UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Evaluación del desempeño de sistemas de salud en países seleccionados de la OCDE mediante análisis envolvente de datos para discutir el caso de México

TESIS

Que para obtener el título de

Ingeniera en Sistemas Biomédicos

P R E S E N T A

Itzel Viridiana González Badillo

DIRECTORA DE TESIS

Dra. Zaida Estefanía Alarcón Bernal

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2025

A Damiana:

sigo buscando la manera

Reconocimientos

Este trabajo es el resultado de muchísimo trabajo personal, compartido y apoyado por muchas personas a las cuales admiro y agradezco infinitamente.

Gracias, Zaida, por ser mi guía en los saberes ingenieriles y por enseñarme a enriquecerlos siendo abierta y conmovible por el arte y la filosofía.

Este camino profesional, retador y enriquecedor, ha sido alimentado también por mis senseis Alexa, Karen, Nelly, Ana Laura, Mary, Alvarito y Dann, gracias por tantas enseñanzas y risas.

Gracias, mamá (Yesenia) y Tania, por darme cosmovisión y llenar de amor mi vida y papá (José), por enseñarme tanto.

Gracias a mis amigas por ser mi familia elegida y hago una mención especial a Sarah, por ayudarme con tanto cariño a hilar mis ideas en esta tesis.

Y feliz inmortalidad también aquí, Nelly.

Resumen

Este trabajo presenta una evaluación comparativa de la eficiencia de 32 sistemas de salud pertenecientes a países miembros de la OCDE, a partir de la aplicación del modelo de análisis envolvente de datos (DEA) de dos fases, con retorno a escala variable y orientación a las salidas. Para ello, se seleccionaron diez determinantes de salud con base en el marco propuesto por la Organización Mundial de la Salud, los cuales permiten representar de manera integral las funciones, objetivos y dimensiones sociales de los sistemas de salud.

El análisis identifica a los países súper-eficientes, contrasta sus resultados con literatura especializada y proporciona referencias para orientar mejoras en sistemas menos eficientes. El caso de México es abordado de manera particular, considerando tanto los hallazgos cuantitativos como elementos contextuales relevantes. Se discuten los alcances y limitaciones del modelo, así como sus implicaciones para el diseño de políticas públicas con enfoque en equidad, valor y desempeño sustentable en salud.

Índice general

Índice de figuras IX

Índice de tablas XI

1. Introducción 1

1.1. Planteamiento del problema 2

1.2. Metodología 2

1.3. Revisión de la literatura 3

1.3.1. Aplicaciones del DEA en Salud 3

1.4. Estructura de la tesis 5

2. Análisis Envolvente de Datos 7

2.1. Características matemáticas 7

2.2. Modelo de retorno a escala constante (CRS o CCR) 8

2.3. Modelo de retorno a escala variable (VRS o BCC) 11

2.3.1. Modelo primal o aditivo 12

2.3.2. Modelo dual o multiplicativo 13

2.4. Modelo VRS basado en holguras 14

3. Los Sistemas de Salud 17

3.1. Definición de sistema de salud 17

3.2. Modelos de sistemas de salud 17

3.2.1. El sistema de salud mexicano 19

3.3. Determinantes sociales de la salud 19

3.4. Medicina basada en valor 21

4. Evaluación de la eficiencia en sistemas de salud **23**

4.1. Método: DEA - Modelo de retorno a escala variable de 2 fases, orientado a las salidas 23

4.2. Marco de evaluación 24

4.2.1. Consideraciones matemáticas de los determinantes 24

4.2.2. Función: Financiamiento 28

4.2.2.1. Gasto total de salud como porcentaje del producto interno bruto (PIB) 28

4.2.2.2. Camas de hospital (por 10 000 habitantes) 29

4.2.2.3. Médicos por cada 10 000 habitantes 29

4.2.2.4. Gasto de bolsillo como porcentaje del gasto total en salud . 29

4.2.3. Objetivo intermedio: Acceso 29

4.2.3.1. Cobertura sanitaria universal 30

4.2.4. Objetivo final: Mejora de la salud 30

4.2.4.1. Esperanza de vida al nacer 30

4.2.4.2. Mortalidad a 30 días de admisión hospitalaria por infarto agudo del miocardio 30

4.2.4.3. Probabilidad de morir por cualquiera de ECV, cáncer, diabetes, CRD entre los 30 años y la edad exacta 70 30

4.2.5. Objetivo social: Cohesión social 31

4.2.5.1. Coeficiente de GINI 31

4.2.5.2. Violencia contra la mujer 31

5. Resultados **33**

5.1. Eficiencia 33

5.1.1. Contraste cuantitativo 33

5.1.2. Contraste cualitativo 34

5.2. Pesos y referencias 36

5.3. Acercamiento a resultados de Latinoamérica y México 39

6. Discusión y Conclusiones **43**

A. Apéndice **45**

Bibliografía **49**

Índice de figuras

2.1. Publicaciones sobre el análisis envolvente de datos desde 1980 (33). 8

2.2. Comparativa de frontera ideal contra la frontera de mejores prácticas del análisis envolvente de datos (17). 9

2.3. Línea del tiempo elaborada por (33) para representar las fronteras modeladas en el análisis envolvente de datos a lo largo del tiempo. 9

2.4. Comparativa de algunas fronteras modeladas en el análisis envolvente de datos, elaborada por (17). Nótese que la frontera CRS (superior izquierda) se encuentra presente en las demás fronteras en un tramo e influye en el comportamiento de los tramos aledaños, lo que da el nombre a la frontera completa construida. 10

3.1. Interrelaciones entre funciones y objetivos de un sistema de salud (31). . . . 18

3.2. Estructura del sistema de salud mexicano en 2024. (Elaboración propia con base en el comunicado (10), del cual se ajusta que IMSS-BIENESTAR absorbe los recursos de INSABI). 19

4.1. Proceso de selección de determinantes de la salud para el análisis envolvente de datos bajo el marco de evaluación de sistemas de salud de la OMS (31). (Elaboración propia). 25

4.2. Detalle sobre el marco de evaluación de la OMS para el desempeño de sistemas de salud, a partir del cual se desglosa el aspecto en que se eligieron los determinantes sociales de la salud. (Edición propia sobre la ilustración de (31)). 26

4.3. Mapa de calor del año de reporte de cada indicador, considerando que se seleccionaron del 2023 o del último dato reportado. Los datos enmarcados para el indicador GINI indican que se recuperaron de una fuente distinta para tales países. (Elaboración propia). 27

5.1. Mapa de eficiencia de los sistemas de salud de 32 países de la OCDE calculada con análisis envolvente de datos. (Elaboración propia). 34

5.2. Mapa de calor de los valores de los pesos u y v de los países súper-eficientes por resultar con valores $\phi = 1$ y $\sum s = 0$. Los países en letras negritas representan efectivamente una referencia para otros países. (Elaboración propia). 37

5.3. Mapa de calor de los valores de peso u holgura obtenidos para cada caso. Cabe mencionar que no se puede obtener simultáneamente un valor $u, v \neq 0$ con $s \neq 0$. (Elaboración propia). 38

5.4. Mapa de calor de los valores de referencia λ de países ineficientes al resultar con eficiencia $\phi > 1$. (Elaboración propia). 39

5.5. Mapa de calor de los valores de referencia λ de México y Colombia. Costa Rica no se incluye dado que es un país súper-eficiente, por lo que su referencia es él mismo. (Elaboración propia). 40

5.6. Datos originales de Latinoamérica en formato de mapas de calor columnares. La presencia o ausencia de diferencia en los colores en una misma columna, implica similitud o diferencia entre países respectivamente. Cabe recordar que Costa Rica (destacado en negritas) es un sistema súper-eficiente. (Elaboración propia). 41

5.7. Datos originales de México en contraste con sus países de referencia en formato de mapas de calor columnares. La presencia o ausencia de diferencia en los colores en una misma columna implica similitud o diferencia entre países, respectivamente. (Elaboración propia). 41

5.8. Valores asociados de peso u holgura a los valores de entrada de los países latinoamericanos. Nótese la presencia de ceros en el caso de Costa Rica al tener un sistema de salud súper-eficiente. (Elaboración propia). 41

6.1. Gráfica donde se contrasta de 2001 a 2018 el aumento de consultorios adyacentes a farmacias a pesar del aumento de afiliados al Seguro Popular y de médicos y pasantes de servicio social; esto bajo el contexto de una casi estática cantidad de unidades de medicina general del seguro social (7). . . 44

Índice de tablas

3.1. Resumen de las características de los modelos de salud. (Elaboración propia con base en (38)). 18

4.1. Resumen del set de datos ajustado para analizar los sistemas de salud de los países miembros de la OCDE. Véase la tabla **??** para el detalle de las observaciones y las consideraciones matemáticas aplicadas. Cabe destacar que se agrega el estatus de México con el fin de contextualizar las cifras reportadas. (Elaboración propia). 24

4.2. Resumen de las observaciones consideradas para estimar la eficiencia de los sistemas de salud de los países miembros de la OCDE que presentan datos completos a 2023 o al dato más reciente. 28

5.1. Contraste de resultados obtenidos por el método MOORA (34) respecto al análisis envolvente de datos, del cual se presenta la eficiencia técnica y un ordenamiento similar al resultante del estudio MOORA para comparar. NA implica "no aplica"dado que el DEA, al considerar 10 variables y no permitir falta de datos, tuvo un alcance más limitado en el número de países estudiados. (Elaboración propia). 35

A.1. Conjunto de datos original con base en las fuentes de información. 46

A.2. Conjunto de datos ajustado con base en las fuentes de información. 47

Capítulo 1

Introducción

La evaluación del desempeño de los sitemas de salud es esencial para conocer el bienestar social alcanzado en materia de salud. Por tanto, es crucial estudiar y discutir la eficacia y eficiencia de los mismos con el fin de identificar las intervenciones que permitan avanzar hacia el cumplimiento de las metas de desarrollo sostenido definidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (31). En este contexto, la medición de la eficiencia cobra especial relevancia al proporcionar una base empírica para valorar el uso de recursos y su traducción en beneficios tangibles para la población.

Una estrategia robusta es la evaluación de la eficiencia a partir de análisis cuantitativos, permitiendo conocer la influencia de cada uno de los elementos que componen el sistema en cuestión para identificar las mejores prácticas o casos de éxito. Sin embargo, medir la eficiencia en sistemas de salud no es una tarea trivial. Se trata de estructuras complejas, moldeadas por determinantes sociales, marcos políticos e históricos y dinámicas culturales. Comparar su desempeño exige herramientas metodológicas que sean capaces de considerar esta heterogeneidad. En este trabajo, se propone la aplicación del modelo de análisis envolvente de datos (DEA), en su versión orientada a las salidas y con retorno a escala variable en dos fases, como un enfoque robusto y flexible para abordar esta tarea.

Este modelo no requiere supuestos paramétricos estrictos ni una función de producción conocida, lo que le permite adaptarse a la diversidad de contextos nacionales. A través del DEA, se pueden identificar tanto los sistemas más eficientes como aquellos que, si bien logran ciertos resultados, lo hacen con un uso de recursos subóptimo. Esto ofrece una herramienta poderosa no solo para el análisis técnico, sino también para alimentar una discusión más amplia sobre la equidad, el valor y la justicia social en los sistemas sanitarios.

Esta tesis se centra en 32 países de la OCDE y utiliza diez determinantes seleccionados bajo el marco de evaluación de la Organización Mundial de la Salud, permitiendo no solo un análisis cuantitativo detallado, sino también un acercamiento cualitativo al caso mexicano. La finalidad última es contribuir a una discusión integral e informada sobre cómo mejorar los sistemas de salud desde una perspectiva sustentada en evidencia, sensibilidad social y compromiso con la transformación.

La presente tesis tiene como objetivo **aplicar un método cuantitativo que permita**

comparar la eficiencia de sistemas de salud de distintos países en un momento específico, tal que se puedan considerar aspectos cualitativos de los países.

En particular, se busca medir el desempeño de los sistemas de salud de los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) mediante un modelo matemático que permita identificar fortalezas, debilidades y áreas de mejora, utilizando una base cuantitativa que considere también factores que tradicionalmente no se evalúan, como la desigualdad social y la equidad de género, descritos a partir de determinantes sociales.

1.1. Planteamiento del problema

Evaluar el desempeño de un sistema de salud representa un reto, dado que las consideraciones tanto cualitativas como cuantitativas de cada uno son de carácter heterogéneo: la estructura, la política, la economía y las necesidades de cada país son individuales y específicas, en consecuencia lo son también sus sistemas de salud. Esto implica que los resultados no siempre sean comparables, lo que obliga a buscar modelos que consideren estas diferencias.

Ante esta situación, surge el problema central: **¿cómo comparar la eficiencia de sistemas de salud tan distintos entre sí de forma rigurosa y útil para la toma de decisiones?** La falta de herramientas analíticas que reconozcan las particularidades de cada contexto nacional puede conducir a diagnósticos limitados o incluso erróneos, afectando el diseño de políticas públicas basadas en evidencia.

Es por ello que se requiere un enfoque que no solo permita comparar, sino también identificar referentes y generar recomendaciones viables. El uso de métodos cuantitativos flexibles, como el análisis envolvente de datos (DEA), se vuelve una alternativa pertinente para abordar este problema y avanzar hacia evaluaciones más precisas e integrales del desempeño en salud.

1.2. Metodología

Para considerar la complejidad y heterogeneidad de los sistemas de salud, en el presente trabajo se recurre a una herramienta cuantitativa robusta y flexible: el análisis envolvente de datos (DEA por sus iniciales en inglés) a determinantes de la salud y en coherencia con la medicina basada en valor. Este modelo matemático, alimentado por la información estructurada, permitirá hacer un análisis comparativo determinístico de los sistemas de salud considerados. Esta metodología permite comparar la eficiencia relativa entre unidades de toma de decisión (en este caso, países) sin requerir supuestos paramétricos rígidos.

En particular, se implementa un modelo DEA de dos fases, con retorno a escala variable (VRS) y orientación a las salidas. Este enfoque resulta pertinente dado que busca maximizar los resultados en salud, como la esperanza de vida, el acceso universal o la

equidad, bajo condiciones similares de insumo, permitiendo identificar qué países logran mejores resultados con los recursos disponibles.

Los datos utilizados se alinean con el marco propuesto por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (31) para la evaluación del desempeño de sistemas de salud. Esta estructura facilita una visión integral del desempeño, respetando la diversidad de contextos nacionales y permitiendo establecer referencias útiles para orientar mejoras.

El modelo aplicado no solo permite estimar la eficiencia técnica de cada país, sino también identificar a los sistemas de salud que funcionan como referentes para otros, y detectar qué variables están incidiendo en los resultados observados. De este modo, se busca generar evidencia útil para el diseño de políticas públicas basadas en valor, eficiencia y equidad.

1.3. Revisión de la literatura

El análisis cuantitativo de los Sistemas de Salud representa un reto importante al asemejarse a la construcción de un indicador: no es trivial medir el desempeño a nivel país.

La revisión sistemática realizada por (23) analizó 131 publicaciones del 2000 al 2021 tomando como eje la estimación de la eficiencia, en la que los 3 métodos usados fueron:

1. Análisis Envolvente de Datos (DEA) en el 76 %,
2. Análisis de Frontera Estocástica (SFA) en el 18 % y
3. Envoltura de Libre Exposición (FDH) en el 2 %, contrastando con alguno de los 2 métodos anteriores.

