

# **Producto 21 – Informe de evaluación socioeconómica**

---

Consultoría especializada para la estructuración legal, empresarial y financiera del proyecto de ciencia, tecnología e innovación “Centro de Desarrollo Tecnológico para la Producción e Investigación de biológicos en Bogotá”

Junio, 2023

## Tabla de contenido

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>10</b>
<b>4.1</b>	<b>La evaluación socioeconómica en el sector farmacéutico.....</b>	<b>12</b>
4.1.1	Análisis costo eficiencia de las vacunas para Neumococo en Estados Unidos .....	13
4.1.2	Análisis costo eficiencia de la vacuna PCV10 en Brasil .....	13
4.1.3	Análisis costo eficiencia de la vacuna contra el VPH .....	13
4.1.4	Análisis costo eficiencia de la vacuna contra el Haemophilus Influenzae tipo B en Colombia.....	14
4.1.5	Análisis costo eficiencia de la vacuna contra el COVID-19 en Colombia .....	14
4.1.6	Análisis costo eficiencia de las estrategias de vacunación contra el COVID-19 en Colombia.....	14
<b>4.2</b>	<b>La evaluación socioeconómica del Proyecto .....</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DEL PROYECTO.....</b>	<b>18</b>
<b>5.1</b>	<b>Escenario de evaluación.....</b>	<b>18</b>
<b>5.2</b>	<b>Beneficio por la generación de empleo.....</b>	<b>21</b>
<b>5.3</b>	<b>Beneficio por encadenamientos productivos .....</b>	<b>23</b>
<b>5.4</b>	<b>Beneficio por aumento en el recaudo de impuestos .....</b>	<b>26</b>
<b>5.5</b>	<b>Beneficio por capacidad científica y preparación ante eventos de emergencia sanitaria.....</b>	<b>26</b>
<b>5.6</b>	<b>Beneficio por capacidad de investigación e inversión en I+D+i .....</b>	<b>34</b>
<b>5.7</b>	<b>Beneficio por la investigación relacionada con enfermedades desatendidas.....</b>	<b>35</b>
<b>5.8</b>	<b>Resultados del análisis costo beneficio.....</b>	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>38</b>

## Listado de tablas

<i>Tabla 1. Glosario de siglas y abreviaciones .....</i>	<i>4</i>
<i>Tabla 2. Indicadores para realizar el análisis costo beneficio del Proyecto .....</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 3. Escenario de evaluación del análisis costo beneficio .....</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 4. Duración de las fases de producción estimado por Sinovac para cada vacuna .....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 5. Costos variables de las vacunas estimados por Sinovac para cada fase.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 6. Costos fijos del Proyecto estimados por Sinovac .....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 7. Cronograma de ejecución del CapEx propuesto por Sinovac .....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 8. Ejemplo de Matriz Insumo Producto.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 9. Resultados de la regresión logarítmica de la vacunación frente a los casos de COVID-19 en Colombia.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 10. Resultados de la regresión logarítmica de la vacunación frente a las muertes por COVID-19 en Colombia.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 11. Flujos económicos del análisis costo beneficio del Proyecto.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 12. Indicadores de viabilidad socioeconómica del Proyecto .....</i>	<i>36</i>

## Listado de figuras

<i>Figura 1. Demanda de las vacunas del portafolio de Sinovac.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 2. Velocidad de vacunación contra el COVID-19 de países de la región con capacidad de producción local de vacunas.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 3. Velocidad de vacunación contra el COVID-19 de Colombia frente al promedio de Argentina, Brasil y Cuba .....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 4. Vacunas aplicadas contra casos de COVID-19 reportados en Colombia .....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 5. Vacunas aplicadas contra muertes por COVID-19 reportados en Colombia .....</i>	<i>32</i>

## 1 INTRODUCCIÓN

La Unión Temporal Profit - Durán & Osorio Abogados Asociados (en adelante, “UT Profit - D&O” o el “Consultor”) se permite presentar a la Agencia de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (en adelante, “ATENEA” o el “Cliente”), el informe de evaluación socioeconómica del Proyecto correspondiente al Producto 21 del contrato ATENEA-130-2022 suscrito entre el ATENEA y UT Profit-D&O el 7 de julio de 2022, para la estructuración legal, empresarial y financiera del proyecto de ciencia, tecnología e innovación “Centro de Desarrollo Tecnológico para la Producción e Investigación de biológicos en Bogotá” (en adelante el “Proyecto”).

