

# Proyecto integrativo

Alumna           Stephani Montserrat Vázquez Juárez  
No. Cuenta     31524683-4  
E-mail          stephani.farrera@ciencias.unam.mx

## Análisis de la vulnerabilidad del sistema de salud en México: Cobertura y crecimiento poblacional

### 1 Introducción

El acceso equitativo y suficiente a los servicios de salud es un componente esencial del bienestar social y un derecho humano fundamental de acuerdo a la constitución de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 1948. Sin embargo, en contextos de crecimiento poblacional sostenido y recursos limitados, los sistemas de salud enfrentan desafíos crecientes para garantizar una cobertura adecuada. En México, la distribución desigual de médicos, camas hospitalarias y otros insumos esenciales ha generado tensiones estructurales que podrían comprometer la capacidad de respuesta del sistema, especialmente en situaciones de alta demanda como pandemias o emergencias sanitarias [2, 3].

Este trabajo tiene como objetivo evaluar el nivel de vulnerabilidad del sistema de salud de las entidades federativas mexicanas ante el crecimiento poblacional y el déficit de recursos humanos y materiales, a través de un análisis cuantitativo basado en datos históricos (2002–2022) de población, cobertura médica (camas y médicos por cada 1,000 habitantes) y presión relativa sobre los recursos disponibles. Las razones camas por cada 1,000 habitantes y médicos por cada 1,000 habitantes se han tomado como indicadores de vulnerabilidad, debido a que son recursos indispensables para hacer frente a la creciente demanda de los servicios de salud, además de ser indicadores clave de cobertura y servicios a nivel internacional relacionados con el nivel de salud de la población y el progreso hacia una Cobertura Universal de Salud (CUS) de una área geográfica específica [1, 2, 3].

Para ello, se proponen dos índices, el Índice de Cobertura Hospitalaria (ICH) y el Índice de Cobertura Médica (ICM), los cuales integran la cobertura de los recursos materiales y humanos disponibles en el sistema de salud y la presión relativa sobre ellos.

Los índices ICM e ICH permiten identificar las entidades que presentan mayor vulnerabilidad en su capacidad hospitalaria, sirviendo como una herramienta de diagnóstico útil para priorizar intervenciones y fortalecer la resiliencia del sistema. Este enfoque se alinea con la necesidad urgente de planificar políticas públicas basadas en evidencia, que consideren tanto las brechas actuales como las tendencias demográficas futuras [1, 3].

### 2 Justificación

Comprender si las entidades federativas han logrado sostener o mejorar su infraestructura médica y hospitalaria en proporción a este crecimiento es clave para identificar riesgos futuros de colapso o saturación, pero también permite una planificación y/o reestructuración de políticas en temas de salud para asegurar una cobertura óptima de las demandas de atención de la salud de la población, guiando a México hacia una Cobertura Universal de Salud.

### 3 Objetivos

#### General

Evaluar el grado de vulnerabilidad estructural del sistema de salud en las entidades federativas de México en función del crecimiento de la población y la evolución de la infraestructura médica y hospitalaria entre 2002 y 2022.

## Específicos

- Identificar las regiones con mayor crecimiento poblacional
- Identificar las regiones con menor infraestructura sanitaria y personal de salud
- Implementar técnicas de agrupamiento (clustering) para identificar patrones de vulnerabilidad estructural a nivel estatal

## 4 Metodología

### Recopilación de datos

Recopilación de datos históricos(2002-2022) referentes a los recursos humanos y recursos materiales disponibles del sistema de salud por entidad federativa. Los datos de encuentran disponibles en: <https://www.economia.gob.mx/datamexico/en/profile/geo/mexico#health..>

### Preparación de Datos

De los datos obtenidos, se generó un nuevo DataFrame con las variables 'Estado', 'Población','Médicos/1000 habitantes','Camas/1000 habitantes' de 2002 a 2022. Posteriormente, se determinó la Tasa de Crecimiento Anual Compuesto (TCAC) de las variables 'Población','Médicos/1000 habitantes','Camas/1000 habitantes' y se tomaron como variables principales para el análisis de vulnerabilidad.

### Análisis Exploratorio de los Datos

Con el propósito de comprender la distribución y comportamiento de las tasas de crecimiento anual compuesta de las variables principales, se realizaron gráficos tipo boxplot. A partir de estos, se visualizó la distribución de los datos y se detectaron valores atípicos de las variables principales: 'Población','Médicos/1000 habitantes','Camas/1000 habitantes'

Los valores fuera del rango intercuartílico (IQR), no se eliminaron, ya que estos representan condiciones reales del sistema de salud y pueden tener implicaciones importantes en la toma de decisiones.