Distinto de las dos revisiones sistemáticas anteriores, en (35) se analizaron 62 publicaciones de 2010 a 2023 sin considerar el concepto "eficiencia" como filtro, dando cabida a análisis cualitativos. De dicho análisis, podemos destacar que el 51.6 % realizaron un análisis cuantitativo, el 45.2 % emplearon datos secundarios y que entre los métodos de recolección de datos primarios se encuentran entrevistas semi-estructuradas, encuestas cuantitativas y grupos de enfoque.

1.3.1. Aplicaciones del DEA en Salud

El Análisis Envolvente de Datos es un método ampliamente utilizado para evaluar la eficiencia de los sistemas de salud mediante la comparación de insumos y productos de distintas unidades de toma de decisiones (DMU, por sus siglas en inglés). Este método no paramétrico resulta especialmente útil en el ámbito de la salud, ya que permite estimar el desempeño de hospitales, clínicas y sistemas de salud completos. La aplicación del DEA en salud consiste en analizar diversas variables de entrada, como el gasto sanitario y el

personal de salud, en relación con variables de salida como la esperanza de vida o las tasas de mortalidad por enfermedades. Este enfoque permite obtener una visión sobre qué tan eficientemente se están utilizando los recursos e identificar áreas susceptibles de mejora. A continuación, se presentan algunas de sus aplicaciones, beneficios y limitaciones.

El DEA se ha utilizado ampliamente para evaluar la eficiencia de los sistemas de salud entre distintos países. Por ejemplo, un estudio aplicó DEA a 39 países utilizando como insumos el gasto sanitario per cápita y como salidas la esperanza de vida, para identificar sistemas eficientes (15).

En la gestión hospitalaria, el DEA contribuye a optimizar la asignación de recursos y mejorar la calidad del servicio al comparar el desempeño frente a las mejores prácticas (9, 37).

Este método también ha sido aplicado a sectores específicos de la atención, como unidades de rehabilitación intrahospitalaria, para evaluar la eficiencia con base en los resultados obtenidos por los pacientes y el uso de recursos (18).

El DEA ofrece un enfoque basado en datos para la toma de decisiones, permitiendo a los tomadores de decisiones evaluar objetivamente el desempeño e identificar buenas prácticas. Adicionalmente, facilita el uso eficiente de los recursos al resaltar áreas susceptibles de mejora, lo cual puede traducirse en reducción de costos y mejor atención (9).

Su flexibilidad permite la evaluación de sistemas a diferentes escalas, desde hospitales individuales hasta sistemas nacionales, como se ha demostrado en estudios sobre el sistema de salud de India en comparación con países BRICS y de la OCDE (8).

Uno de los principales retos del DEA es la selección adecuada de variables de entrada y salida, ya que estas influyen significativamente en los resultados. Además, el método es sensible a valores atípicos y no considera ruido estadístico. La naturaleza estática de los modelos DEA tradicionales limita su capacidad para reflejar cambios en el tiempo o incorporar medidas de incertidumbre (37).

En la región del Mediterráneo Oriental, el DEA fue utilizado para evaluar la eficiencia de los sistemas de salud, identificando los insumos y productos clave que influyen en el desempeño (1).

Un estudio en Teherán aplicó el DEA para jerarquizar la eficiencia de los quirófanos en hospitales, empleando insumos como la precisión en la programación de cirugías y salidas como la satisfacción del paciente (14).

Si bien el DEA constituye una herramienta poderosa para la evaluación de la eficiencia en salud, es fundamental considerar sus limitaciones y el contexto específico de aplicación. La dependencia del método a ciertas variables seleccionadas implica que los resultados pueden variar considerablemente. Por ello, la integración del DEA con otras herramientas analíticas y enfoques complementarios puede enriquecer las evaluaciones y contribuir a un análisis más completo y contextualizado.

Esta revisión de la literatura se limita al procesamiento cuantitativo. Sin embargo, en secciones subsecuentes abordaremos las estructuras de análisis cualitativo bajo el marco

de la OMS para el desempeño de sistemas de salud y de la medicina basada en valor.

En síntesis, estos trabajos coinciden en la utilidad de los métodos cuantitativos y comparativos para evaluar el desempeño de los sistemas de salud, siendo de ellos el DEA el método más recurrido en los últimos años.

1.4. Estructura de la tesis

Este trabajo se estructura en siete capítulos. En la introducción se expone la motivación del estudio, su objetivo general y una revisión de la literatura relevante. El capítulo 2 está dedicado a la presentación del Análisis Envolvente de Datos (DEA), mientras que el capítulo 3 aborda los conceptos teóricos fundamentales sobre los sistemas de salud. A partir de estos elementos, en el capítulo 4 se describe la construcción del modelo de evaluación propuesto, cuyos resultados se analizan en el capítulo 5. En el capítulo 6 se discuten dichos resultados, con un enfoque particular en el caso de México. Finalmente, en los anexos se incluyen tanto el conjunto de datos recabado como su versión ajustada conforme a las consideraciones matemáticas empleadas en el modelo, con el fin de asegurar la coherencia y validez del análisis.

Capítulo 2

Análisis Envolvente de Datos

Toda acción busca un resultado en consecuencia. Es por ello el interés de las organizaciones por medir los resultados de sus esfuerzos, pues las mediciones sienta las bases para cuestionar sus prácticas en búsqueda de mejoras alineadas a sus prioridades y capacidades. Dicha medida puede ser comprendida fácilmente en el sector de los productos al comparar defectos por pieza o lote; sin embargo, no lo es tanto en el caso de los servicios, por lo que esta discusión continua añade valor. (45) En este capítulo desarrollaremos la aplicación teórica del análisis envolvente de datos para el procesamiento de datos de salud para la evaluación del desempeño de sistemas de salud.

El Análisis Envolvente de Datos (DEA por su nombre en inglés, el cual es más reconocido que AED), es una herramienta de análisis en la que se comparan las mismas características entre distintas unidades de toma de decisión (DMU) para estimar la eficiencia de cada una (45). En particular, el DEA interpreta el desempeño de cada DMU comparando su uso de recursos (entradas) contra sus resultados obtenidos (salidas). Cabe aclarar que el DEA no requiere modelar procesos de transformación de valor, por lo que queda implícito el efecto de las praxis locales en el desempeño estimado. Es por esto que el DEA ha tomado fuerza a lo largo de los años, tal como se puede observar en la figura 2.1.

2.1. Características matemáticas

El DEA es un método de frontera, determinista, no paramétrico, por lo que podemos observar las siguientes características matemáticas (5).

1. La geometría de la frontera definida es la aproximación al comportamiento ideal. A esto se le llama superficie envolvente empírica, concepto del cual toma nombre el análisis envolvente de datos (véase la figura 2.4).
2. Al ser un método determinista,
   a) la frontera podrá ser tan cercana al ideal como lo sean los datos (véase la figura

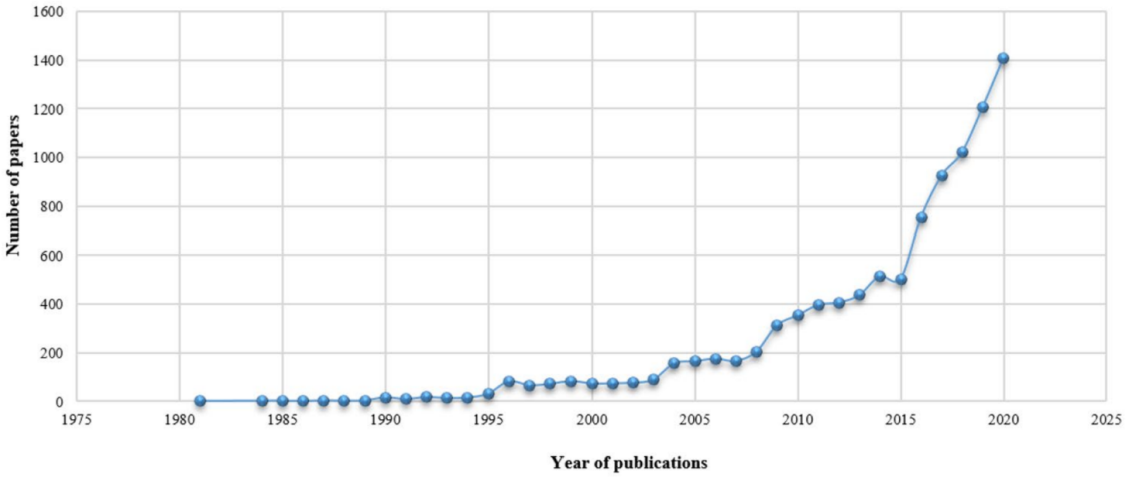

Figura 2.1: Publicaciones sobre el análisis envolvente de datos desde 1980 (33).

2.2),

b) no se tolera la falta de datos,

c) la flexibilidad del modelo es muy alta,

d) la calidad requerida de los datos es muy alta y

3. la superficie envolvente es más robusta conforme sea mayor el número de DMU respecto a las observaciones elegidas (entradas y salidas). Como mínimo se recomienda $DMU \geq 2 \cdot observaciones$ (45).

4. Al ser un método no paramétrico, no se requiere pregunta de hipótesis e implementarla es complicado.

En la figura 2.3 se muestran cronológicamente distintos modelos de frontera diseñados a lo largo del tiempo (véase también la figura 2.4). En el presente trabajo, partiremos del modelo CCR o CRS, el modelo inicial, para dar pie al uso del modelo BCC o VRS dada su versatilidad para envolver convexamente los datos.

2.2. Modelo de retorno a escala constante (CRS o CCR)

En 1978, Charnes, Cooper y Rhodes (nótese CCR por los apellidos de los creadores) dieron inicio al análisis envolvente de datos mediante una frontera lineal llamada retorno a escala constante (CRS por sus iniciales en inglés: Constant Return to Scale). En este modelo se estima la eficiencia técnica general (ETG) y se fijan las salidas para minimizar las entradas (modelo orientado a las entradas) o bien, se fijan las entradas para maximizar las salidas (modelo orientado a las salidas) (33).

A ejecutarse n veces, pues evaluamos DMU_p con $p = 1, 2, ..., n$:

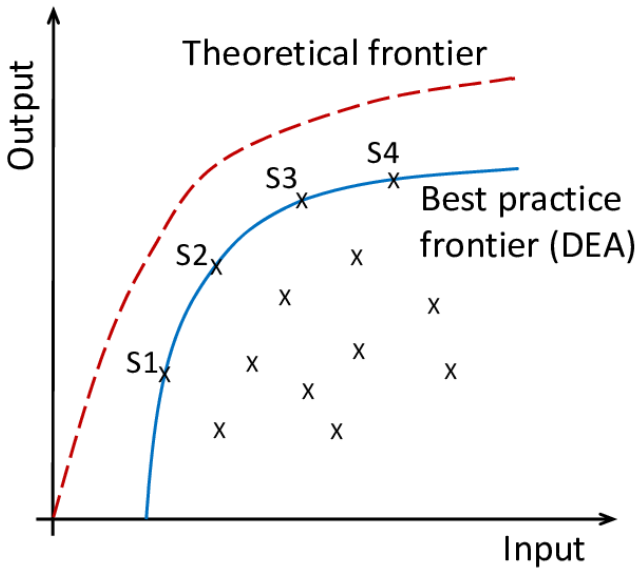

Figura 2.2: Comparativa de frontera ideal contra la frontera de mejores prácticas del análisis envolvente de datos (17).

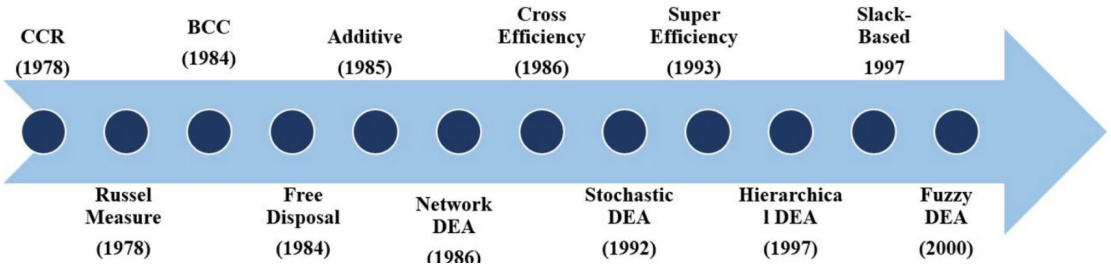

Figura 2.3: Línea del tiempo elaborada por (33) para representar las fronteras modeladas en el análisis envolvente de datos a lo largo del tiempo.

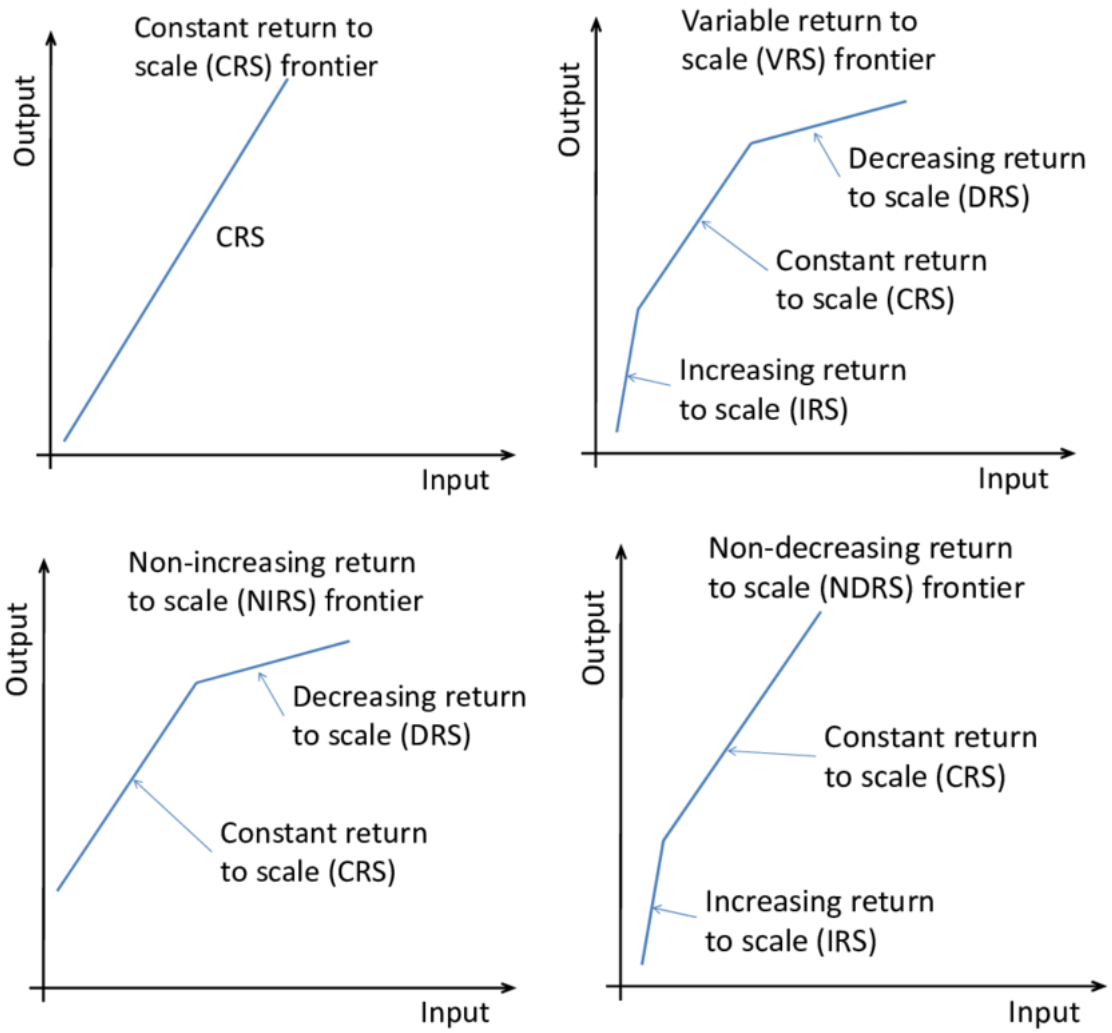

Figura 2.4: Comparativa de algunas fronteras modeladas en el análisis envolvente de datos, elaborada por (17). Nótese que la frontera CRS (superior izquierda) se encuentra presente en las demás fronteras en un tramo e influye en el comportamiento de los tramos aledaños, lo que da el nombre a la frontera completa construida.