De conformidad con lo señalado en la Modificación No. 5 al contrato ATENEA-130-2022, el presente documento corresponde al análisis de la viabilidad socioeconómica del Proyecto de producción de vacunas en Bogotá. Este documento se compone de i) la identificación de los beneficios y externalidades positivas generadas por el Proyecto, ii) la cuantificación monetaria de los beneficios generados y iii) la comparación de los beneficios frente a los costos económicos de la ejecución del Proyecto para identificar su viabilidad socioeconómica.

Este documento se divide en 5 secciones, además de la presente introducción. En el segundo capítulo se presenta el resumen ejecutivo de la evaluación socioeconómica; en el tercer capítulo se describe la metodología empleada para realizar el estudio; en el cuarto capítulo se detalla el marco conceptual sobre el cual se realiza la evaluación socioeconómica; finalmente, en el quinto capítulo, se presentan los resultados del análisis costo beneficio del Proyecto.

El presente entregable es de uso exclusivo del Cliente para los propósitos señalados en el Contrato y su contenido se deriva del análisis realizado por el Consultor de la información disponible para el efecto a la fecha de su presentación. Por lo anterior, cualquier uso distinto al previsto en el Contrato que le dé el Cliente es de su entera responsabilidad y no resulta atribuible al Consultor.

Tabla 1. Glosario de siglas y abreviaciones

Proyecto	Centro de Desarrollo Tecnológico de Producción de Vacunas de Bogotá – Bogotá Bio S.A.S.
Consultor	Unión Temporal Profit - Durán & Osorio Abogados Asociados contratado por ATENEA
Equipo SDS y ATENEA	Integrado por funcionarios y equipo asesor del proyecto contratado por SDS y ATENEA.
Caso base	Estudio técnico-científico de diseño conceptual del Proyecto para un portafolio de vacunas para COVID-19, influenza y neumococo.
COP	Peso colombiano
USD	Dólar estadounidense
EPC	Ingeniería, equipamiento y construcción ( <i>Engineering, Procurement, Construction</i> por sus siglas en inglés)
PAI	Programa Ampliado de Inmunización
F&F	Llenado y envasado ( <i>Fill and Finish</i> por sus siglas en inglés)
E2E	Producción completa ( <i>End to End</i> por sus siglas en inglés)
MSPS	Ministerio de Salud y Protección Social
OPS	Organización Panamericana de la Salud
OMS	Organización Mundial de la Salud
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística

DNP	Departamento Nacional de Planeación
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
OWID	Our World in Data
BRICS	Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica
IPC	Índice de Precios al Consumidor de Colombia
PCE	Índice de Precios al Consumidor de los Estados Unidos (Personal Consumption Expenditures Price Index, por sus siglas en inglés)
TRM	Tasa Representativa de Mercado
VPN	Valor Presente Neto
VPNE	Valor Presente Neto Económico
TIR	Tasa Interna de Retorno
TSD	Tasa Social de Descuento
BL	Encadenamiento hacia atrás ( <i>Backwards Linkage</i> por sus siglas en inglés)
FL	Encadenamiento hacia adelante ( <i>Forwards Linkage</i> por sus siglas en inglés)
VVE	Valor de una Vida Estadística

**Fuente: elaboración propia**

## **2 RESUMEN EJECUTIVO**

### **Metodología para evaluar la viabilidad socioeconómica del Proyecto**

La evaluación socioeconómica del Proyecto se realiza con base en la aplicación de la metodología de análisis costo beneficio. Esta metodología parte de la identificación de los beneficios para la sociedad que genera la producción local de vacunas a través del Proyecto. A partir de la identificación, se cuantifican los beneficios socioeconómicos por medio de variables que asignen un valor monetario al efecto positivo que estos brindan para la sociedad. Posteriormente, se contrastan los beneficios con el CapEx y el OpEx del Proyecto mediante la proyección del flujo económico del Proyecto para calcular los indicadores socioeconómicos relevantes (Valor Presente Neto Económico, Tasa Interna de Retorno Social y razón beneficio-costeo).

El Proyecto se considera viable socioeconómicamente si:

- i) El Valor Presente Neto Económico es mayor a 0, se considera que el costo beneficio de la ejecución del Proyecto es conveniente y genera valor para la sociedad.
- ii) La Tasa Interna de Retorno Social es mayor a la Tasa Social de Descuento, se infiere que la rentabilidad por beneficios que brinda el Proyecto es mayor a la rentabilidad social mínima.
- iii) La razón beneficio-costeo es mayor a 1, se concluye que los beneficios del Proyecto son mayores a sus costos.

Los supuestos de que parte el escenario de evaluación, o escenario con Proyecto, se derivan de la información de la Oferta de Vinculación Definitiva de Sinovac, oferente adjudicatario del Proceso de Vinculación, así como de la información obtenida en las reuniones sostenidas durante la fase de diálogo y negociación, el 17, 18, 20, 25 y 26 de abril y el 3, 5, 8 y 10 de mayo de 2023.