### Preparación de Datos

Se aplicó una normalización Min-Max de -1 a 1 para obtener valores comparables entre entidades. A partir de estos valores, se calcularon los siguientes índices:

- Índice de Cobertura Hospitalaria (ICH):

$$ICH = TCAC_{Camas/1000 \text{ habitantes}} - TCAC_{Norm \text{ Población}}$$

- Índice de Cobertura Médica(ICM):

$$ICM = TCAC_{Médicos/1000 \text{ habitantes}} - TCAC_{Norm \text{ Población}}$$

Estos índices representan el diferencial entre el crecimiento de recursos y el crecimiento poblacional. Valores positivos indican mejora en la cobertura; negativos, deterioro.

### Clasificación y clustering

Se aplicó el algoritmo K-Means para clasificar a los estados en grupos con características similares de cobertura estructural. Para ello, se utilizaron como variables únicamente los índices ICH e ICM normalizadas. El número óptimo de clusters se determinó mediante el método del codo y el índice silhouette.

## 5 Resultados

El modelo identificó tres clusters:

- Cluster 0: Estados con alta cobertura estructural o baja vulnerabilidad, ambos índices positivos.
- Cluster 1: Estados con alta vulnerabilidad estructural, ambos índices negativos.
- Cluster 2: Estados con riesgo parcial, uno de los índices positivo y otro negativo.

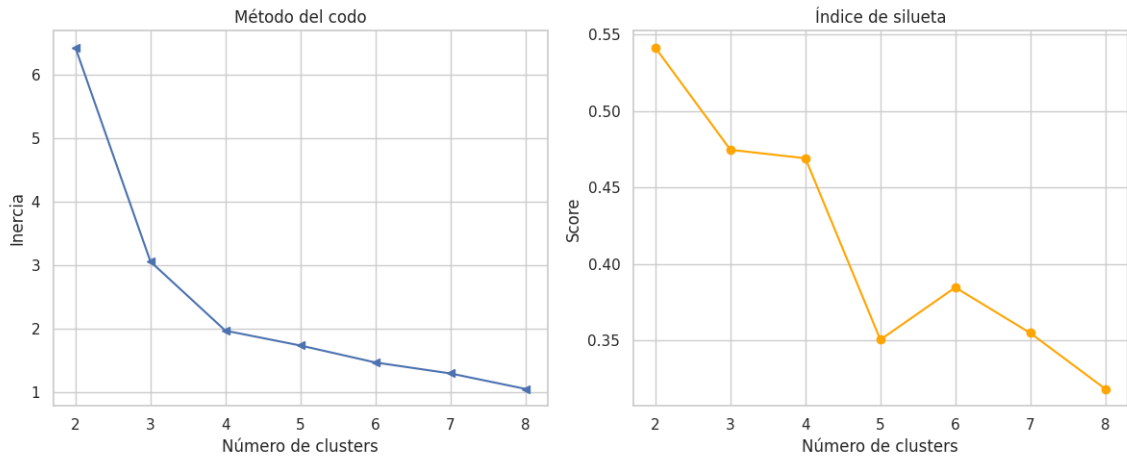


Figure 1: Método del codo. Determinación del número óptimo de clusters para el modelo K-means. El K óptimo seleccionado de acuerdo al valor inercial y al índice de silueta fue K=3

