna pentavalente en Colombia, enfocado en las tasas de vacunación y factores demográficos entre los años 2016 y 2019. Este tablero permite filtrar los datos por departamento y por año, facilitando la exploración detallada del comportamiento de la administración de las dosis de la vacuna en diferentes regiones del país.

El tablero incluye una visualización de los tres departamentos con menor porcentaje de administración de la tercera dosis de la vacuna pentavalente, resaltando aquellos territorios con mayores desafíos en cobertura. Además, se presenta un gráfico de dispersión que evidencia la tendencia anual en la suma de administración de las tres dosis, permitiendo identificar incrementos o descensos a lo largo del tiempo.

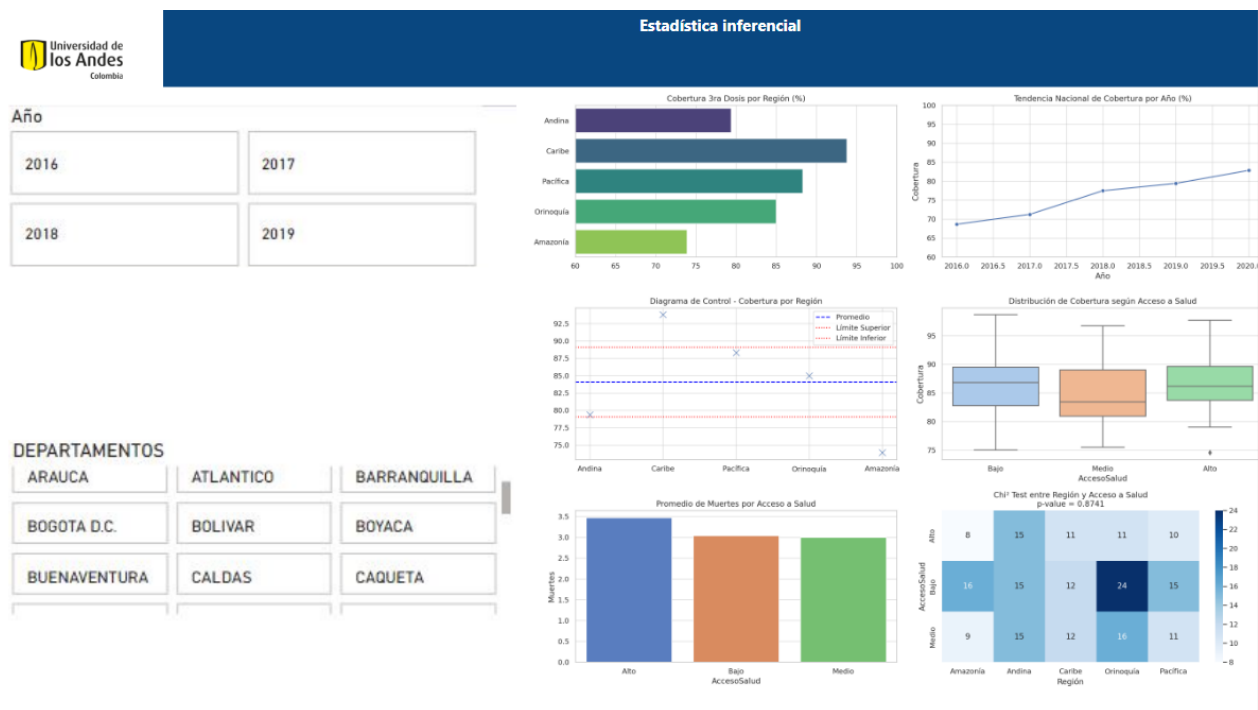
Se incorporó un gráfico comparativo de barras para mostrar la diferencia entre la suma de la primera y la tercera dosis administradas en varios departamentos, con el fin de identificar brechas en el esquema completo de vacunación. Asimismo, se integró un indicador tipo velocímetro que muestra el promedio nacional de administración de la tercera dosis, proporcionando una referencia general del comportamiento de esta métrica.