Los beneficios identificados una vez se implemente el Proyecto son: i) la generación de empleo, ii) los encadenamientos productivos y iii) la generación de capacidad científica y preparación ante posibles eventos de emergencia sanitaria. Estos beneficios se derivan de la autosuficiencia o independencia sanitaria nacional que tiene como objetivo el Proyecto, beneficios que no tienen que ver con la vacunación regular de la población ya que esta no se verá afectada por la ejecución del Proyecto.

### **Resultado del análisis costo beneficio del Proyecto**

El Proyecto se considera viable socioeconómicamente. El flujo económico resultante de la cuantificación de los beneficios arroja un VPNE de COP1,51 billones y una TIR Social de 26,64% e.a. La razón entre los beneficios y los costos del Proyecto es de 1,74 veces.

Los beneficios considerados en el análisis son:

- Beneficio por la generación de empleo: El Proyecto genera puestos de empleo directo especializados en el sector farmacéutico. Cada puesto en este sector representa un valor agregado por productividad laboral de COP240,51 millones al año. El VPNE de este beneficio es de COP117.950,73 millones.
- Beneficio por encadenamientos productivos: El Proyecto genera un crecimiento de la economía colombiana por el encadenamiento productivo que irriga el aumento en la demanda del sector farmacéutico (la producción de vacunas del Proyecto) en la actividad económica del país. El encadenamiento hacia atrás del sector farmacéutico, un sector clave de la economía, es de 2,21 veces, es decir, por cada COP1 de ingresos por la demanda final de las vacunas producidas por el Proyecto se genera un crecimiento en la economía de COP2,21. El VPNE de este beneficio es de COP3,44 billones.
- Beneficio por aumento en el recaudo de impuestos: El Proyecto genera un mayor recaudo de impuestos por los impuestos directos asociados a su actividad económica. La producción local y venta de vacunas a través de una empresa nacional aumenta el recaudo del Impuesto de Industria y Comercio (de orden Distrital) y del impuesto de renta (de orden Nacional). El VPNE de este beneficio es de COP96.611,52 millones.

Adicionalmente, la evaluación de la capacidad de producción local de vacunas como parte de la autosuficiencia e independencia sanitaria habría representado durante la pandemia por el COVID-19: i) una reducción entre 2,45 y 2,54 millones de casos del total de 6,37 millones reportados por Colombia y ii) una reducción entre 30.269 y 46.970 muertes de las 141.794 reportadas por Colombia. Este último valor habría representado un beneficio económico estimado entre COP40,97 billones y COP63,57 billones, de acuerdo con el Valor de una Vida Estadística asociada al riesgo de muerte por causas relacionadas con el sistema respiratorio en Colombia.

El Proyecto genera beneficios adicionales relacionados con la inversión en investigación y desarrollo y el acceso a vacunas. La industria farmacéutica se destaca como una industria innovadora con alta inversión en I+D+i para el aumento de las capacidades tecnológicas; en Colombia, las empresas lideran la inversión en I+D+i con COP1,87 billones en el 2021, mayor a la de las universidades y del gobierno. Así mismo, la capacidad de producción local de vacunas se traduce en la inversión en I+D+i focalizada en enfermedades endémicas, no tratadas e ignoradas por las grandes farmacéuticas, como sería en Colombia la malaria y el dengue. Igualmente, la capacidad de producción de vacunas en países en vía de desarrollo ha sostenido gran parte de la demanda global y ha logrado mantener los precios bajos en las vacunas. Estos beneficios no se cuentan en el análisis costo beneficio por la ausencia de variables para su cuantificación, pero representan un mayor valor socioeconómico y aumentan la viabilidad e importancia estratégica del Proyecto.

### 3 METODOLOGÍA

La evaluación socioeconómica del Proyecto se realiza en dos etapas, así: i) desarrollo del marco conceptual y ii) análisis costo beneficio.

#### **Marco conceptual**

Se revisan los principales métodos reconocidos para el análisis socioeconómico: el análisis costo eficiencia y el análisis costo beneficio. Para cada uno de ellos se identifican sus puntos a favor y en contra.

Se define el análisis costo beneficio como el método a seguir con base en lo establecido para el desarrollo de análisis socioeconómicos en la normativa colombiana v.gr. la Metodología General Ajustada del Departamento Nacional de Planeación y las leyes relacionadas con el desarrollo de Proyectos de participación pública y privada. El análisis costo beneficio comporta un mejor ajuste para la evaluación socioeconómica del Proyecto frente al análisis costo eficiencia, método, este último, más utilizado para la evaluación de proyectos de vacunación y no de producción de vacunas.