Sean θ, ϕ las ETG de las entradas y salidas, respectivamente,
x_{ij} es la i-ésima entrada de la DMU_j,
y_{rj} es la r-ésima salida de la DMU_j,
λ_j es el nivel de servicio alcanzable por la j-ésima DMU.

El modelo de retorno a escala constante orientado a las entradas es

$$\begin{aligned} &\theta^* = \min \theta \\ &\text{sujeto a:} \\ &\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{ip} \qquad i = 1, 2, ..., m \\ &\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \geq y_{rp} \qquad r = 1, 2, ..., s \\ &\lambda_j \geq 0 \qquad j = 1, 2, ..., n \end{aligned} \tag{2.1}$$

Por otro lado, el modelo de retorno a escala constante orientado a las salidas es

$$\begin{aligned} &\phi^* = \max \phi \\ &\text{sujeto a:} \\ &\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \leq x_{ip} \qquad i = 1, 2, ..., m \\ &\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \geq \phi y_{rp} \qquad r = 1, 2, ..., s \\ &\lambda_j \geq 0 \qquad j = 1, 2, ..., n \end{aligned} \tag{2.2}$$

Cabe señalar que este modelo considera que todas las unidades de toma de decisión operan en un retorno óptimo constante, por lo que su capacidad de análisis es limitada.

2.3. Modelo de retorno a escala variable (VRS o BCC)

En 1984, Banker, Charnes y Cooper (nótese BCC por los apellidos de los autores), realizaron una nueva propuesta diseñando una frontera lineal por partes con el fin de no idealizar que todas las unidades de toma de decisión retornan siempre de forma óptima, sino consideran que tienen factores que las pueden alejar del óptimo (véase figura 2.4). La frontera BCC o de retorno a escala variable (VRS por sus iniciales en inglés: Variable Return to Scale) está constituida por la envoltura convexa de las observaciones de las DMU.

En este modelo se estima la eficiencia técnica pura y, similar al modelo BCC, se fijan las salidas para minimizar las entradas (orientado a entradas) o bien, se fijan las entradas para maximizar las salidas (orientado a salidas) (33). En particular, la diferencia del modelo VRS respecto al CRS radica en añadir las restricciones $\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1$ y

$\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ip} = \sum_{i=1}^{m} u_i y_{rp} = 1$, respectivamente, como veremos en las siguientes subsecciones. Cabe mencionar además que el modelo ha de ejecutarse n veces para cada DMU_p con $p = 1, 2, .., n$.

2.3.1. Modelo primal o aditivo

El modelo primal o aditivo con retorno a escala constante permite identificar el nivel de servicio alcanzable λ por cada DMU en comparación con las otras, así como la eficiencia técnica pura (ETP), la cual difiere de 1 según sea el modelo orientado a entradas ($\theta < 1$) o salidas ($\phi > 1$).

A ejecutarse n veces, pues evaluamos DMU_p con $p = 1, 2, ..., n$:

Sean θ_p, ϕ_p las ETP orientadas a entradas y salidas, respectivamente,
x_{ij}, la i-ésima entrada de la DMU_j,
y_{rj}, la r-ésima salida de la DMU_j,
λ_j, el nivel de servicio alcanzable por la j-ésima DMU.

El modelo de retorno a escala variable orientado a las entradas es

$$
\begin{aligned}
\theta_p^* &= \text{mín}\, \theta_p \\
&\text{sujeto a:} \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \leq \theta_p x_{ip} \qquad i = 1, 2, ..., m \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \geq y_{rp} \qquad r = 1, 2, ..., s \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1 \qquad j = 1, 2, ..., n \\
&\lambda_j \geq 0
\end{aligned}
\tag{2.3}
$$

Por otro lado, el modelo de retorno a escala variable orientado a las salidas es

$$
\begin{aligned}
\phi_p^* &= \text{máx}\, \phi_p \\
&\text{sujeto a:} \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} \leq x_{ip} \qquad i = 1, 2, ..., m \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} \geq \phi_p y_{rp} \qquad r = 1, 2, ..., s \\
&\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1 \qquad j = 1, 2, ..., n \\
&\lambda_j \geq 0
\end{aligned}
\tag{2.4}
$$

Además del valor de la eficiencia si θ o ϕ valen 1 o ineficiencia si difiere de 1, es relevante el valor de λ_j, pues representa una referencia para el nivel de servicio de la respectiva DMU. Por ejemplo, una DMU_p con $\lambda_a = \lambda_b = 0.5 (a, b \neq p)$ decimos que no es eficiente dado que $\lambda_p \neq 1$ y sus referencias de mejora más próximas son DMU_a y DMU_b.

2.3.2. Modelo dual o multiplicativo

El modelo dual de retorno a escala variable permite identificar la importancia de cada observación. Por tanto, este modelo dual tiene n restricciones en lugar de las $m + s$ que tiene el primal (16).

A ejecutarse n veces, pues evaluamos DMU_p para $p = 1, 2, ..., n$; sean:

$v_i x_{ij}$, peso y valor de la i-ésima entrada de la DMU_j,
$u_r y_{rj}$, peso y valor de la r-ésima salida de la DMU_j,
v_0, u_0, holguras de las entradas y salidas, respectivamente.

El modelo multiplicativo de retorno a escala variable orientado a las entradas es

$$\begin{aligned} &\text{máx} \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rp} + u_0 \\ \text{sujeto a: } &- \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} + \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} + u_0 \leq 0 \\ &\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ip} = 1 \\ &u_r, v_i \geq 0 \end{aligned} \tag{2.5}$$

Por otro lado, el modelo multiplicativo de retorno a escala variable orientado a las salidas es

$$\begin{aligned} &\text{mín} \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ip} + v_0 \\ \text{sujeto a: } &\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} + v_0 \leq 0 \\ &\sum_{i=1}^{m} u_i y_{rp} = 1 \\ &u_r, v_i \geq 0 \end{aligned} \tag{2.6}$$

Cabe destacar que estos modelos multiplicativos representan una retroalimentación muy útil para cuestionar si las observaciones elegidas son relevantes, pues si para todas las DMU los pesos son muy cercanos a cero, podría destacarse dicha observación.

Asimismo, este modelo multiplicativo VRS contiene una diferencia remarcable respecto al modelo CRS: el valor de u_0 o v_0, donde (45) destaca el siguiente comportamiento en su teorema 13.4 (véase la figura 2.4 para visualizar gráficamente las diferencias):

1. Si y solo si $u_0 = 0$ (o $v_0 = 0$), la frontera tiene retornos constantes (CRS). De otra manera,
2. si y solo si $u_0 > 0$ (o $v_0 < 0$), la frontera tiene retornos crecientes (IRS). O bien,
3. si y solo si $u_0 < 0$ (o $v_0 > 0$), la frontera tiene retornos decrecientes (DRS).

2.4. Modelo VRS basado en holguras

El modelo de retorno a escala variable basado en holguras fue introducido por Charnes et. al. Este modelo toma las eficiencias técnicas puras (ETP) calculadas en el modelo VRS para calcular las holguras correspondientes a la DMU_p bajo evaluación. Con dichas holguras es posible obtener el punto eficiente de Pareto (16). Cabe destacar que en esta fase 2, tanto el modelo orientado a entradas como el orientado a salidas tienen como objetivo maximizar las holguras.

A ejecutarse n veces, pues evaluamos DMU_p para $p = 1, 2, ..., n$; sean:

Sean θ_p, ϕ_p las ETP orientadas a entradas y salidas, respectivamente,
x_{ij}, la i-ésima entrada de la DMU_j,
y_{rj}, la r-ésima salida de la DMU_j,
s_i^-, holgura reductible de la i-ésima entrada,
s_r^+, holgura aumentable de la r-ésima salida,
λ_j, el nivel de servicio alcanzable por la j-ésima DMU.

El modelo multiplicativo de retorno a escala variable basado en holguras orientado a las entradas es

$$\begin{aligned} \text{máx} \quad & \sum_{i=1}^{m} s_i^- + \sum_{r=1}^{s} s_r^+ \\ \text{sujeto a:} \quad & \sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} + s_i^- = \theta^* x_{ip} \\ & \sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = y_{rp} \\ & \sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1 \\ & \lambda_j \geq 0 \end{aligned} \tag{2.7}$$

Por otro lado, el modelo multiplicativo de retorno a escala variable basado en holguras orientado a las salidas es

$$
\begin{aligned}
\text{máx} \quad & \sum_{i=1}^{m} s_i^- + \sum_{r=1}^{s} s_r^+ \\
\text{sujeto a:} \quad & \sum_{j=1}^{n} \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{ip} \\
& \sum_{j=1}^{n} \lambda_j y_{rj} - s_r^+ = \phi^* y_{rp} \\
& \sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1 \\
& \lambda_j \geq 0
\end{aligned}
\tag{2.8}
$$

Consideremos una DMU que en la primera fase obtuvo un valor de $\theta^*, \phi^* = 1$. Si en la segunda fase obtuvo $s_i^-, s_r^+ = 0$ para toda i y r, se puede decir que es fuertemente eficiente; de lo contrario, es débilmente eficiente. Fuera de estos dos escenarios, la DMU en cuestión es ineficiente.

Capítulo 3

Los Sistemas de Salud

En esta sección definiremos qué es un sistema de salud, abordaremos sus características, análisis y modelos estructurales, así como la estructura del sistema de salud mexicano.

3.1. Definición de sistema de salud

La Organización Mundial de la Salud (OMS) en 2016 (31) definió Sistema de Salud como:

> Un sistema de salud es la suma de todas las organizaciones, instituciones y recursos públicos y privados encargados de mejorar, mantener o restaurar la salud. Esto incluye servicios tanto individuales como colectivos, así como actividades para influir en las políticas y acciones de otros sectores para abordar los determinantes políticos, sociales, ambientales y económicos de la salud.

Cabe sumar que la OMS señala en la figura 3.1 las interrelaciones más importantes a considerar en los sistemas de salud. Nótese que se enmarcan las funciones como un medio para abordar los objetivos del sistema. En siguientes secciones abordaremos estos bloques de funciones y objetivos, en concordancia con la definición de sistema de salud, como medio de cuantificación del desempeño de sistemas de salud.

3.2. Modelos de sistemas de salud

Como esquematiza la figura 3.1, las funciones del sistema de salud son una forma de abordar los objetivos definidos, por lo que no existe un esquema único. En particular, la prestación de servicios y el financiamiento de los mismos impactan notablemente en el modelo de sistema de salud según sea público o privado.

En 2010, Guillermo Vanegas (38) destacó:

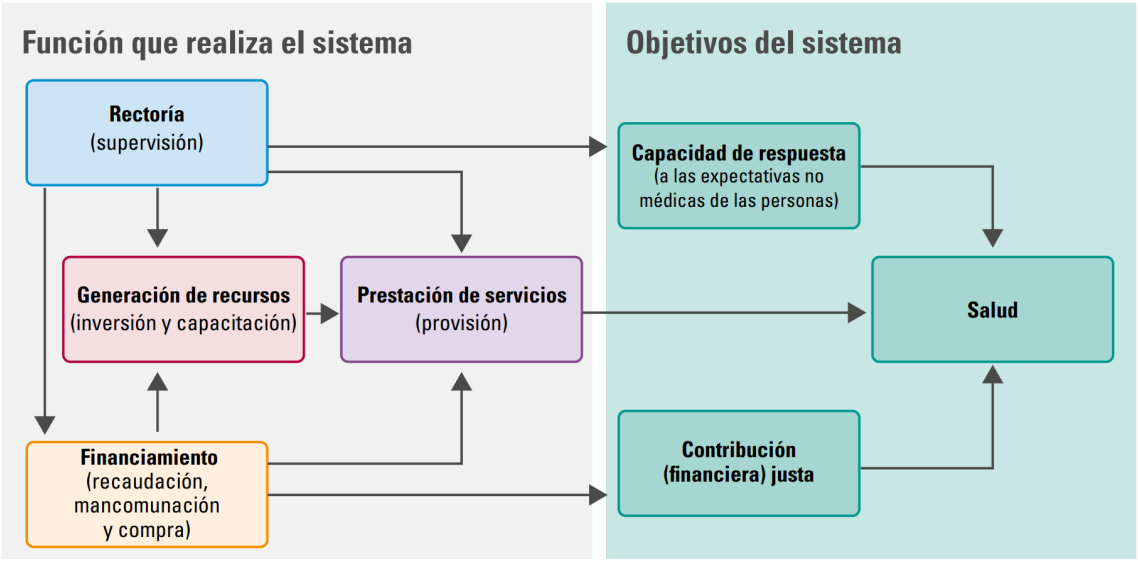

Figura 3.1: Interrelaciones entre funciones y objetivos de un sistema de salud (31).

El sistema de salud de cada país es un reflejo de su historia, de su política, de su economía, de su cultura y de sus valores nacionales. Hay diferentes modelos pero casi todo tienen los mismos principios.

Tabla 3.1: Resumen de las características de los modelos de salud. (Elaboración propia con base en (38)).

Rubro / Modelo		Bismarck	Beveridge	Seguro nacional	Privado
Prestador	Estado		✓		
	Privado	✓		✓	✓
Financiador	Estado		✓	✓	
	Empleador	✓			
	Ciudadano	✓			✓
	Nota	Deducciones obligatorias de los salarios	Impuestos de los contribuyentes	Impuestos de los contribuyentes	Dependiente de la capacidad de pago
Control de costos		✓	✓	✓	
Ejemplo		Alemania, Francia, Bélgica, Suiza, Japón	Hong Kong, Italia, España, Cuba	Canadá, Taiwán, Corea del Sur	EE. UU., India, China

En la tabla 3.1 se contrastan las características de estos cuatro modelos mencionados por Guillermo Vanegas (38).

3.2.1. El sistema de salud mexicano

El sistema de salud mexicano está fragmentado, como se puede observar en la figura 3.2. Una porción corresponde al sector público cuyos proveedores tienen distintas fuentes de financiamiento, ya sea el gobierno federal o estatal, el empleador o el ciudadano empleado. Por otro lado, el sector privado corresponde a las personas con capacidad de pago, ya sea por gasto de bolsillo o a través de una aseguradora privada financiada como prestación por su trabajo o por propio financiamiento dada su capacidad de pago.