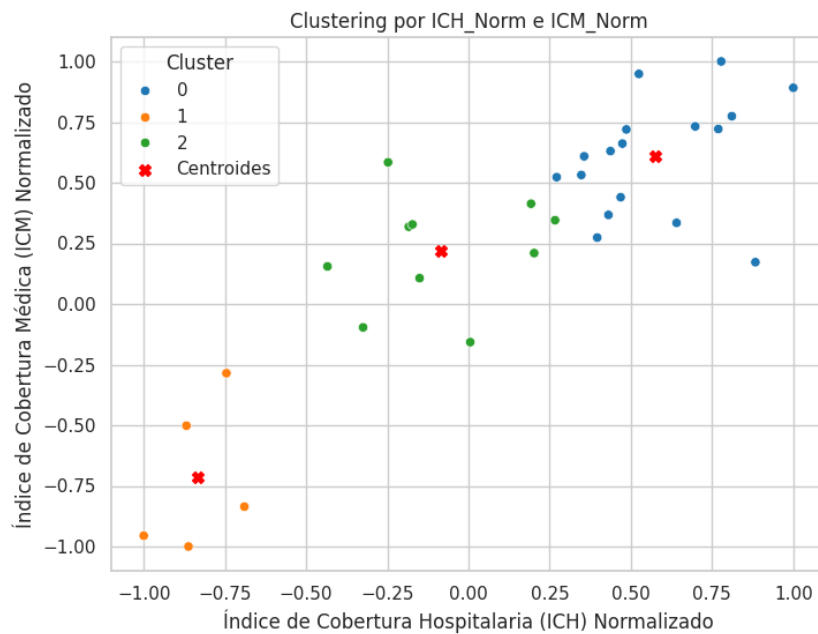


Figure 2: Clustering en función de los índices ICM e ICH. Cluster 0: Estados con alta cobertura estructural o baja vulnerabilidad, ambos índices positivos. Cluster 1: Estados con alta vulnerabilidad estructural, ambos índices negativos. Cluster 2: Estados con riesgo parcial, uno de los índices positivo y otro negativo. Los centroides de cada cluster se identifican con una cruz roja

Cada estado fue asignado a uno de los tres clusters con base en su desempeño relativo. La segmentación permite priorizar políticas públicas orientadas a reducir la desigualdad estructural entre regiones.

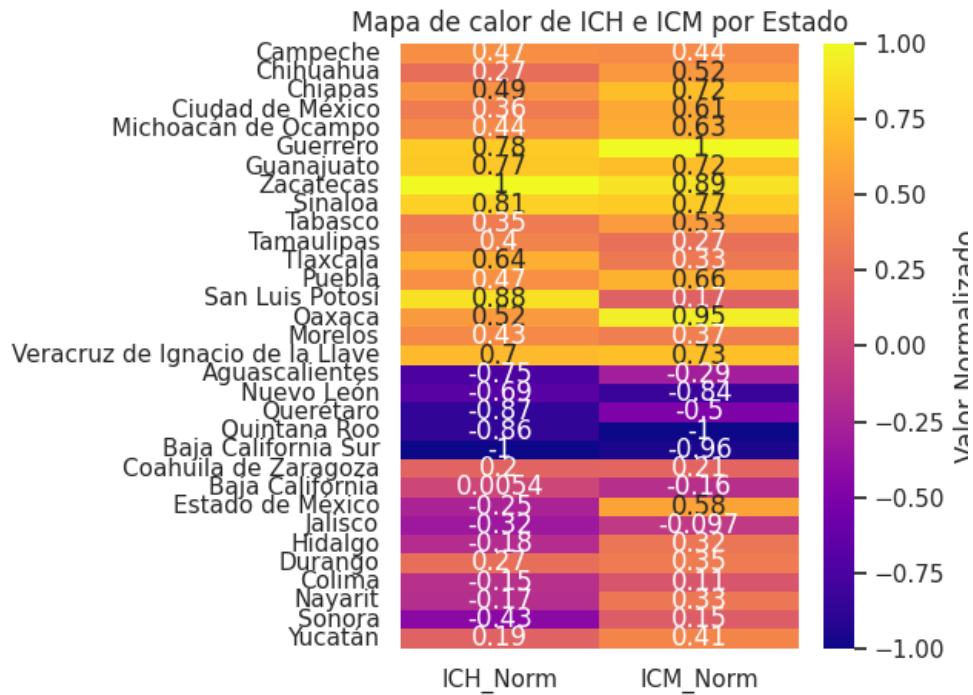


Figure 3: Mapa de calor de cobertura médica y hospitalaria por entidad federativa. Cluster 0: Baja vulnerabilidad, ICH e ICM positivos. Cluster 1: Alta vulnerabilidad estructural, ICH e ICM negativos. Cluster 2: Estados con riesgo parcial, uno de los índices positivo y otro negativo.