Se presentan ejemplos de evaluaciones socioeconómicas en el sector farmacéutico a partir de una revisión de estudios relevantes. Estos incluyen el análisis costo eficiencia de la vacunación a nivel internacional y estudios específicos relacionados con la vacunación contra la *Haemophilus Influenzae* tipo B y contra el COVID-19 en Colombia.

Finalmente, se selecciona el marco conceptual para la evaluación socioeconómica del Proyecto sobre la base también de lo establecido por la CEPAL como lineamientos para lograr la autosuficiencia sanitaria en América Latina, objetivo principal del Proyecto. Así, se definen los beneficios que se han identificado fruto de la implementación del Proyecto.

#### **Análisis costo beneficio del Proyecto**

Se presenta el escenario de evaluación como aquel en el que se implementa el Proyecto para la producción local de vacunas de COVID-19, Hepatitis A y Varicela. Este se contrasta con el escenario de control, *business as usual*, en el cual no se ejecuta el Proyecto y se realiza la vacunación con la adquisición de vacunas a través del Fondo Rotatorio de la OPS como ha sido desde años atrás. Se presentan los supuestos para la evaluación del escenario de ejecución del Proyecto a partir de la Oferta de Vinculación Definitiva presentada por Sinovac, adjudicatario del Proceso de Vinculación.

Finalmente, se presentan los resultados del ejercicio aplicando las variables definidas para cuantificar los beneficios en el horizonte de tiempo según la producción de vacunas estimada para el Proyecto. Esto permite calcular el flujo económico en valores monetarios al contrastar los beneficios contra los costos de CapEx y OpEx. Los beneficios incluidos en el análisis son la generación de empleo y el crecimiento económico por encadenamientos productivos del sector farmacéutico. El beneficio de la autosuficiencia sanitaria por la preparación ante



eventos de emergencia sanitaria no se incluye en el análisis debido a la dificultad para modelar un caso de pandemia. Sin embargo, se evalúa qué habría sucedido en el caso de contar con la capacidad local de producción para aumentar la velocidad de vacunación de la población de Colombia en la pandemia de 2020.

A partir de esto se calculan los indicadores de Valor Presente Neto Económico, Tasa Interna de retorno Social y razón beneficio-costos. Estos indicadores se contrastan contra los de decisión definidos por la Metodología General Ajustada del Departamento Nacional de Planeación para concluir sobre la viabilidad socioeconómica del Proyecto.

## **4 MARCO CONCEPTUAL**

Los proyectos de inversión pública atienden necesidades sociales mediante la entrega de bienes y/o servicios<sup>1</sup>. Su ejecución genera efectos en el equilibrio del mercado vía la disposición de estos servicios o productos a los consumidores, que generan bienestar en la comunidad a partir de los beneficios indirectos fruto de sus externalidades, no cuantificables en un modelo financiero (donde solo se miden beneficios monetarios como los ingresos operacionales). El análisis socioeconómico busca evaluar el impacto social y económico que representa el desarrollo de un Proyecto en la comunidad.

Los dos métodos principales para ejecutar el análisis socioeconómico son el análisis costo eficiencia y el análisis costo beneficio.

### **Análisis costo eficiencia**

En el análisis costo eficiencia, en el contexto de las vacunas, se desarrollan indicadores como costo por caso de enfermedad evitada o costo por año de vida salvado. Estos indicadores permiten comparar la eficiencia de la vacunación para contrarrestar los efectos de determinadas enfermedades en la población de forma que se pueda concluir si su introducción es beneficiosa en términos de los costos adicionales para el sistema de salud. De esta forma, el análisis costo eficiencia presenta una alternativa que permite comparar la eficiencia de distintas vacunas o tecnologías, pero no genera indicadores para evaluar los beneficios de un Proyecto que se desarrolla en un horizonte de tiempo como lo es el Valor Presente Neto o la Tasa Interna de Retorno.

Los puntos a favor de este método son:

- Permite comparar varias alternativas simultáneamente para determinar cuál es más eficiente en términos de costo por unidad.
- Desarrollar indicadores que toman el costo total de la alternativa y se dividen por la unidad contra la cual se quiere evaluar su eficiencia.

Los puntos en contra de este método son:

- No permite evaluar el beneficio indirecto para la comunidad que genera la alternativa. Los indicadores se limitan a la evaluación del costo financiero.
- No permite evaluar la evolución del beneficio en el horizonte de tiempo del Proyecto. La ausencia de flujos de valor en cada periodo de tiempo impide obtener criterios de evaluación homogéneos como el Valor Presente Neto.