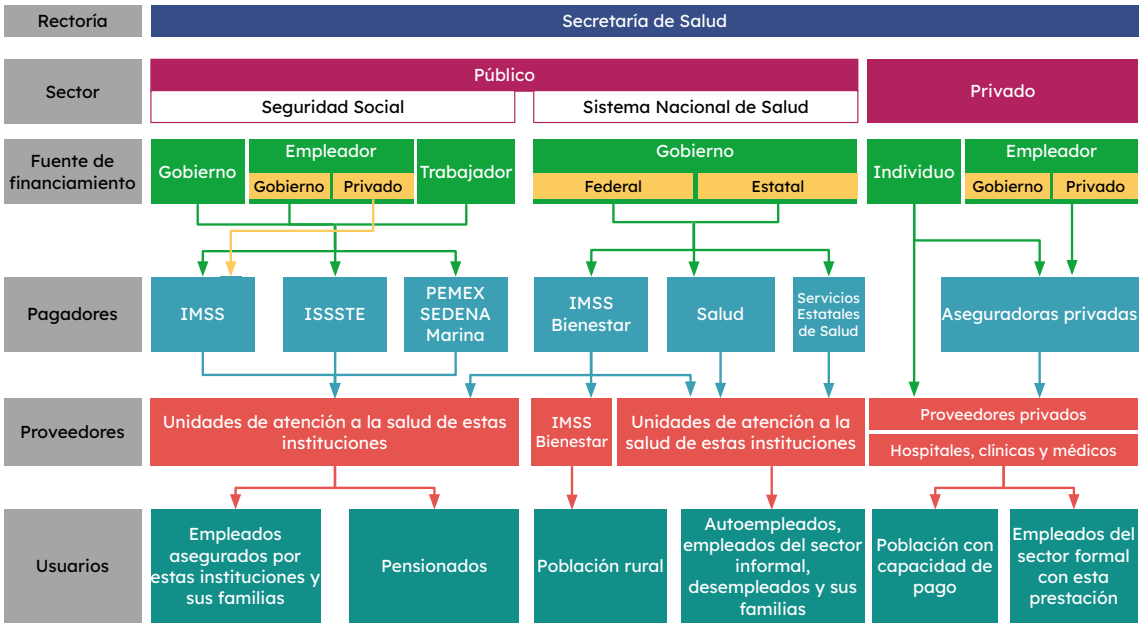

Figura 3.2: Estructura del sistema de salud mexicano en 2024. (Elaboración propia con base en el comunicado (10), del cual se ajusta que IMSS-BIENESTAR absorbe los recursos de INSABI).

3.3. Determinantes sociales de la salud

Los determinantes sociales de la salud son las circunstancias en que las personas nacen, crecen, viven, trabajan y envejecen (32). Cabe mencionar que la salud de una población no solo es determinada por la genética y el estilo de vida, sino también por factores sociales como la posición socioeconómica y las relaciones sociales (19).

Katsunori Kondo hace mención de 23 áreas de la política que afectan a la salud, las cuales son abordadas desde 1991 por la OMS para reducir las diferencias en el acceso a la salud (19):

1. Democracia
2. Derechos humanos

3. Medios de comunicación
4. Empleo
5. Equidad de género
6. Infancia y adolescencia
7. Vejez
8. Desarrollo urbano
9. Garantías de ingreso a la vejez
10. Enfermedades y discapacidades
11. Vivienda
12. Mercados laborales
13. Seguros y salud
14. Medio ambiente
15. Transporte y seguridad
16. Prevención de accidentes y salud en emergencias
17. Control de enfermedades infecciosas
18. Educación
19. Prevención del crimen
20. Deporte
21. Alimento y nutrición
22. Impuestos
23. Sistema judicial

De manera similar, Marzenna Anna Weresa et. al. (39) proponen tomar como base la categorización de determinantes sociales para comparar los distintos modelos de sistemas de salud abordados en el capítulo 2.2. Particularmente, los factores analizados para evaluar eficiencia fueron categorizados en:

1. entradas,
2. político-institucionales,
3. culturales y sociales.

En secciones subsecuentes, retomaremos la importancia de los determinantes sociales de la salud y su categorización para comparar elementos muy distintos bajo el marco de la eficiencia.

3.4. Medicina basada en valor

Dado el panorama general en la actualidad de la prestación de servicios de salud, en la cual se prioriza la cantidad de servicios otorgados en lugar de la calidad de estos, David N. Bernstein et. al. (2) reconocen que, en tanto la prestación de servicios de salud continúe desarticulada, la salud de las personas seguirá siendo un rompecabezas por resolver.

El valor en el área de la salud es definida como las mejoras en la salud (calidad de la atención) obtenidas por cada dólar gastado (costo de la atención) (21). En otras palabras, a mayores logros por dólar gastado, mayor valor.

Al haccer énfasis en el concepto *mejoras en la salud*, pueden considerarse datos del paciente como su estado de salud, sus mediciones clínicas, las mejoras que reporta percibir, su experiencia al recibir la atención y su calidad de vida. Es importante interpretar la calidad en la salud no solo como el seguimiento a las pautas basadas en evidencia científica, sino también como la alineación de dichos esfuerzos a lo que el paciente da valor. (21)

Para enmarcar el concepto *valor* en la medicina basada en el valor, resulta útil la agenda de valor, compuesta por 7 pilares en la que los últimos dos dan soporte a los primeros 5 (21):

1. Organizar en unidades de prácticas integrales, con atención centrada en el paciente.
2. Medir resultados y costos por cada paciente.
3. Agrupar pagos por ciclos de atención.
4. Integrar la atención en instalaciones separadas.
5. Expandir geográficamente servicios de excelencia.
6. Construir y facilitar plataformas de tecnologías de la información.
7. Evolucionar la cultura y estimular el liderazgo.

Para ejecutar una reducción de costos tomando como eje la medicina basada en valor, Bernstein et. al. (3) exponen 3 principios para la generación de estrategias:

1. Medir la salud antes y después de las iniciativas de reducción de costos,
2. personalizar la reducción de costos con base en el valor y
3. construir confianza en el proceso de reducción de costos.

Si comparamos el primer principio estratégico con la revisión del alcance realizada por Fernández et. al. (12), en la que solo 2 de 12 estudios reportaron métricas cuantitativas, encontraremos un área de oportunidad muy importante en la implementación, discusión y monitoreo de mejoras de manera integral.

Capítulo 4

Evaluación de la eficiencia en sistemas de salud

Este capítulo consta de dos partes. En la primera se especifica el modelo matemático usado, así como las consideraciones para recabar la información. En la segunda se delimita el cómo se estructuró la información con el fin de evaluar el desempeño de los sistemas de salud.

4.1. Método: DEA - Modelo de retorno a escala variable de 2 fases, orientado a las salidas

La propuesta del presente trabajo es emplear análisis envolvente de datos para la evaluación del desempeño de sistemas de salud. En particular, el modelo de retorno a escala variable (VRS) de 2 fases, orientado a las salidas (modelos 2.4 y 2.8), recordando que este fija las entradas y maximiza las salidas.

Considerando que el DEA es un modelo determinista, no paramétrico, se tomaron las siguientes premisas para la selección de datos:

1. No se permite falta de datos.
2. Se toman datos secundarios o ya recabados de acceso público. En particular, se prioriza como fuente de información la Organización Mundial de la Salud (OMS).
3. Se delimita el alcance del análisis a países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), siendo esta la segunda fuente de información.
4. Se seleccionan datos del 2023 o más reciente reportado, siendo el más antiguo del 2015.

En la siguiente sección abordaremos el proceso de selección y estructura de los datos elegidos bajo estos rubros.

4.2. Marco de evaluación

Los datos seleccionados se estructuraron conforme al marco de evaluación del desempeño de sistemas de salud de la OMS (31), particularmente bajo los rubros: financiamiento, acceso, mejora de la salud y cohesión social. La figura 4.1 muestra el proceso de selección y descarte de datos, causado por la disponibilidad de datos completos en los distintos países o bien, por relevancia según los pesos resultantes de la ejecución del modelo.

Así pues, obsérvese en la figura 4.2 el desglose de determinantes de la salud según el aspecto específico de los 4 componentes del marco de evaluación, recordando que el valor Φ, que es la eficiencia del sistema de salud como objetivo final, será la estimación resultante del DEA. Observe también en la figura 4.3 el mapa de calor referente a los años de recabación de cada uno de los datos.

4.2.1. Consideraciones matemáticas de los determinantes

Los determinantes sociales de la salud elegidos tienen distintas implicaciones dado que algunos denotan estados deseables mientras otros contrastan estados no deseables. El resumen de las características de las 10 observaciones de origen se enlista en la tabla 4.1.

Tabla 4.1: Resumen del set de datos ajustado para analizar los sistemas de salud de los países miembros de la OCDE. Véase la tabla **??** para el detalle de las observaciones y las consideraciones matemáticas aplicadas. Cabe destacar que se agrega el estatus de México con el fin de contextualizar las cifras reportadas. (Elaboración propia).

Medida	GS_PIB	GINI	Camas	Docs	VCM	EVN	M30IAM	GB_GS	CSU	PMI3070
Mínimo	3.703	0.24356	1	22.36	2	75.3	0.3	8.67	74.55	7.6
Media	9.1771	0.3227	3.9263	40.0741	3.8469	81.0125	6.5875	17.2016	83.6106	11.3406
Máximo	16.496	0.548	12.59	72.35	10	84.1	23.7	39.09	91.04	22.7
Desv. est.	2.5204	0.0677	2.2860	11.9866	2.0915	2.5584	4.3441	7.3240	4.1445	3.6707
México	5.721	0.4	1	25.88	8.9	75.3	23.7	39.09	74.55	16.3

A continuación se enlistan las premisas tomadas para realizar ajustes matemáticos en las observaciones, considerando que el DEA es un modelo de programación lineal y que el DEA VRS orientado a las salidas fija las entradas y maximiza las salidas:

- Entradas cuyo comportamiento esperado es minimizar, no se ajustan.
- Salidas cuyo comportamiento esperado es maximizar, no se ajustan.

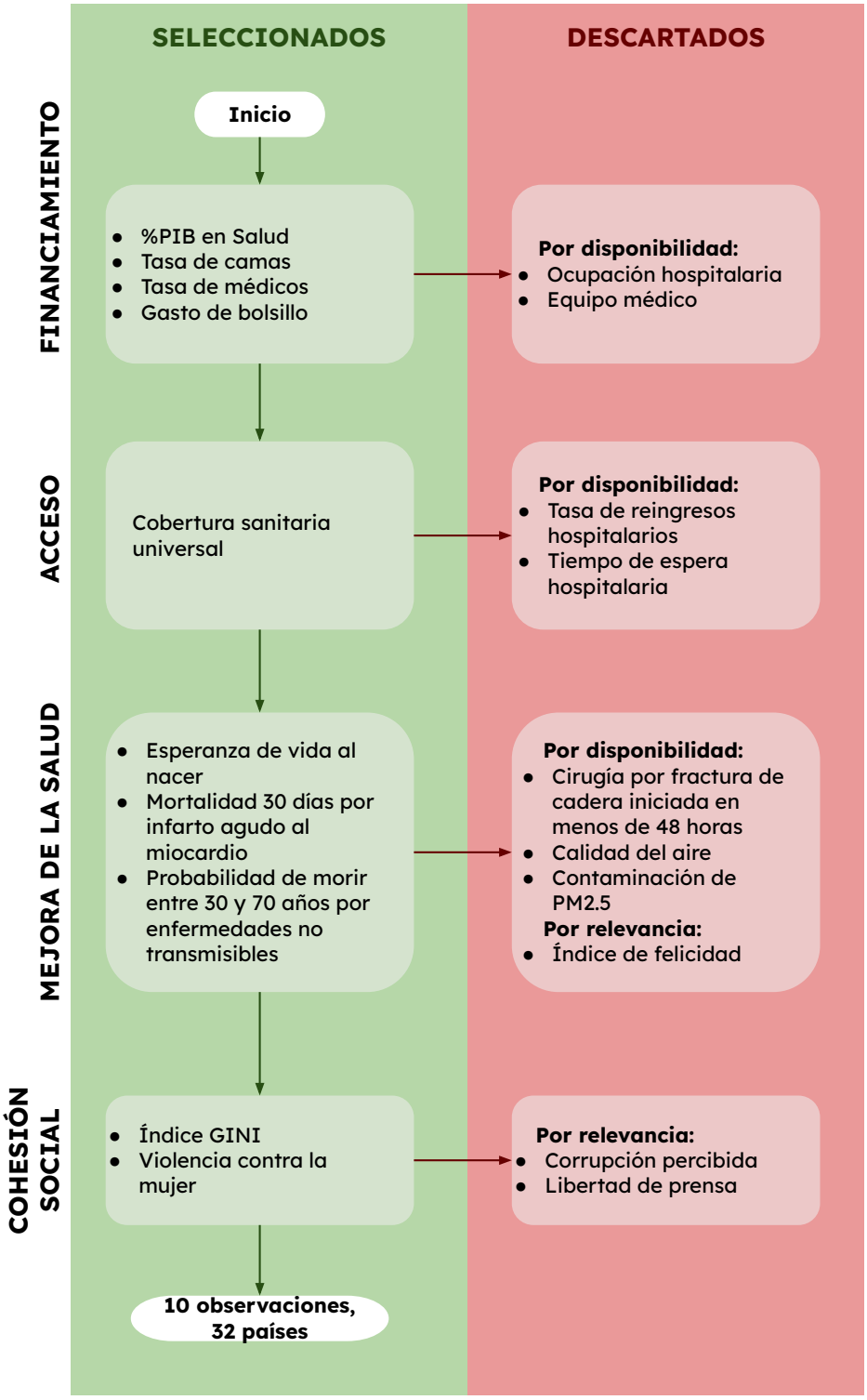

Figura 4.1: Proceso de selección de determinantes de la salud para el análisis envolvente de datos bajo el marco de evaluación de sistemas de salud de la OMS (31). (Elaboración propia).

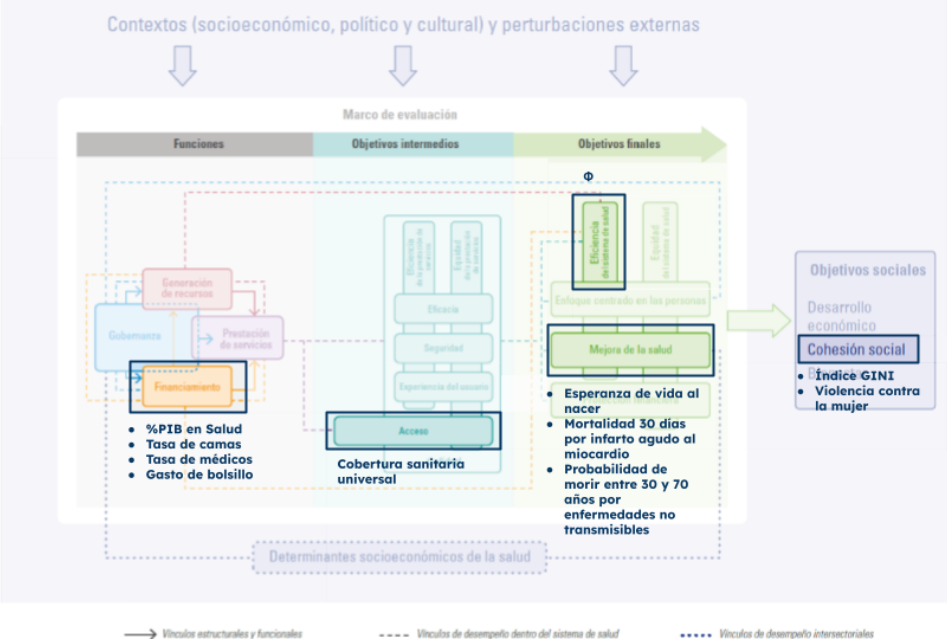

Figura 4.2: Detalle sobre el marco de evaluación de la OMS para el desempeño de sistemas de salud, a partir del cual se desglosa el aspecto en que se eligieron los determinantes sociales de la salud. (Edición propia sobre la ilustración de (31)).

- Salidas cuyo comportamiento esperado es minimizar son multiplicadas por (-1).
- Entradas cuyo comportamiento esperado es ser distinto de cero, se ajustan por $\alpha - observacion$, donde α es un número empírico deseable.

Para el detalle de la aplicación de estas premisas a cada uno de los determinantes, véase la figura **??**.