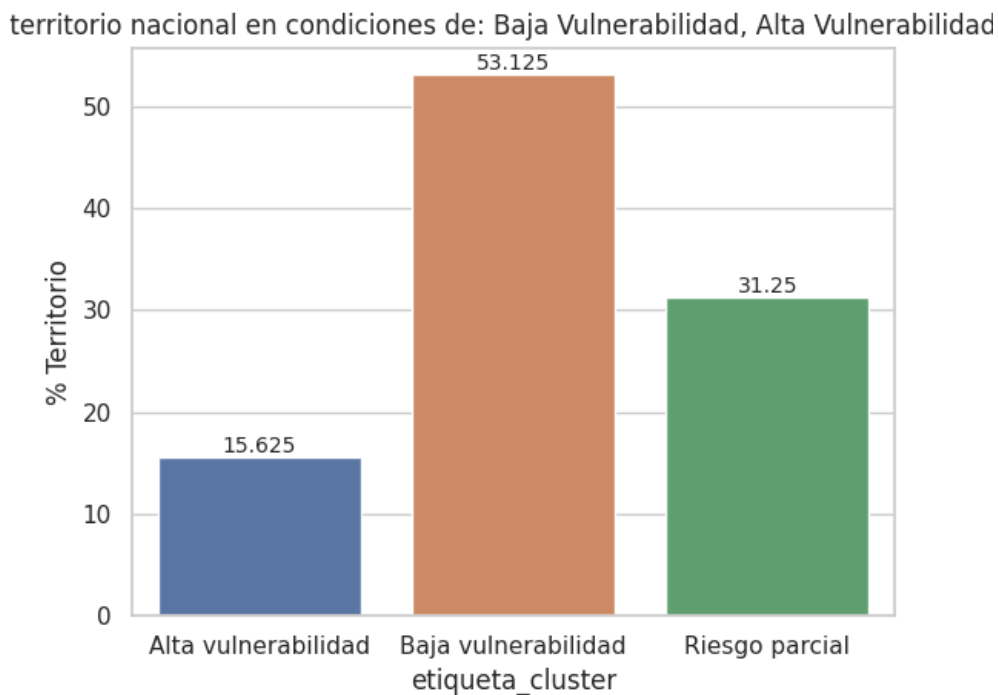


Figure 4: Porcentaje de estados en condiciones de baja vulnerabilidad, alta vulnerabilidad y riesgo parcial.

## 6 Discusión

Los resultados muestran que más del 30% de las entidades presentan un rezago estructural en infraestructura médica y hospitalaria respecto al crecimiento de su población. Aquellas con índices negativos en ambos rubros están en mayor riesgo de saturación y/o colapso, mientras que algunas entidades han logrado fortalecer su capacidad estructural. Este análisis permite transitar de una visión descriptiva a una más estratégica y preventiva.

## 7 Conclusión

El uso de índices derivados de tasas de crecimiento de cobertura médica y hospitalaria, en combinación con técnicas de agrupamiento, ofrece una herramienta poderosa para monitorear y comparar el desempeño del sistema de salud entre entidades. Este enfoque puede ser útil para diseñar intervenciones focalizadas y para planificar la expansión de recursos de forma equitativa y avanzar hacia una Cobertura Universal de Salud

## 8 Perspectivas

- Focalizar inversiones en entidades del Cluster 1 (alta vulnerabilidad)
- Establecer monitoreos periódicos con métricas de crecimiento estructural.
- Incluir otros factores como gasto per cápita y afiliación en futuros estudios.

## 9 Repositorio GitHub

Todos los recursos del proyecto están disponibles en el siguiente repositorio:

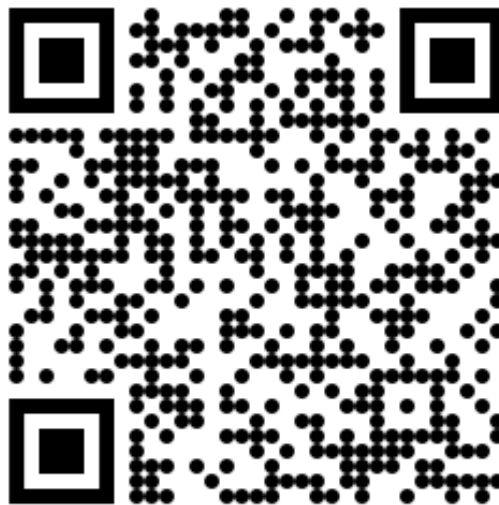


Figure 5: Repositorio GitHub

## References

- [1] “Fichas Técnicas - Indicadores Básicos.” PAHO/EIH Open Data, 12 Apr. 2023, [opendata.paho.org/es/indicadores-basicos/fichas-tecnicas](https://opendata.paho.org/es/indicadores-basicos/fichas-tecnicas). Accessed 14 June 2025. José Luis Sandoval-Gutiérrez.
- [2] “Proyección En El Sector Salud 2018-2024, Análisis Y Consecuencias.” Revista Médica Del Instituto Mexicano Del Seguro Social, vol. 58, no. 2, 2020, pp. 80–83, [www.redalyc.org/articulo.oa?id=457767703003](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457767703003). Accessed 27 May 2025. OECD, and The World Bank.

- [3] Panorama de La Salud: Latinoamérica Y El Caribe 2020. OECD Publishing, 16 June 2020. “Vista de Sistema de Salud de México — Salud Pública de México.” [Saludpublica.mx, saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/5043/10023](https://saludpublica.mx/saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/5043/10023). Accessed 23 May 2025.