### **Análisis costo beneficio**

En el análisis costo beneficio se parte de una identificación de los beneficios que genera el Proyecto en la comunidad. Estos beneficios van más allá de los ingresos financieros pues evalúan el impacto que genera para la sociedad los efectos

---

<sup>1</sup> DNP. Manual conceptual de la Metodología General Ajustada. 2015.

sociales y económicos de su desarrollo, como lo son la generación de empleo y el impacto de la autosuficiencia sanitaria.

En este análisis los beneficios son cuantificados monetariamente en cada periodo de desarrollo del Proyecto, de forma que pueden ser comparados contra los costos que representa la alternativa en términos de CapEx y OpEx. Esto genera flujos económicos que permiten el cálculo de criterios de evaluación como el Valor Presente Neto y la Tasa Interna de Retorno.

Los puntos a favor de este método son:

- Permite cuantificar beneficios indirectos al monetizar los efectos que genera para la sociedad la ejecución del Proyecto.
- Permite concluir sobre la viabilidad socioeconómica del Proyecto al evaluar si éste genera un Valor Presente Neto para la sociedad.

Los puntos en contra de este método son:

- La cuantificación de los beneficios requiere de una medición concreta o de la aplicación de valores proxy acertados.

### **Método aplicado para la evaluación socioeconómica del Proyecto**

La Metodología General Ajustada del DNP para la decisión de inversión de recursos públicos en proyectos presenta el desarrollo del análisis socioeconómico a través de la metodología del análisis costo beneficio<sup>2</sup>.

El análisis costo beneficio también se ha incorporado en la evaluación socioeconómica de Proyectos de asociación entre el sector público y el privado, como lo son las Asociaciones Público Privadas que se derivan de la Ley 1508 de 2012. Como lo destaca el artículo 11 de esta ley: “*Evaluación **costo beneficio** del proyecto analizando su impacto social, económico y ambiental sobre la población directamente afectada, evaluando los beneficios socioeconómicos esperados*”.

Así, se establece que la metodología a emplear para el desarrollo del análisis socioeconómico es la del análisis costo beneficio.

El análisis costo beneficio permite evaluar el Proyecto desde la perspectiva del sector público. A través de ésta se identifican y valoran los beneficios y costos del Proyecto. Estos beneficios parten del impacto económico y social que se genera sobre la comunidad, sin tener en cuenta la distribución de ingresos financieros. De esta forma, el análisis costo beneficio permite capturar y monetizar los impactos que no logra capturar un análisis financiero.

La medición de estos beneficios genera flujos económicos en el horizonte de tiempo, particularmente por su medición a partir de los efectos de la producción local de vacunas cubierta por el Proyecto en búsqueda de la autosuficiencia sanitaria. Estos flujos permiten calcular el Valor Presente Neto de los flujos

---

<sup>2</sup> DNP. Manual conceptual de la Metodología General Ajustada. 2015.

económicos (VPNE, Valor Presente Neto Económico), la Tasa Interna de Retorno Social (TIR Social) y la razón beneficio-costos (B/C) para evaluar si el Proyecto genera o no un beneficio neto sobre la sociedad.

En el manual de la Metodología General Ajustada del DNP<sup>3</sup> se presentan los criterios para concluir sobre la viabilidad socioeconómica del Proyecto a partir de los indicadores del VPNE, TIR Social y razón beneficio-costos, así:

Tabla 2. Indicadores para realizar el análisis costo beneficio del Proyecto

Indicador	Criterio	Análisis
VPNE	Mayor a 0	El Valor Presente Neto Económico del costo beneficio del Proyecto es conveniente frente a la Tasa Social de Descuento
TIR Social	TIR Social mayor a la Tasa Social de Descuento	La Tasa Interna de Retorno Social es mayor a la tasa mínima de retorno social
B/C	Mayor a 1	Los beneficios económicos del Proyecto son mayores a sus costos

**Fuente: elaboración propia a partir de la Metodología General Ajustada del DNP**

Para Colombia, la Tasa Social de Descuento definida por el DNP es del 12% e.a.

#### 4.1 La evaluación socioeconómica en el sector farmacéutico

En el sector farmacéutico, la evaluación socioeconómica de los proyectos de vacunas se ha centrado en el análisis costo eficiencia de la vacunación en la población. Como se indica previamente, estos análisis buscan identificar la eficiencia de los procesos de vacunación a través de indicadores que reflejen el costo por cada caso de enfermedad evitado y los años de vida añadidos a la población resultantes de la vacunación.