En las secciones subsecuentes de esta, ahondaremos en cada una de las observaciones, así como su categorización para fines de este estudio. Véase también la tabla 4.1 para contextualizar los valores mínimo, máximo, promedio y desviación estándar de todos los países y de México para establecer el contexto del mismo.

Año de obtención de la información

UTD	GS_PIB	GINI	Camas	Docs	VCM	EVN	M30IAM	GB_GS	CSU	PMI3070
Alemania	2022	2020	2022	2022	2023	2022	2021	2022	2021	2021
Australia	2022	2022	2016	2022	2023	2022	2020	2022	2021	2021
Austria	2022	2022	2022	2023	2023	2023	2021	2022	2021	2021
Bélgica	2022	2022	2023	2023	2023	2023	2021	2022	2021	2021
Canadá	2022	2022	2022	2023	2023	2021	2021	2022	2021	2021
Chequia	2022	2022	2022	2022	2023	2023	2021	2022	2021	2021
Colombia	2022	2022	2020	2023	2023	2022	2017	2022	2021	2021
Costa Rica	2022	2022	2022	2022	2023	2023	2015	2022	2021	2021
Dinamarca	2022	2019	2023	2021	2023	2023	2021	2022	2021	2021
EEUUAA	2022	2022	2022	2022	2023	2021	2020	2022	2021	2021
Eslovenia	2022	2022	2022	2022	2023	2023	2021	2022	2021	2021
España	2022	2022	2022	2022	2023	2023	2021	2022	2021	2021
Estonia	2022	2022	2022	2022	2023	2023	2021	2022	2021	2021
Finlandia	2022	2022	2021	2021	2023	2023	2021	2022	2021	2021
Francia	2022	2022	2022	2022	2023	2023	2015	2022	2021	2021
Irlanda	2022	2017	2022	2023	2023	2022	2022	2022	2021	2021
Islandia	2022	2017	2020	2023	2023	2023	2022	2022	2021	2021
Israel	2022	2022	2023	2023	2023	2022	2021	2022	2021	2021
Italia	2022	2022	2022	2022	2023	2023	2015	2022	2021	2021
Japón	2022	2021	2022	2022	2023	2022	2020	2022	2021	2021
Letonia	2022	2022	2022	2022	2023	2023	2022	2022	2021	2021
Lituania	2022	2022	2022	2023	2023	2023	2022	2022	2021	2021
Luxemburgo	2022	2022	2023	2017	2023	2023	2021	2022	2021	2021
México	2022	2022	2022	2022	2023	2023	2021	2022	2021	2021
Noruega	2022	2022	2022	2023	2023	2022	2021	2022	2021	2021
Nueva Zelanda	2022	2022	2023	2022	2023	2022	2022	2022	2021	2021
Países Bajos	2022	2022	2022	2022	2023	2023	2021	2022	2021	2021
Polonia	2022	2022	2022	2023	2023	2023	2021	2022	2021	2021
Portugal	2022	2022	2022	2022	2023	2023	2022	2022	2021	2021
Reino Unido	2022	2022	2022	2023	2023	2022	2022	2022	2021	2021
Suecia	2022	2022	2022	2021	2023	2023	2021	2022	2021	2021
Turquía	2022	2022	2022	2022	2023	2022	2022	2022	2021	2021

Figura 4.3: Mapa de calor del año de reporte de cada indicador, considerando que se seleccionaron del 2023 o del último dato reportado. Los datos enmarcados para el indicador GINI indican que se recuperaron de una fuente distinta para tales países. (Elaboración propia).

Tabla 4.2: Resumen de las observaciones consideradas para estimar la eficiencia de los sistemas de salud de los países miembros de la OCDE que presentan datos completos a 2023 o al dato más reciente.

Sitio del marco de evaluación	ID	Observación	Tipo	Comportamiento esperado	Ajuste	Fuente
Funciones: Financiamiento	GS_PIB	Gasto en salud en proporción al PIB	Entrada	Maximizar	(Max) − obs	(28)
	Camas	Camas por cada mil habitantes	Entrada	Convergente a un valor	$\|3 - \text{obs}\|$	(27)
	Docs	Doctores por cada 10 mil habitantes	Entrada	Convergente a un valor	$\|30 - \text{obs}\|$	(43)
	GB_GS	Gasto de bolsillo en proporción al gasto total en salud	Salida	Minimizar	-1	(40)
Objetivo intermedio: Acceso	CSU	Índice de cobertura sanitaria universal	Salida	Maximizar	Ninguno	(42)
Objetivo final: Mejora de la salud	EVN	Esperanza de vida al nacer	Salida	Maximizar	Ninguno	(29)
	M30IAM	Mortalidad a 30 días por infarto agudo de miocardio (datos no vinculados)	Salida	Minimizar	-1	(25)
	PMI3070	Probabilidad incondicional de muerte entre los 30 y los 70 años por enfermedades no transmisibles	Salida	Minimizar	-1	(41)
Objetivo social: Cohesión social	VCM	Violencia contra la mujer	Entrada	Minimizar	Ninguno	(30)
	GINI	Coeficiente de Gini	Entrada	Minimizar	Ninguno	(26)

4.2.2. Función: Financiamiento

El financiamiento de la salud se enfoca en la recaudación y erogación de dinero con el fin de atender la salud. La OMS lo divide en 3 subfunciones clave (31):

- recaudación de ingresos,
- mancomunación de recursos y
- compra de bienes y servicios.

En las siguientes subsecciones hablaremos de la implicación de cada una de las 4 observaciones elegidas para representar el financiamiento en este modelo.

4.2.2.1. Gasto total de salud como porcentaje del producto interno bruto (PIB)

El gasto total de salud implica toda fuente de recursos para la atención en la salud, tanto privadas como públicas. Este dato referido al Producto Interno Bruto (PIB) implica una

proporción respecto a la economía del país en cuestión. Este dato fue establecido como entrada al ser un recurso y fue considerado bajo el ajuste $(Max) - observacion$ dado que todo sistema de salud requiere un financiamiento, por lo que sería incorrecto permitir que el DEA interprete como mejor aquél resultado más próximo al cero.

4.2.2.2. Camas de hospital (por 10 000 habitantes)

Las camas hospitalarias son un dato poblacional importante, pues refleja la capacidad instalada de un país para atender ingresos hospitalarios de su población, por lo que ha de ser proporcional a ella. Este dato fue establecido como entrada al ser un recurso y fue considerado bajo el ajuste $\alpha - observacion$ de manera empírica, tomando el 25 como un dato recomendado aunque no oficial. Sería incorrecto permitir que el DEA interprete como mejor aquél resultado más próximo al cero o bien, un número excesivo que represente sobrecapacidad hospitalaria.

4.2.2.3. Médicos por cada 10 000 habitantes

El número de personal médico refleja la fuerza de trabajo humana con formación médica general disponible para atender a una población, por lo que ha de ser proporcional a ella. Este dato fue establecido como entrada al ser un recurso y fue considerado bajo el ajuste $\alpha - observacion$ de manera empírica tomando el 30 al ser un dato recomendado aunque no oficial, pues sería incorrecto permitir que el DEA interprete como mejor aquél resultado más próximo al cero o bien, un número excesivo que represente sobrecapacidad de atención médica.

4.2.2.4. Gasto de bolsillo como porcentaje del gasto total en salud

El gasto de bolsillo es el dinero que una persona decide pagar directamente para recibir un servicio privado, de forma independiente a un seguro público o privado, ya sea por carencia, por exclusión o por decisión de usuario. Este dato se considera una salida con el fin de representar la situación anterior como una consecuencia del sistema de salud. Cabe mencionar que este número se busca minimizar, por lo que se multiplica por (-1).

4.2.3. Objetivo intermedio: Acceso

El acceso, como objetivo intermedio, refleja la capacidad del sistema de salud para recibir casos, así como la delimitación en la prestación del servicio a ofrecer, ya sea por medio público o privado. En esta sección fue seleccionada 1 observación, de la cual hablaremos en el siguiente apartado.

4.2.3.1. Cobertura sanitaria universal

La cobertura sanitaria universal es un índice que refleja la accesibilidad de todas las personas al sistema de salud, siendo 0 inaccesible y 1 el ideal de accesibilidad. Este dato se considera una salida al representar un resultado del sistema de salud y no se realiza ajuste dado que se busca su máxima distancia del cero, la cual está delimitada por la frontera del VRS y es: 1.

4.2.4. Objetivo final: Mejora de la salud

Para fines de la mejora de la salud, se eligieron 3 indicadores poblacionales, los cuales detallaremos a continuación.

4.2.4.1. Esperanza de vida al nacer

La esperanza de vida al nacer es un número que refleja los años que se espera que pueda vivir una persona con base en la situación de un país (no solo en términos de salud). Para fines del presente estudio, este dato se considera una salida al ser una consecuencia del sistema de salud y no se realiza ajuste dado que, efectivamente, se busca que su valor sea el máximo.

4.2.4.2. Mortalidad a 30 días de admisión hospitalaria por infarto agudo del miocardio

La mortalidad a 30 días de admisión hospitalaria por infarto agudo del miocardio representa un indicador clave de calidad al tratar una de las mayores comorbilidades a nivel mundial (24). Cabe destacar que se usaron datos no relacionados, pues México solo presentaba estos, a diferencia de los relacionados. Este dato se considera una salida y, dado que se busca minimizar la mortalidad, se ajusta multiplicando por (-1).

4.2.4.3. Probabilidad de morir por cualquiera de ECV, cáncer, diabetes, CRD entre los 30 años y la edad exacta 70

La probabilidad de morir por cualquiera evento cerebro vascular, cáncer, diabetes y enfermedades crónico-respiratorias entre los 30 y los 70 años reflejan los hábitos de la población al ser todas estas enfermedades no transmisibles. Para fines del presente estudio, este dato se considera una salida al reflejar la capacidad de resolución del sistema de salud en atender estas enfermedades y, dado que se busca minimizar este dato, se ajusta multiplicando por (-1).

4.2.5. Objetivo social: Cohesión social

El marco de evaluación de desempeños de salud de la OMS refiere a los sistemas de salud como un factor estrechamente relacionado con la equidad y estabilidad social al proteger a la sociedad de las consecuencias financieras de la mala salud (31). En esta sección abordaremos 2 observaciones aplicables: el coeficiente de GINI y el índice de violencia contra la mujer.

4.2.5.1. Coeficiente de GINI

El coeficiente de GINI es el índice que refleja el nivel de desigualdad de ingresos económicos entre los habitantes de un país, donde 0 es la igualdad perfecta y 1 la máxima desigualdad. Para fines de este estudio, este dato se considera una entrada al formar parte del contexto bajo el cual opera el sistema de salud y no se realiza ajuste dado que, efectivamente, el mejor comportamiento que el DEA debe interpretar es el cero.

4.2.5.2. Violencia contra la mujer

El índice de violecia contra la mujer resume en un indicador, datos como el porcentaje de mujeres que normalizan las actitudes violentas por parte de su pareja, el porcentaje de mujeres que ha experimentado violencia física o sexual por parte de su pareja en su vida y el estado de las leyes en materia de violencia doméstica (30).

Este indicador en el presente estudio ha de representar el contexto bajo el cual el personal femenino de la salud opera y al cual la población femenina acude a recibir atención médica (13). El impacto es tal que en 2011, se estimaron costos alrededor de €18000 superiores a pacientes víctimas de violencia de género respecto a pacientes que no lo fueron (20). Adicionalmente, (22) realizó un estudio en el que se confirma que las mujeres pueden ser impactadas negativamente por parte del personal de salud, afectando su acceso a servicios, calidad y a la efectividad de su atención.

Por otro lado, considerando a la mujer como personal de la salud, en 2018 se realizó un estudio en Canadá en el que se encontró que el personal femenino diariamente puede encontrar violencia de género en espacios de trabajo (6).

Para fines del presente estudio, este dato se considera una entrada al ser el contexto del país cuyo sistema de salud ha de operar. No se realiza ajuste dado que, efectivamente, el comportamiento que el DEA debe interpretar como el mejor es el más cercano a cero.

Capítulo 5

Resultados

El presente capítulo está dividido en 3 secciones para presentar los resultados obtenidos del análisis envolvente de datos (DEA) aplicado a la evaluación de sistemas de salud. En el primero, presentaremos las eficiencias obtenidas, contrastadas con una fuente cualitativa y otra fuente cuantitativa. En la segunda, presentaremos las referencias y pesos obtenidos para las observaciones consideradas, característicos de este modelo. Finalmente, en la tercera sección, ahondaremos en los resultados de los países latinoamericanos dentro del estudio para visualizar sus resultados a mayor detalle.

5.1. Eficiencia

Las eficiencias resultantes del análisis envolvente de datos se despliegan en la figura 5.1, con la escala gráfica correspondiente a cada uno de los 32 países de la OCDE seleccionados.

5.1.1. Contraste cuantitativo

En 2024 se realizó un estudio del desempeño de sistemas de salud de países de la OCDE con optimización multi-objetivo basada en análisis de ratios (MOORA, abreviado en inglés) en el que se contemplaron 36 países que reportaron datos del 2000 al 2017, usando 6 variables a maximizar o minimizar (34):

1. Esperanza de vida al nacer (maximizar),
2. inversión en salud *per cápita* (maximizar),
3. doctores por cada mil habitantes (maximizar),
4. enfermeros por cada mil habitantes (maximizar),
5. tasa de mortalidad infantil por cada mil nacimientos (minimizar),

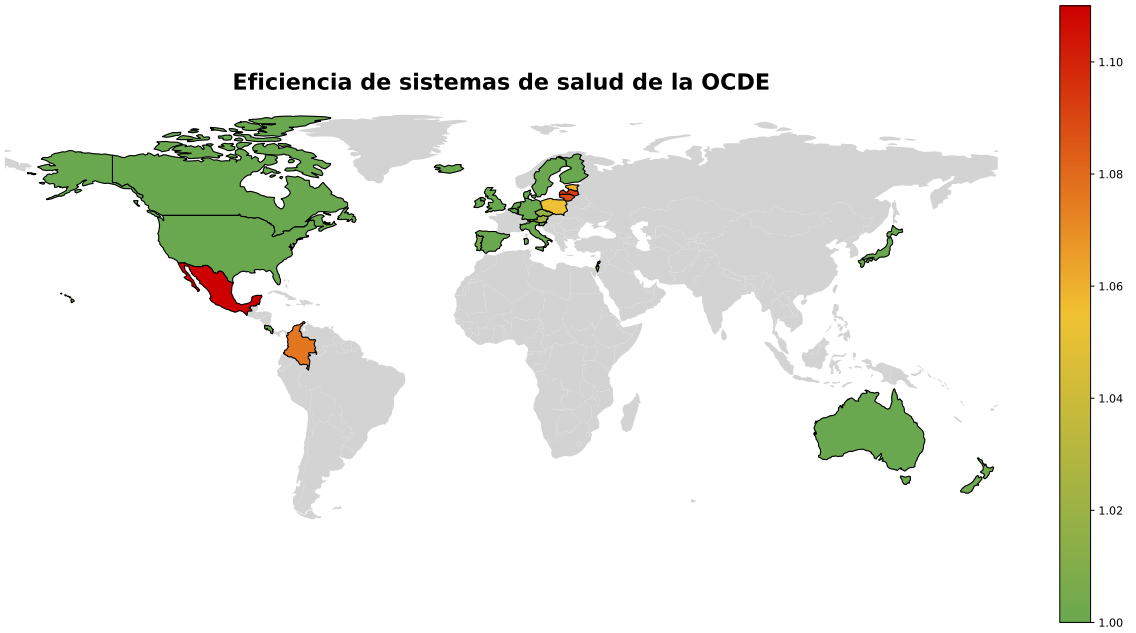

Figura 5.1: Mapa de eficiencia de los sistemas de salud de 32 países de la OCDE calculada con análisis envolvente de datos. (Elaboración propia).