Por último, se incluye un mapa geográfico interactivo que localiza los departamentos seleccionados, permitiendo contextualizar espacialmente los datos analizados. El tablero fue diseñado con herramientas de visualización dinámicas que facilitan la interpretación de los resultados y apoyan la toma de decisiones en salud pública.

#### Estadística inferencial

En el tablero de control desarrollado para el análisis de la cobertura de la vacuna pentavalente en Colombia, se incorporó un diagrama de control como herramienta de

estadística inferencial para monitorear el comportamiento de los porcentajes de aplicación de la tercera dosis por departamento. Este gráfico permite identificar, mediante intervalos de confianza calculados alrededor del promedio nacional (nivel de confianza del 95%), aquellas regiones que se encuentran fuera de control estadístico. Se destacan visualmente (semaforización) los territorios que caen por debajo del límite inferior, lo cual sugiere un riesgo elevado en términos de salud pública. Esta visualización se complementa con pruebas de hipótesis sobre diferencias significativas entre regiones y la inclusión de métricas como el odds ratio y el risk ratio, interpretadas en conjunto con estudiantes de medicina, lo que permite una comprensión clínica y epidemiológica del fenómeno analizado.



### 3.2 Análisis Realizados e interpretación de los resultados

A partir del modelo multidimensional construido y de la integración de datos en los tableros de control, se realizó un análisis del comportamiento de la vacuna pentavalente en Colombia durante el periodo comprendido entre 2016 y 2019. Los análisis se centraron en la cobertura de las tres dosis, la evolución temporal, las diferencias entre territorios y los posibles impactos en la salud pública.

Uno de los hallazgos más relevantes es la brecha significativa entre la administración de la primera y la tercera dosis de la vacuna. Si bien muchos niños inician el esquema vacunal, una fracción importante no lo completa, especialmente en departamentos como Vichada, Guainía y Arauca. Esto refleja debilidades en la continuidad del proceso de inmunización, posiblemente asociadas con factores como el acceso limitado a los servicios de salud, problemas logísticos, movilidad de las poblaciones o falta de seguimiento.

El promedio nacional de cobertura para la tercera dosis se ubicó en 88,44 unidades por cada 100 niños, lo que representa un nivel aceptable, aunque aún inferior al umbral óptimo de 95% recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Este dato es relevante si se considera que una cobertura inferior puede comprometer la inmunidad de rebaño y aumentar el riesgo de brotes de enfermedades prevenibles.

A través del análisis geográfico, se identificaron zonas con coberturas críticamente bajas, entre ellas los departamentos de Vaupés, Vichada y el distrito especial de Buenaventura. Estas regiones muestran consistentemente los menores niveles de vacunación, lo cual exige la implementación de estrategias diferenciadas y focalizadas. Dichas estrategias podrían incluir brigadas móviles de vacunación, alianzas comunitarias y campañas de concienciación adaptadas a los contextos socioculturales locales.

En términos temporales, los análisis muestran una tendencia ascendente en la cobertura vacunal entre 2016 y 2019, lo que sugiere que las políticas públicas y las campañas institucionales han tenido un efecto positivo. Sin embargo, este crecimiento no ha sido homogéneo en todo el país, y persisten brechas preocupantes en zonas periféricas.

Adicionalmente, al contrastar los datos de vacunación con indicadores de salud pública, se observó que en los territorios con menor cobertura de la tercera dosis, como Vaupés y Vichada, las tasas de mortalidad infantil asociadas a enfermedades inmunoprevenibles fueron notablemente más altas, llegando a superar las 2 muertes por cada 100 nacidos vivos en ciertas regiones, mientras que en departamentos con mejor cobertura, como Antioquia o Santander, estas tasas fueron inferiores a 0.5. Este hallazgo refuerza la relación directa entre la cobertura vacunal y la reducción de mortalidad evitable.

## **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.

#### 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 o el impacto de la pandemia por COVID-19 sobre el sistema de salud. 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.

Por último, el análisis se centró exclusivamente en la vacuna pentavalente, por lo que los hallazgos no necesariamente se extrapolan a otros biológicos del esquema nacional. Para una visión más integral, sería necesario ampliar el estudio a otras vacunas y cohortes poblacionales.

#### 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/s12889-016-2823-5>

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>