Los estudios de Ray et al. del análisis costo eficiencia de las vacunas para Neumococo de tecnología conjugada en Estados Unidos<sup>4</sup>, el análisis costo eficiencia de las vacunas de PCV10 en Brasil<sup>5</sup> y la recopilación de los estudios de costo eficiencia de la vacunación contra el Virus del Papiloma Humano (VPH) de Marra et al.<sup>6</sup> son sólo algunos de los ejemplos de la aplicación de este método a nivel internacional.

En Colombia, se han desarrollado estudios de costo eficiencia de las vacunas contra la Haemophilus Influenzae tipo B en niños<sup>7</sup> y, en particular, el análisis costo

<sup>3</sup> DNP. Manual conceptual de la Metodología General Ajustada. 2015.

<sup>4</sup> Ray, T., Whitney, C., Fireman, B., Ciuryla, V. & Black, S. Cost-Effectiveness of Pneumococcal Conjugate Vaccine: Evidence From the First 5 Years of Use in the United States Incorporating Herd Effects. 2006.

<sup>5</sup> Kupek, E. & Viertel, I. Postintroduction Study of Cost-Effectiveness of Pneumococcal Vaccine PCV10 from Public Sector Payer's Perspective in the State of Santa Catarina, Brazil. 2018.

<sup>6</sup> Marra, F., Cloutier, K., Oteng, B., Marra, C. & Ogilvie, G. Effectiveness and Cost Effectiveness of Human Papillomavirus Vaccine: A Systematic Review. 2009.

<sup>7</sup> Alvis, N., De La Hoz Restrepo, F. & Vivas, D. Relación costo-efectividad de la vacuna contra Haemophilus influenzae tipo b en niños menores de dos años de edad en Colombia. 2006.

eficiencia de los procesos de vacunación contra el COVID-19 en los estudios de Castañeda et al.<sup>8</sup> y de Morales-Zamora et al.<sup>9</sup>.

#### **4.1.1 Análisis costo eficiencia de las vacunas para Neumococo en Estados Unidos**

Ray et al. realizaron un análisis costo eficiencia en el 2006 para evaluar la efectividad del uso de las vacunas de Neumococo de tecnología en los Estados Unidos. Este estudio *ex post* evaluó los efectos de la vacunación en niños entre los años 2000 y 2004 y su contraste frente a la población no vacunada, a partir de información de los Centros de Control y Prevención de Enfermedades.

Por medio de la cuantificación de los costos de la atención médica a casos de enfermedad por neumococo, los costos asociados a las muertes por la enfermedad y la eficacia de la vacuna para reducir su transmisión y severidad, el estudio identificó una costo eficiencia de USD7.500 por cada vida salvada. De esta forma, concluyen que la vacunación por PCV es eficiente frente al ahorro en costos que implica el no aplicarla.

#### **4.1.2 Análisis costo eficiencia de la vacuna PCV10 en Brasil**

Kupek y Viertel realizaron en el 2018 el análisis costo eficiencia de la inclusión de las vacunas de PCV10 en los programas de vacunación de Brasil. Este estudio *ex post* evaluó los cambios en la mortalidad y la hospitalización por neumonía entre los periodos del 2006 al 2009 (periodo previo a la inclusión de la vacuna) y del 2011 al 2014 (periodo posterior a la inclusión de la vacuna). El estudio partió de la información de muertes, admisiones clínicas y hospitalizaciones publicada por el Ministerio de Salud de Brasil, al igual que información de distribución demográfica, costos de tratamientos ambulatorios y expectativa de vida del país.

El estudio identificó que la vacuna de PCV10 evitó 27 muertes y 2.573 hospitalizaciones por la enfermedad. Así, se concluyó que la vacuna es muy costo eficiente con una eficiencia de USD27,75 por cada año de vida ajustado por discapacidad, un 81% del PIB per cápita de Brasil.

#### **4.1.3 Análisis costo eficiencia de la vacuna contra el VPH**

En el 2009, Marra et al. llevaron a cabo un estudio para concluir sobre la costo eficiencia de la vacunación contra el VPH en mujeres y en hombres. Este estudio se formuló como la recopilación y análisis de múltiples estudios científicos de la eficiencia de la vacuna del VPH en la reducción de casos del cáncer del cuello uterino y sus efectos en la mejora de la calidad de vida en el largo plazo.

---

<sup>8</sup> Castañeda, C., Alvis, N. & Díaz, D. Análisis de costo-efectividad de las vacunas contra el COVID-19 en Colombia. 2021.

<sup>9</sup> Morales-Zamora, G., Espinosa, O., Puertas, E., Fernández, J., Hernández, J., Zakzuk, V., Cepeda, M., Alvis-Guzmán, N., Castañeda-Orjuela, C. & Paternina-Caicedo, A. Cost-Effectiveness Analysis of Strategies of COVID-19 Vaccination in Colombia: Comparison of High-Risk Prioritization and No Prioritization Strategies With the Absence of a Vaccination Plan. 2022.