6. porcentaje de la población con protección social (maximizar).

Si bien dicho artículo toma como limitante que no siguió un cierto marco de evaluación de sistemas de salud, establece un buen medio de contraste para identificar el valor que entrega el DEA y la coherencia en los resultados. Véase en la tabla 5.1 el contraste de los valores obtenidos por el DEA respecto a dicho estudio. Cabe recordar que las fronteras del DEA son empíricas, característica a la cual podemos adjudicar que el grupo referencia es mayor al grupo ineficiente dados los datos existentes.

Podemos observar que en 4 del top 5 de sistemas más eficientes del estudio MOORA se encuentran el DEA, siendo Suiza el primer lugar fuera del alcance del DEA por falta de información. Los siguientes países enlistados son Alemania, Suecia, Finlandia e Islandia.

Nótese que la jerarquización de los resultados del DEA evidencía que en este modelo todo resultante súper-eficiente es considerado como un primer lugar, distinto al ranking que obtiene (34), el cual tampoco define explícitamente la frontera entre la eficiencia y la ineficiencia.

5.1.2. Contraste cualitativo

Similar al caso cuantitativo, en el contraste cualitativo podemos discutir 5 países del grupo referencia con respecto a las observaciones de Weresa et. al. (39), pues destacan cataterísticas tanto individuales como en comparativa de dichos países evaluados en múltiples rankings:

Tabla 5.1: Contraste de resultados obtenidos por el método MOORA (34) respecto al análisis envolvente de datos, del cual se presenta la eficiencia técnica y un ordenamiento similar al resultante del estudio MOORA para comparar. NA implica "no aplica"dado que el DEA, al considerar 10 variables y no permitir falta de datos, tuvo un alcance más limitado en el número de países estudiados. (Elaboración propia).

UTD	MOORA (34)	DEA	Jerarquización DEA
Suiza	1	NA	NA
Alemania	2	1	1
Suecia	3	1	1
Finlandia	4	1	1
Islandia	5	1	1
Dinamarca	6	1	1
Bélgica	7	1	1
Noruega	8	1	1
Francia	9	1	1
Irlanda	10	1	1
Australia	11	1	1
Nueva Zelanda	12	1.002	2
Austria	13	1.020	5
Países Bajos	14	1	1
Japón	15	1	1
EEUUAA	16	1	1
Canadá	17	1	1
Chequia	18	1.018	4
Reino Unido	19	1	1
Eslovenia	20	1	1
Portugal	21	1.005	3
Italia	22	1	1
Israel	23	1	1
Lituania	24	1.087	10
Hungría	25	NA	NA
Eslovaquia	26	NA	NA
Estonia	27	1.059	7
Grecia	28	NA	NA
España	29	1	1
Chile	30	NA	NA
Polonia	31	1.054	6
Latvia	32	1.093	11
Letonia	33	NA	NA
México	34	1.111	12
Turquía	35	1.073	8
Colombia	36	1.076	9

- **Estados Unidos Americanos** es un país con altos costes en salud, por lo que es visto como ineficiente. En el 2000 la OMS lo colocó en el primer lugar en el raking de sistemas de salud; cabe observar que dicha publicación fue previa al marco de evaluación de sistemas de salud presentado en (31).
- **Suecia** destaca por su sistema descentralizado y su alto índice de cobertura sanitaria universal, por lo que, en múltiples estudios realizados, se encontraba siempre en los primeros diez lugares.
- **Polonia** tiene opiniones encontradas debido a su bajo financiamiento económico y disponibilidad de servicios, pero capacidades y resultados destacados en cuidados cardiológicos.
- **Alemania** es evaluado con opiniones contrarias debido a los altos costes frente a la calidad médica entregada que, aunque es buena, no responde de manera proporcional a los recursos empleados.
- **Reino Unido** presenta resultados contrastantes en su modelo Beveridge debido a la fragmentación en 4 de su sistema de salud, el cual en promedio es moderadamente efectivo y costoso, pero alto en satisfacción.

En resumen, este fragmento del grupo referencia es coherente respecto a otros estudios publicados, aun considerando los contrastes de origen metodológico en la evaluación en (39).

5.2. Pesos y referencias

En esta sección presentaremos los resultados diferenciadores del DEA: los pesos asociados a cada observación y las referencias súper-eficientes para los sistemas ineficientes.

En primer lugar, se despliega en la figura 5.2 los pesos resultantes del grupo referencia, es decir, los países súper-eficientes por obtener eficiencia $\phi = 1$ y holguras $\sum s = 0$. En gris se muestran las observaciones que no fueron decisoras, mientras que en una escala de rojos, se muestran las observaciones con mayor peso asociado. Adicional, véase que el valor de v_0 indica el comportamiento de la frontera de dicha UTD se comporta con rendimientos crecientes (IRS), constantes (CRS) o decrecientes (DRS).

En la figura 5.3 se observa el mapa de calor para los pesos u holguras de cada observación del grupo ineficiente. Nótese que en el caso de los sistemas súper-eficientes, todos los valores mostrados correspondían a pesos y no así a holguras dado que de todas fue cero. Así pues, la escala de azules corresponde a las holguras que, si bien no implican un decisor en la eficiencia, evidencian el área de oportunidad según el sistema puede desempeñarse de manera más esbelta manteniendo la eficiencia.

Por último, pero no menos importante, la figura 5.4 muestra el mapa de calor de aquellos sistemas súper-eficientes que son referencia para los sistemas ineficientes. En otras palabras, se muestra el porcentaje de parecido de un sistema ineficiente respecto a uno

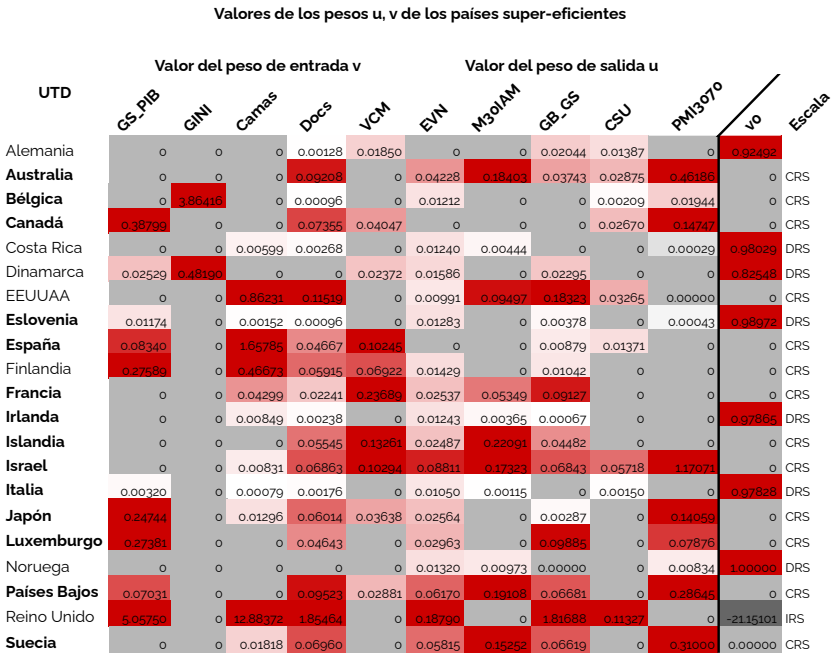

Figura 5.2: Mapa de calor de los valores de los pesos u y v de los países súper-eficientes por resultar con valores $\phi = 1$ y $\sum s = 0$. Los países en letras negritas representan efectivamente una referencia para otros países. (Elaboración propia).

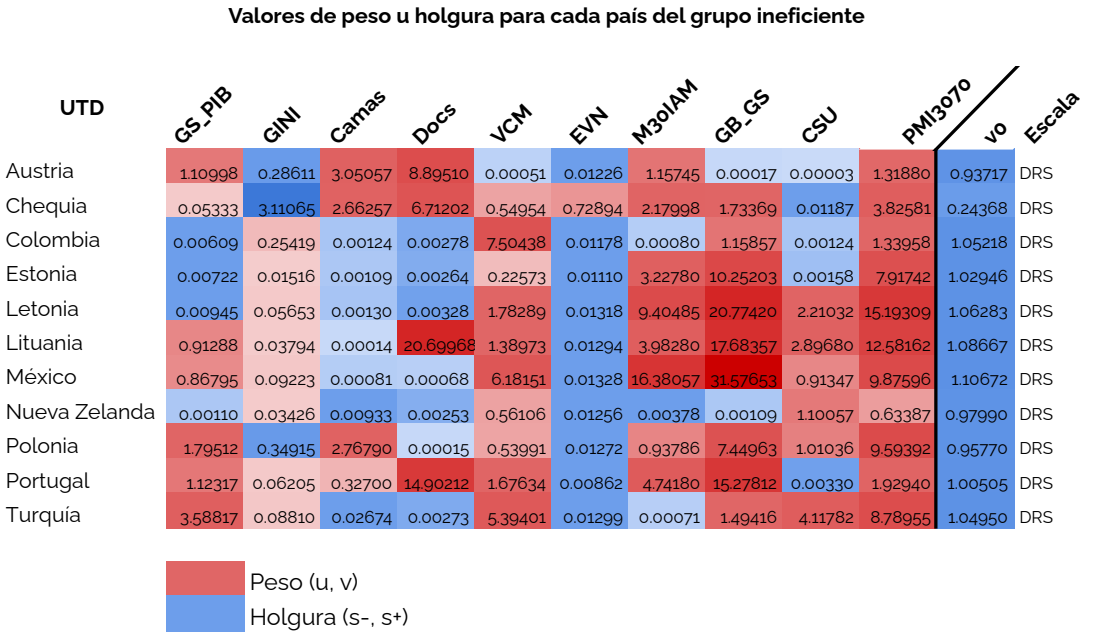

Figura 5.3: Mapa de calor de los valores de peso u holgura obtenidos para cada caso. Cabe mencionar que no se puede obtener simultáneamente un valor $u, v \neq 0$ con $s \neq 0$. (Elaboración propia).

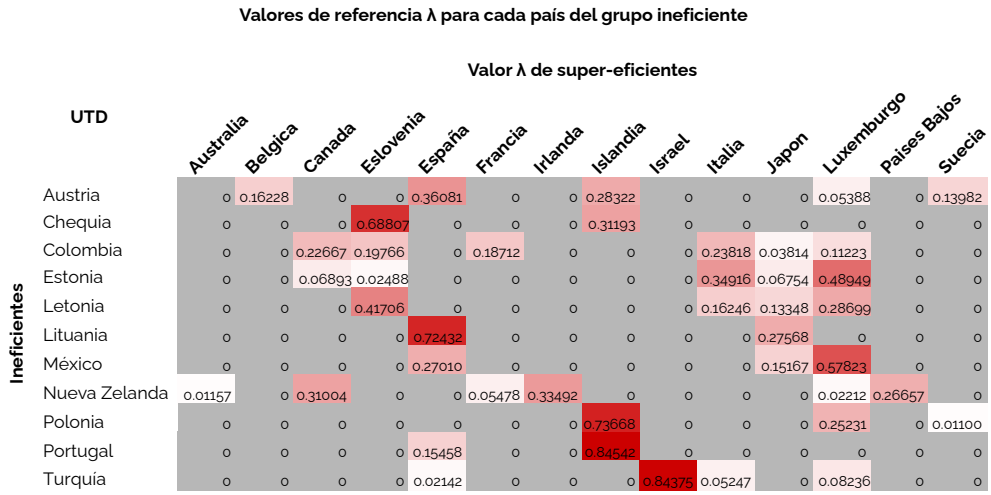

Figura 5.4: Mapa de calor de los valores de referencia λ de países ineficientes al resultar con eficiencia $\phi > 1$. (Elaboración propia).

eficiente, dando la pauta de un posible caso de éxito a tomar en cuenta en la ejecución de mejoras.

5.3. Acercamiento a resultados de Latinoamérica y México

En esta sección haremos un barrido más detenido en el caso de los países latinoamericanos dentro del alcance de este estudio: México y Colombia, los cuales se encuentran en los últimos lugares de eficiencia tanto en el presente estudio con DEA, como en el mencionado anteriormente hecho por (34); ahondaremos más en el caso de México al ser el eje de discusión.

La figura 5.5 muestra los países referencia para México y Colombia donde podemos notar que aunque ambos se tratan de países latinoamericanos, distan de tener las mismas referencias, pues solo coinciden débilmente en parecerse a Japón y Luxemburgo.

Al respecto de los sistemas ineficientes, (4) realizó un estudio en 2024 sobre el comportamiento de los sistemas de salud de México y Colombia antes y durante la pandemia por COVID-19 para con los refugiados e inmigrantes. Como hallazgos resultantes, podemos destacar:

- Ambos sistemas de salud tienen una estructura fragmentada y dependiente de la regularidad laboral de la persona.
- Ambos tienen barreras administrativas que afectan negativamente el acceso a la

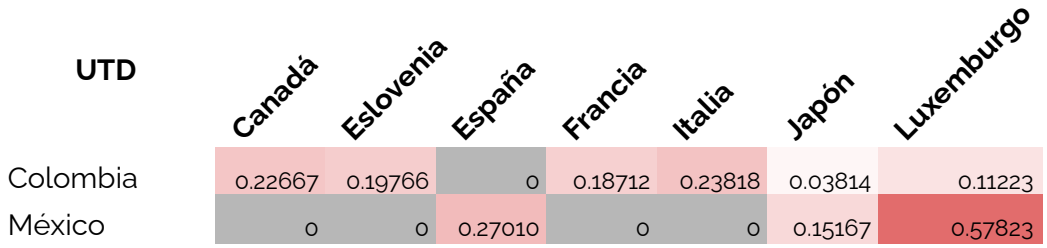

Figura 5.5: Mapa de calor de los valores de referencia λ de México y Colombia. Costa Rica no se incluye dado que es un país súper-eficiente, por lo que su referencia es él mismo. (Elaboración propia).

salud.

- En México, los migrantes tenían acceso a todos los servicios sin importar el estatus de su documentación migratoria. En cambio, en Colombia sí lo tenían.
- Ninguno de los dos países facilitó oficialmente la comunicación con los refugiados o inmigrantes hablantes de otro idioma, impactando negativamente su uso de los servicios de salud a su alcance.

Las diferencias sociales que hacen mención los puntos anteriores hacen coherencia con la diferencia en índices GINI (0.55 para Colombia, 0.4 para México), en demás variables distan, haciéndolos distintos en la ejecución de sus mejoras (ver figura 5.6).

Dada la diferencia entre estos 3 países, la figura 5.7 muestra el contraste de los indicadores originales de México respecto a sus referencias Luxemburgo, Japón y España, en dicho orden de importancia. Nótese que, si bien existe un gran parecido en el gasto en salud respecto a Luxemburgo, los demás valores se encuentran con una diferencia importante, evidenciando la ineficiencia de México y las áreas de oportunidad que presenta. Es por esto que no se deben confundir los pesos cero con importancias cero (ver figura 5.8 para identificar el contraste).

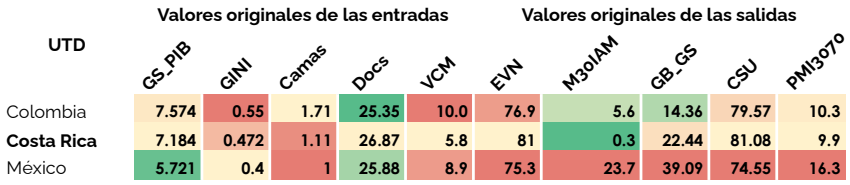

Figura 5.6: Datos originales de Latinoamérica en formato de mapas de calor columnares. La presencia o ausencia de diferencia en los colores en una misma columna, implica similitud o diferencia entre países respectivamente. Cabe recordar que Costa Rica (destacado en negritas) es un sistema súper-eficiente. (Elaboración propia).