El estudio evaluó los modelos de Hughes et al. del 2002, Goldie et al. del 2002, Kulasingam et al del 2007, Bergeron et al. del 2008 y Chesson et al. del 2008, entre otros. Estos estudios recopilaban el análisis de efectividad de la vacunación del VPH en múltiples países como Estados Unidos, México y Brasil. De esta forma, concluyeron que la vacuna contra el VPH es más costo eficiente cuando se aplica a la población femenina que cuando se aplica a la población masculina.

#### **4.1.4 Análisis costo eficiencia de la vacuna contra el Haemophilus Influenzae tipo B en Colombia**

En el 2006, Alvis Guzmán, De la Hoz Restrepo y Vivas Consuelo realizaron el estudio de costo eficiencia de la vacunación contra la HiB en niños menores de dos años en Colombia. El estudio partió de la información de los casos de neumonía y meningitis, enfermedades causadas por el patógeno, de centros pediátricos del país como el Hospital Infantil Napoleón Franco Pareja de Cartagena, el Hospital Simón Bolívar de Bogotá y el Hospital San Vicente de Paúl de Medellín. Así mismo, tomaron información de los costos directos de la red hospitalaria por la atención médica a niños infectados y los costos indirectos la pérdida en productividad de los familiares a cargo del niño mientras se da el curso de reposición de su enfermedad.

A partir de la modelación de la vacunación contra el HiB para alcanzar una cobertura del 90%, el estudio concluyó que ésta es costo eficiente, con un indicador de USD2,38 por año de vida ajustado por discapacidad ganado, frente a USD3,81 por año de vida ajustado por discapacidad ganado en un escenario sin vacunación.

#### **4.1.5 Análisis costo eficiencia de la vacuna contra el COVID-19 en Colombia**

En el 2021, Castañeda, Alvis y Díaz realizaron un estudio de costo eficiencia de la vacunación contra el COVID-19 en Colombia, referenciado por el Instituto Nacional de Salud en su página web. Este estudio se basó en la información de casos, muertes, hospitalizaciones y costos de atención de la enfermedad en Colombia.

El estudio hace referencia a los indicadores clave de los análisis costo eficiencia de la vacunación como los años de vida ajustados por discapacidad ganados frente al costo por dosis de la vacuna. Sin embargo, el estudio se enfoca en la cuantificación de los costos de procedimientos médicos evitados por la vacunación contra el COVID-19. A partir del modelo epidemiológico desarrollado, el estudio calcula un costo diario en un escenario sin vacunación entre COP35.203 millones y COP38.565 millones y un costo diario en un escenario sin vacunación entre COP2.640 millones y COP16.928 millones, es decir, entre 3 y 13 veces menor de acuerdo con la velocidad de propagación del virus.

#### **4.1.6 Análisis costo eficiencia de las estrategias de vacunación contra el COVID-19 en Colombia**

En el 2022, Morales-Zamora et al. realizaron el estudio de costo eficiencia de las estrategias de vacunación nacional contra el COVID-19 con priorización a grupos de alto riesgo y sin priorización, frente a un escenario sin vacunación. Este estudio *ex ante* compara los modelos epidemiológicos de la enfermedad y sus efectos económicos por los costos directos de atención médica y los costos asociados a

los efectos en la salud, para los 3 escenarios descritos: i) sin vacunación, ii) con vacunación sin priorización y iii) con vacunación priorizada a los grupos de alto riesgo.

El estudio identificó que la vacunación priorizada a los grupos de alto riesgo, el tercer escenario, representa mayor costo eficiencia. Este escenario de vacunación reduce los casos sintomáticos en un 3,4% y las muertes en un 20,1% frente a un escenario de no vacunación. Esto se traduce a un indicador de costo eficiencia de USD3.339 por año de vida ajustado por discapacidad ganado, frente a un indicador de costo eficiencia de USD5.223 por año de vida ajustado por discapacidad ganado en el segundo escenario de vacunación. Ambos, eficientes frente a no vacunar a la población contra el COVID-19.

## **4.2 La evaluación socioeconómica del Proyecto**

Como se evidencia en los estudios referenciados y como se ha indicado previamente, la evaluación socioeconómica en el sector farmacéutico, y en particular la evaluación socioeconómica mediante el análisis costo eficiencia de los proyectos de vacunación, se centran en la evaluación de los efectos de la aplicación de la vacuna. Sin embargo, este no es el caso del Proyecto, ya que el efecto que éste genera no está relacionado directamente con la vacunación. La vacunación seguirá sin su implementación, a través de los medios por los cuales la Nación adquiere las vacunas para su población actualmente.