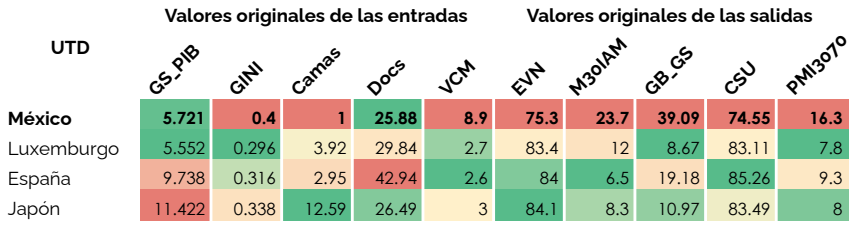

Figura 5.7: Datos originales de México en contraste con sus países de referencia en formato de mapas de calor columnares. La presencia o ausencia de diferencia en los colores en una misma columna implica similitud o diferencia entre países, respectivamente. (Elaboración propia).

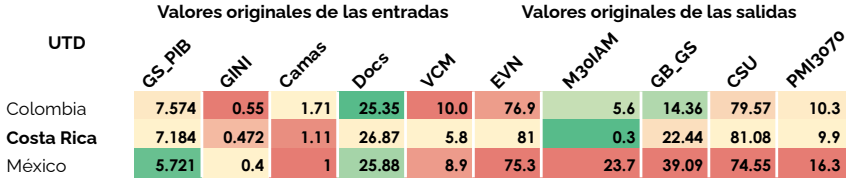

Figura 5.8: Valores asociados de peso u holgura a los valores de entrada de los países latinoamericanos. Nótese la presencia de ceros en el caso de Costa Rica al tener un sistema de salud súper-eficiente. (Elaboración propia).

Capítulo 6

Discusión y Conclusiones

El análisis envolvente de datos (DEA por sus iniciales en inglés) es, efectivamente, una herramienta muy versátil y robusta en función de la calidad de la información con la cual se alimenta. En este trabajo podemos destacar los siguientes hallazgos cualitativos y cuantitativos que pueden ser insumo para la toma de decisiones tanto operativas como políticas:

1. Determinar unidades super-eficientes e ineficientes (valores Φ),
2. identificar el o los referentes más similares para considerar como un caso de éxito cercano (valores λ) y
3. detallar cuantitativamente los aspectos clave de cuidado como fortaleza o punto débil (valores u, v).

Una oportunidad importante en la evaluación del desempeño de sistemas de salud con este método radica en la disponibilidad de datos sobre la calidad del servicio médico, como los tiempos de espera o el porcentaje de cirugía por fractura de cadera iniciada en menos de 48 horas (24). Este último indicador representa un gran valor al referir un siniestro médico de alto riesgo con ocurrencia creciente (44). Para el caso de análisis de México, es importante señalar que estos datos planteados como ejemplo son indicadores disponibles en la página de la OCDE en los que México no reporta información.

El análisis envolvente de datos presentó la flexibilidad necesaria para realizar un estudio de sistemas de salud y, como pudimos observar, presentó observaciones representativas al no haber existido una de ellas con peso cero para todas las unidades de toma de decisión. Sin embargo, como mencionamos en la discusión, indicadores más sofisticados podrían llevar a una mejor representatividad de este análisis.

En el caso de México, es discutible el impacto del gasto de bolsillo, así como la violencia de género dado que ambos presentaron peso cero y distan mucho del ideal al ser los dos rubros el peor escenario de la OCDE. Retos como estos y más han desafiado a lo largo de los años al sistema de salud mexicano, el cual tiene una estructura heterogénea (10) y no se ha dado abasto para resolver las necesidades en términos de salud de la población (36).

La figura 6.1 refleja el incremento de 2001 a 2018 de los médicos adyacentes a farmacia como respuesta a los largos periodos de espera de la oferta pública en salud, a pesar del incremento de este en personal, aunque no en instalaciones (7). Este comportamiento afecta en medida importante al gasto de bolsillo (36). Cabe mencionar que en 2016 se realizó un estudio en el que se determinó que los consultorios adyacentes a farmacias presentaban un sesgo en sobre-prescripciones de medicamentos (11).

Por tanto, en el caso de México, acciones contundentes han de ser tomadas para atender la fragmentación del sistema de salud que impacta a su vez la calidad en la atención médica recibida por los pacientes. Es importante robustecer el monitoreo de indicadores con el fin de reflejar los puntos de dolor y la evolución de los mismos a través de las acciones tomadas.

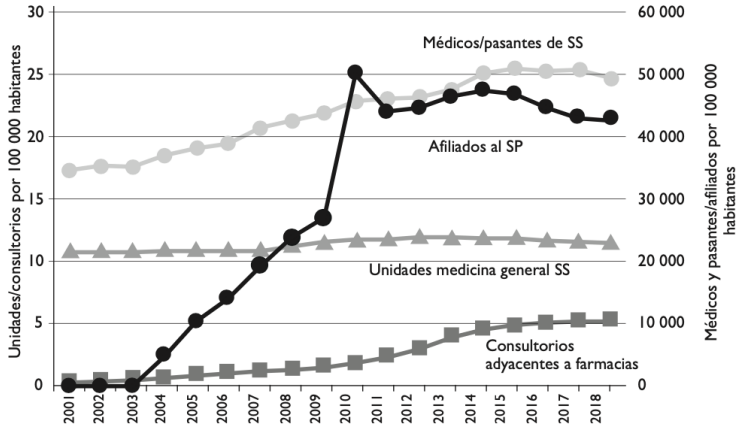

Figura 6.1: Gráfica donde se contrasta de 2001 a 2018 el aumento de consultorios adyacentes a farmacias a pesar del aumento de afiliados al Seguro Popular y de médicos y pasantes de servicio social; esto bajo el contexto de una casi estática cantidad de unidades de medicina general del seguro social (7).

Apéndice A

Apéndice

Tabla A.1: Conjunto de datos original con base en las fuentes de información.

UTD	GS_PIB	GINI	Camas	Docs	VCM	EVN	M30IAM	GB_GS	CSU	PMI3070
Alemania	12.605	0.303	7.66	45.34	3	80.7	8.6	10.74	87.96	11.6
Australia	9.927	0.319	3.84	40.86	2	83.2	3.3	15.28	86.78	8.3
Austria	11.157	0.285	6.71	55.15	2.8	81.6	5.8	15.99	84.53	9.9
Bélgica	10.759	0.25	5.42	65.25	3.3	82.5	4.3	20.05	85.59	9.2
Canadá	11.234	0.3	2.53	28.19	1.7	81.6	4.7	14.85	91.04	9.7
Chequia	8.799	0.249	6.49	43.52	2.9	80	6.2	14.29	84.24	14.2
Colombia	7.574	0.55	1.71	25.35	10	76.9	5.6	14.36	79.57	10.3
Costa Rica	7.184	0.472	1.11	26.87	5.8	81	0.3	22.44	81.08	9.9
Dinamarca	9.476	0.248	2.44	72.35	2	81.9	4.8	13.03	81.96	10.7
EEUUAA	16.496	0.396	2.75	36.81	4.2	76.4	5.5	11.1	85.73	13.7
Eslovenia	9.605	0.24356	4.13	33.67	2.6	82	5.1	12.43	84.35	11.6
España	9.738	0.316	2.95	42.94	2.6	84	6.5	19.18	85.26	9.3
Estonia	7.02	0.321	4.19	34.69	2.7	78.8	11.3	23.15	79.31	15.5
Finlandia	9.685	0.274	2.76	36.09	5.6	81.7	7.3	16.1	85.68	9.6
Francia	11.882	0.297	5.51	32.81	3.5	83.1	5.5	8.92	84.79	10.2
Irlanda	6.12	0.285	2.94	38.75	2.7	82.6	5.3	10.67	82.68	9.6
Islandia	9.08	0.261	2.84	43.73	1.8	82.6	2	13.67	88.92	8.5
Israel	7.324	0.344907337	2.99	37.97	4.4	82.8	5.2	20.25	85.5	7.6
Italia	8.952	0.319	3.09	41.91	2.2	83.8	5.3	22.74	83.84	9.1
Japón	11.422	0.338	12.59	26.49	3	84.1	8.3	10.97	83.49	8
Letonia	7.622	0.34	5.03	33.98	4.4	75.9	15.5	30.74	74.63	22.7
Lituania	7.239	0.36	5.68	61.04	4.1	77.3	10.1	31.83	75.32	19.8
Luxemburgo	5.552	0.296	3.92	29.84	2.7	83.4	12	8.67	83.11	7.8
México	5.721	0.4	1	25.88	8.9	75.3	23.7	39.09	74.55	16.3
Noruega	7.943	0.262	3.35	49.75	3.4	82.6	2.6	14.08	87.03	7.8
Nueva Zelanda	11.322	0.326	2.52	36.11	3.2	82	4.6	11.68	84.83	10.3
Países Bajos	10.101	0.288	2.45	38.76	3.5	82	2.9	10.02	85.21	9.9
Polonia	6.381	0.27015	6.13	40.31	2.6	78.6	5.2	18.84	82.01	17
Portugal	10.469	0.33155	3.47	58.51	3.6	82.4	7.4	29.65	87.91	10.5
Reino Unido	11.052	0.365	2.45	33.01	3.6	80.9	6.9	13.29	87.8	11
Suecia	10.522	0.29	1.9	44.08	4.8	83.4	3.6	12.87	85.25	7.9
Turquía	3.703	0.427	3.09	22.36	9.5	77.3	5.4	19.48	75.59	15.4

Tabla A.2: Conjunto de datos ajustado con base en las fuentes de información.

UTD	GS_PIB	GINI	Camas	Docs	VCM	EVN	M30IAM	GB_GS	CSU	PMI3070
Alemania	3.4279375	0.303	4.66	10.86	2	80.7	-8.6	-10.74	87.96	-11.6
Australia	0.7499375	0.319	0.84	25.15	2.8	83.2	-3.3	-15.28	86.78	-8.3
Austria	1.9799375	0.285	3.71	35.25	3.3	81.6	-5.8	-15.99	84.53	-9.9
Bélgica	1.5819375	0.25	2.42	1.81	1.7	82.5	-4.3	-20.05	85.59	-9.2
Canadá	2.0569375	0.3	0.47	13.52	2.9	81.6	-4.7	-14.85	91.04	-9.7
Chequia	0.3780625	0.249	3.49	4.65	10	80	-6.2	-14.29	84.24	-14.2
Colombia	1.6030625	0.55	1.29	3.13	5.8	76.9	-5.6	-14.36	79.57	-10.3
Costa Rica	1.9930625	0.472	1.89	42.35	2	81	-0.3	-22.44	81.08	-9.9
Dinamarca	0.2989375	0.248	0.56	6.81	4.2	81.9	-4.8	-13.03	81.96	-10.7
EEUUAA	7.3189375	0.396	0.25	3.67	2.6	76.4	-5.5	-11.1	85.73	-13.7
Eslovenia	0.4279375	0.24356	1.13	12.94	2.6	82	-5.1	-12.43	84.35	-11.6
España	0.5609375	0.316	0.05	4.69	2.7	84	-6.5	-19.18	85.26	-9.3
Estonia	2.1570625	0.321	1.19	6.09	5.6	78.8	-11.3	-23.15	79.31	-15.5
Finlandia	0.5079375	0.274	0.24	2.81	3.5	81.7	-7.3	-16.1	85.68	-9.6
Francia	2.7049375	0.297	2.51	8.75	2.7	83.1	-5.5	-8.92	84.79	-10.2
Irlanda	3.0570625	0.285	0.06	13.73	1.8	82.6	-5.3	-10.67	82.68	-9.6
Islandia	0.0970625	0.261	0.16	7.97	4.4	82.6	-2	-13.67	88.92	-8.5
Israel	1.8530625	0.344907337	0.01	11.91	2.2	82.8	-5.2	-20.25	85.5	-7.6
Italia	0.2250625	0.319	0.09	3.51	3	83.8	-5.3	-22.74	83.84	-9.1
Japón	2.2449375	0.338	9.59	3.98	4.4	84.1	-8.3	-10.97	83.49	-8
Letonia	1.5550625	0.34	2.03	31.04	4.1	75.9	-15.5	-30.74	74.63	-22.7
Lituania	1.9380625	0.36	2.68	0.16	2.7	77.3	-10.1	-31.83	75.32	-19.8
Luxemburgo	3.6250625	0.296	0.92	4.12	8.9	83.4	-12	-8.67	83.11	-7.8
México	3.4560625	0.4	2	19.75	3.4	75.3	-23.7	-39.09	74.55	-16.3
Noruega	1.2340625	0.262	0.35	6.11	3.2	82.6	-2.6	-14.08	87.03	-7.8
Nueva Zelanda	2.1449375	0.326	0.48	8.76	3.5	82	-4.6	-11.68	84.83	-10.3
Países Bajos	0.9239375	0.288	0.55	10.31	2.6	82	-2.9	-10.02	85.21	-9.9
Polonia	2.7960625	0.27015	3.13	28.51	3.6	78.6	-5.2	-18.84	82.01	-17
Portugal	1.2919375	0.33155	0.47	3.01	3.6	82.4	-7.4	-29.65	87.91	-10.5
Reino Unido	1.8749375	0.365	0.55	14.08	4.8	80.9	-6.9	-13.29	87.8	-11
Suecia	1.3449375	0.29	1.1	7.64	9.5	83.4	-3.6	-12.87	85.25	-7.9
Turquía	5.4740625	0.427	0.09			77.3	-5.4	-19.48	75.59	-15.4

Bibliografía

[1] A. S. M. Bager, H. A. Daham, and K. Al-Daffaie. Data envelopment analysis based robust regression for assessing healthcare systems of eastern mediterranean. *International journal of health sciences*, 6(S3):5588–5596, 2022. URL https://doi.org/10.53730/ijhs.v6ns3.7178. 4

[2] D. N. Bernstein, R. P. Calfee, W. C. Hammert, T. D. Rozental, M. L. Witkowski, and M. E. Porter. Value-based health care in hand surgery: Where are we and where do we go from here? *Journal of Hand Surgery*, 47:999–1004, 10 2022. ISSN 15316564. doi: 10.1016/j.jhsa.2022.06.019. 21

[3] D. N. Bernstein, P. Jayakumar, and K. J. Bozic. Value-based healthcare: Cost containment does not equal value creation. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 482:239–240, 2 2024. ISSN 15281132. doi: 10.1097/CORR.0000000000002963. 21

[4] I. Bojorquez, A. Cubillos-Novella, J. Arroyo-Laguna, L. A. Martinez-Juarez, A. C. Sedas, O. Franco-Suarez, Z. Suárez-Morales, E. Adame-Avilés, M. Barragán-León, A. Suarez, M. Orcutt, and P. Spiegel. The response of health systems to the needs of migrants and refugees in the COVID-19 pandemic: a comparative case study between Mexico, Colombia and Peru. *The Lancet Regional Health - Americas*, 40:100763, 12 2024. ISSN 2667193X. doi: 10.1016/j.lana.2024.100763. 39

[5] M. Bonilla, T. Casasús, A. Medal, and R. Sala. Un análisis de la eficiencia de los puertos españoles. *Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA*, 1998. 7

[6] J. T. Brophy, M. M. Keith, and M. Hurley. Assaulted and unheard: Violence against healthcare staff. *NEW SOLUTIONS: A Journal of Environmental and Occupational Health Policy*, 27:581–606, 2 2018. ISSN 15413772. doi: 10.1177/1048291117732301. URL https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28899214/. 31

[7] M. A. Colchero, R. Gómez, J. L. Figueroa, A. Rodríguez-Atristain, and S. Bautista-Arredondo. Aumento en la oferta de consultorios adyacentes a farmacias y atención en servicios públicos en México entre 2012 y 2018. *Salud Publica de Mexico*, 62: 851–858, 2020. ISSN 16067916. doi: 10.21149/11547. 44

[8] S. M. Coutinho, C. V. V. Prasad, and R. Prabhudesai. Evaluating health system efficiency using data envelopment analysis: A case of indian healthcare system. *Gurukul Business Review (GBR)*, 2021. URL https://doi.org/10.48205/GBR.V17.3.

[9] H. Dilaver and K. F. Dilaver. Data envelopment analysis and models in healthcare services: A review. *Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences*, 7(2):41–55, 2024. URL https://doi.org/10.55930/jonas.1472596.

[10] Dirección General de los Servicios de Salud del Instituto Mexicano del Seguro Social para el Bienestar (IMSS-BIENESTAR). PROGRAMA Institucional de Servicios de Salud del Instituto Mexicano del Seguro Social para el Bienestar (IMSS-BIENESTAR) 2023-2024. *Diario Oficial de la Federación*, 1 2024. URL https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5714544&fecha=17/01/2024#gsc.tab=0.

[11] S. P. Díaz-Portillo, H. Reyes-Morales, S. M. Cuadra-Hernández, Álvaro J. Idrovo, G. Nigenda, and A. Dreser. Condiciones de trabajo en consultorios adyacentes a farmacias privadas en ciudad de méxico: perspectiva del personal médico. *Gaceta Sanitaria*, 31:459–465, 11 2017. ISSN 15781283. doi: 10.1016/j.gaceta.2016.10.016.

[12] M. Fernández-Salido, T. Alhambra-Borrás, G. Casanova, and J. Garcés-Ferrer. Value-based healthcare delivery: A scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 21, 2 2024. ISSN 16604601. doi: 10.3390/ijerph21020134.

[13] C. García-Moreno, K. Hegarty, A. F. L. D'Oliveira, J. Koziol-Mclain, M. Colombini, and G. Feder. The health-systems response to violence against women, 4 2015. ISSN 1474547X. URL https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(14)61837-7/fulltext.

[14] S. Ghasemi, A. Aghsami, and M. Rabbani. Data envelopment analysis for estimate efficiency and ranking operating rooms: a case study. *International journal of research in industrial engineering*, 10(1):67–86, 2021. URL https://doi.org/10.22105/RIEJ.2021.247705.1143.

[15] I. V. González-Badillo and Z. E. Alarcón-Bernal. Performance evaluation of oecd members' healthcare systems using data envelopment analysis. In *International Conference on Computer Science and Health Engineering*, pages 211–224. Springer, 2023. URL https://doi.org/10.1007/978-3-031-67440-2_17.

[16] F. Hosseinzadeh Lotfi, A. Ebrahimnejad, M. Vaez-Ghasemi, and Z. Moghaddas. *Data Envelopment Analysis with R*, volume 386 of *Studies in Fuzziness and Soft Computing*. Springer International Publishing, Cham, 2020. ISBN 978-3-030-24276-3. doi: 10.1007/978-3-030-24277-0. URL http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-24277-0.

[17] S. C. M. Hui and M. C. W. Wan. Study of hotel energy performance using data envelopment analysis. 8 2013. URL https://www.researchgate.net/publication/281901553.

[18] T. Koltai, R. V. Dénes, and Z. Dénes. Analysis of the effect of patients' health status on efficiency: Application of data envelopment analysis in healthcare. *Health Services Management Research*, 36(1):2–9, 2023. URL https://doi.org/10.1177/09514848211065464.

[19] K. Kondo, editor. *Social Determinants of Health in Non-communicable Diseases*. Springer Singapore, 1 edition, 2020. ISBN 978-981-15-1830-0. doi: 10.1007/978-981-15-1831-7.

[20] M. Kruse, J. Sørensen, H. Brønnum-Hansen, and K. Helweg-Larsen. The health care costs of violence against women. *Journal of Interpersonal Violence*, 26:3494–3508, 11 2011. ISSN 08862605. doi: 10.1177/0886260511403754.

[21] T. I. Leung and G. G. van Merode. *Value-based health care supported by data science*, pages 193–212. Springer International Publishing, 12 2018. ISBN 9783319997131. doi: 10.1007/978-3-319-99713-1_14.

[22] A. F. P. Lucas, S. G. Diniz, and L. B. Schraiber. Violence against women in health-care institutions: an emerging problem, 2002. URL https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(02)08592-6/fulltext.

[23] R. Mbau, A. Musiega, L. Nyawira, B. Tsofa, A. Mulwa, S. Molyneux, I. Maina, J. Jemutai, C. Normand, K. Hanson, and E. Barasa. Analysing the efficiency of health systems: A systematic review of the literature. *Applied Health Economics and Health Policy*, 21:205–224, 3 2023. ISSN 11791896. doi: 10.1007/s40258-022-00785-2.

[24] J. Norum, T. M. Hansen, A. Hovland, L. Balteskard, B. Haug, F. Olsen, and T. Trovik. Calculating the 30-day survival rate in acute myocardial infarction: Should we use the treatment chain or the hospital catchment model? *Heart International*, 12:e24–e30, 1 2017. ISSN 20362579. doi: 10.5301/HEARTINT.5000238. URL /pmc/articles/PMC6159709//pmc/articles/PMC6159709/?report=abstracthttps://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6159709/.

[25] Organisation for Economic Co-operation and Development. Acute care, 2022. URL https://data-explorer.oecd.org/vis?lc=en&tm=mortality%20acute&pg=0&snb=7&vw=tb&df[ds]=dsDisseminateFinalDMZ&df[id]=DSD_HCQO%40DF_AC&df[ag]=OECD.ELS.HD&df[vs]=1.0&dq=USA%2BGBR%2BTUR%2BCHE%2BSWE%2BESP%2BSVN%2BPRT%2BPOL%2BNOR%2BNZL%2BNLD%2BLUX%2BLTU%2BLVA%2BJPN%2BITA%2BISR%2BIRL%2BHUN%2BISL%2BDEU%2BFRA%2BEST%2BFIN%2BDNK%2BCRI%2BCZE%2BCOL%2BCAN%2BBEL%2BAUT%2BAUS%2BMEX.A.MORTAMII..._T.OBS&pd=2015%2C&to[TIME_PERIOD]=false. Consultado en febrero 21, 2025.

[26] Organisation for Economic Co-operation and Development. Income distribution database, 2022. URL https://data-explorer.oecd.org/vis?tm=DF_IDD&pg=0&snb=1&vw=tb&df[ds]=dsDisseminateFinalDMZ&df[id]=DSD_WISE_IDD%40DF_IDD&df[ag]=OECD.WISE.INE&df[vs]=&pd=2018%2C2023&dq=USA%2BGBR%2BTUR%2BCHE%2BSWE%2BESP%2BSVN%2BPRT%2BPOL%2BNOR%2BNZL%2BNLD%2BMEX%2BLUX%2BLTU%2BLVA%2BJPN%2BKOR%2BITA%2BISR%2BIRL%2BHUN%2BEST%2BCZE%2BDNK%2BFRA%2BFIN%2BDEU%2BCRI%2BBEL%2BCAN%2BAUT%2BAUS.A.INC_DISP_GINI..._T.METH2012.D_CUR.&to[TIME_PERIOD]=false. Consultado en febrero 21, 2025.

[27] Organisation for Economic Co-operation and Development. Hospital beds by sector, 2023. URL https://data-explorer.oecd.org/vis?lc=en&tm=hospital%20bed&pg=0&snb=10&vw=tb&df[ds]=dsDisseminateFinalDMZ&df[id]=DSD_HEALTH_REAC_HOSP%40DF_BEDS_SECT&df[ag]=OECD.ELS.HD&df[vs]=1.0&dq=USA%2BGBR%2BTUR%2BSWE%2BCHE%2BESP%2BSVN%2BPRT%2BPOL%2BNOR%2BNZL%2BNLD%2BMEX%2BLUX%2BLTU%2BLVA%2BJPN%2BITA%2BISR%2BIRL%2BISL%2BHUN%2BDEU%2BFRA%2BFIN%2BEST%2BDNK%2BCZE%2BCRI%2BCOL%2BCAN%2BBEL%2BAUT%2BAUS..10P3HB..._T....&pd=2015%2C&to[TIME_PERIOD]=false. Consultado en febrero 21, 2025.

[28] Organisation for Economic Co-operation and Development. Health expenditure and financing, 2023. URL https://data-explorer.oecd.org/vis?lc=en&tm=health%

20expenditure&pg=0&snb=107&vw=tb&df[ds]=dsDisseminateFinalDMZ&df[id]=DSD_SHA%40DF_SHA&df[ag]=OECD.ELS.HD&df[vs]=1.0&dq=USA%2BGBR%2BTUR%2BCHE%2BSWE%2BESP%2BSVN%2BPRT%2BPOL%2BNOR%2BNLD%2BNZL%2BMEX%2BLUX%2BLTU%2BLVA%2BJPN%2BITA%2BISR%2BIRL%2BISL%2BHUN%2BDEU%2BFRA%2BFIN%2BEST%2BDNK%2BCZE%2BCRI%2BCOL%2BCAN%2BBEL%2BAUT%2BAUS.A.EXP_HEALTH.PT_B1GQ._T.._T.._T...&pd=2015%2C&to[TIME_PERIOD]=false. Consultado en febrero 21, 2025.

[29] Organisation for Economic Co-operation and Development. Life expectancy, 2023. URL https://data-explorer.oecd.org/vis?lc=en&df[ds]=dsDisseminateFinalDMZ&df[id]=DSD_HEALTH_STAT%40DF_LE&df[ag]=OECD.ELS.HD&dq=USA%2BGBR%2BTUR%2BCHE%2BSWE%2BESP%2BSVN%2BPRT%2BPOL%2BNOR%2BNZL%2BNLD%2BMEX%2BLUX%2BLVA%2BLTU%2BJPN%2BITA%2BISR%2BIRL%2BISL%2BHUN%2BDEU%2BFRA%2BFIN%2BEST%2BDNK%2BCZE%2BCRI%2BCOL%2BCAN%2BBEL%2BAUT%2BAUS.A.LFEXP.._Y0._T.......&pd=2015%2C&to[TIME_PERIOD]=false&vw=tb. Consultado en febrero 21, 2025.

[30] Organisation for Economic Co-operation and Development. Gender, institutions and development database (gid-db) 2023, 2023. URL https://data-explorer.oecd.org/vis?lc=en&pg=0&snb=1&vw=tb&df[ds]=dsDisseminateFinalDMZ&df[id]=DSD_GID%40DF_GID_2023&df[ag]=OECD.DEV.NPG&df[vs]=&pd=%2C&dq=CRI%2BNOR%2BLUX%2BISR%2BGBR%2BUSA%2BTUR%2BCHE%2BSWE%2BESP%2BSVN%2BPRT%2BPOL%2BNZL%2BNLD%2BMEX%2BLTU%2BLVA%2BJPN%2BITA%2BIRL%2BISL%2BHUN%2BDEU%2BFRA%2BFIN%2BEST%2BDNK%2BCZE%2BCOL%2BCAN%2BBEL%2BAUT%2BAUS.....&to[TIME_PERIOD]=false. Consultado en marzo 20, 2025.

[31] Organización Mundial de la Salud, Observatorio Europeo de Sistemas y Políticas de Salud, I. Papanicolas, D. Rajan, M. Karanikolos, A. Soucat, and J. Figueras. *Evaluación del desempeño de los sistemas de salud: a framework for policy analysis*. Serie de políticas de salud;57. OPS, 2022.

[32] A. T. Pale, C. A. Evangelista, and K. I. J. Ibarra. Determinantes sociales de la salud asociados a discapacidad: revisión sistemática. *Revista Ciencia y Salud Integrando Conocimientos*, 8:89–101, 3 2024. doi: 10.34192/cienciaysalud.v8i1.724.

[33] A. Panwar, M. Olfati, M. Pant, and V. Snasel. A review on the 40 years of existence of data envelopment analysis models: Historic development and current trends. *Archives of Computational Methods in Engineering 2022 29:7*, 29:5397–5426, 6 2022. ISSN 1886-1784. doi: 10.1007/S11831-022-09770-3. URL https://link.springer.com/article/10.1007/s11831-022-09770-3.

[34] F. Sevim and E. U. Aldogan. Evaluation of Health Systems Performance of OECD Countries Using MOORA Method. *Journal of Health Management*, 26:172–183, 2 2024. ISSN 0972-0634. doi: 10.1177/09720634231215131.

[35] I. N. Sutarsa, L. Campbell, I. M. D. Ariawan, R. Kasim, R. Marten, D. Rajan, and S. H. Dykgraaf. Multisectoral interventions and health system performance: a systematic review, 7 2024. ISSN 15640604.

[36] K. Unger-Saldaña, M. Lajous, and M. R. Reich. Improving health system performance in Mexico. *The Lancet*, 8 2023. ISSN 01406736. doi: 10.1016/S0140-6736(23)01454-X. URL https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S014067362301454X.

[37] N. R. Vajjhala and P. Eappen. Data envelopment analysis in healthcare management: overview of the latest trends. *Data Envelopment Analysis (DEA) Methods for Maximizing Efficiency*, pages 245–260, 2024. URL https://doi.org/10.4018/979-8-3693-0255-2.ch011.

[38] G. Vanegas. La salud en la seguridad social. La reforma de salud en los Estados Unidos: lo bueno, lo malo y lo que podemos aprender . *Acta Médica Colombiana*, 2010. ISSN 0120-2448. URL https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=163119997007.

[39] M. A. Weresa, C. Ciecierski, and L. Filus. *Economics and Mathematical Modeling in Health-Related Research*. Brill, 2022. ISBN 9789004517295,9789004512122,9789004517295. doi: 10.1163/9789004517295. URL https://catalog.loc.gov.

[40] World Health Organization. Out-of-pocket expenditure as percentage of current health expenditure (che) (%). https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/out-of-pocket-expenditure-as-percentage-of-current-health-expenditure-(che)-(-), . Consultado en febrero 21, 2025.

[41] World Health Organization. Probability of dying between age 30 and exact age 70 from any of cardiovascular disease, cancer, diabetes, or chronic respiratory disease. https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/probability-of-dying-between-exact-ages-30-and-70-from-any-of-cardiovascular-disease-cancer-diabetes-or-chronic-respiratory-(-), . Consultado en febrero 21, 2025.

[42] World Health Organization. UHC Service Coverage Index (SDG 3.8.1), . URL https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/uhc-index-of-service-coverage. Consultado en febrero 21, 2025.

[43] World Health Organization. Medical doctors (per 10 000 population), 2023. URL https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/medical-doctors-(per-10-000-population). Consultado en febrero 21, 2025.

[44] B. Y. Xu, S. Yan, L. L. Low, F. F. Vasanwala, and S. G. Low. Predictors of poor functional outcomes and mortality in patients with hip fracture: a systematic review. *BMC musculoskeletal disorders*, 20, 11 2019. ISSN 1471-2474. doi: 10.1186/S12891-019-2950-0. URL https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31775693/.

[45] J. Zhu. *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking*, volume 213 of *International Series in Operations Research & Management Science*. Springer International Publishing, Cham, 2014. ISBN 978-3-319-06646-2. doi: 10.1007/978-3-319-06647-9. URL http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-06647-9.