El objetivo último que se ha definido para el Proyecto es el logro de la autosuficiencia sanitaria a través de la puesta en funcionamiento del Centro de Desarrollo Tecnológico para la producción de vacunas. Esta iniciativa se deriva de los lineamientos para retomar la capacidad local de producción de vacunas en la región establecidos por la Comisión Económica para América Latina (CEPAL)<sup>10</sup>. En esta medida, para establecer los beneficios que surgen del Proyecto, se parte de las recomendaciones del estudio de la CEPAL.

Este estudio destaca, entre otros, la importancia del sector farmacéutico en la generación de valor. Esta actividad económica fomenta el crecimiento de los países a partir de su participación en el Producto Interno Bruto. Igualmente, establece posiciones de empleo que generan un valor agregado mayor al de industrias comparables y se destaca su elevada contribución al desarrollo tecnológico por medio de la inversión en I+D.

Igualmente, la ejecución del Proyecto y el desarrollo de su actividad económica trae consigo la contribución de los impuestos directos que se generan. Actualmente, el canal de adquisición de las vacunas es a través del Fondo Rotatorio de la OPS. Durante esta importación no se generan impuestos que, en cambio, bajo la ejecución del Proyecto implican un mayor recaudo tanto para el Distrito por medio del Impuesto de Industria y Comercio y para la Nación por medio del impuesto de renta.

---

<sup>10</sup> CEPAL. Lineamientos y propuestas para un plan de autosuficiencia sanitaria para América Latina y el Caribe. 2021.



Así, los beneficios para la comunidad generados por el Proyecto son:

- Empleo: efectos positivos de la generación de empleo directo especializado en el sector farmacéutico para la producción de vacunas.
- Encadenamientos productivos: efectos positivos en la economía del país por el aumento de la demanda de producción del sector farmacéutico.
- Impuestos: efectos positivos del mayor recaudo de impuestos a nivel nacional por la actividad económica de la ejecución del Proyecto.
- Beneficio por capacidad científica y preparación ante eventos de emergencia sanitaria: efectos positivos del acceso acelerado a vacunas en casos de emergencia sanitaria como la causada por el COVID-19.

Como se ha indicado, estos beneficios no están relacionados con la vacunación sino con la capacidad de producción local de vacunas. Estos pueden ser cuantificados para evaluar el VPNE generado por el Proyecto, al igual que identificar la relación beneficio-costos de cada unidad monetaria invertida para su desarrollo.

En esta medida, se pueden destacar algunos otros beneficios que surgen del Proyecto. Como se indica en el estudio de la CEPAL, la industria farmacéutica impulsa en gran medida el avance tecnológico por medio de la inversión en I+D. La producción localizada permite acceder a un constante desarrollo tecnológico y aumento en la capacidad científica para atender condiciones similares a las del COVID-19, por medio de plantas internas para producción de vacunas, o medicamentos para enfermedades similares que representen un detrimento a la salud de la población.

En línea con lo anterior, diversos estudios han destacado la importancia de la capacidad de producción de vacunas en países en vía de desarrollo. Hayman, Kumar y Downham<sup>11</sup> indican que el impulso de esta industria puede traducirse al desarrollo de vacunas para enfermedades propias de la región. Esto se debe a la ausencia de interés por parte del mercado y de las grandes farmacéuticas por invertir en investigación y desarrollo de vacunas para prevenir enfermedades endémicas poco rentables. Aquí se vuelve relevante el caso de Bio-Manguinhos en Brasil impulsando el desarrollo de vacunas para el dengue.

Así mismo, como lo indican Kaddar, Milstien y Schmitt<sup>12</sup>, la capacidad de producción de vacunas por parte de los países llamados BRICS (Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica), en el segmento de países en vía de desarrollo con ingresos clasificados por el Banco Mundial como medio altos, ha generado un impacto importante sobre los precios de las vacunas. En efecto, son las plantas de estos países las que han mantenido estable la producción y el bajo precio de vacunas como BCG, Hepatitis B, polio, rotavirus, DTP, entre otros.

---

<sup>11</sup> Hayman, B., Kumar, R., Downham, M. Sustainable vaccine manufacturing in low and middle income countries. 2022.

<sup>12</sup> Kaddar, M., Milstien, J. & Schmitt, S. Impact of BRICS' investment in vaccine development on the global vaccine market. 2014.



Estos beneficios adicionales mencionados serán discutidos como parte de la evaluación de los beneficios del Proyecto. Sin embargo, no se incluyen en el análisis costo beneficio debido a la ausencia de variables para su cuantificación.

## 5 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO DEL PROYECTO

### 5.1 Escenario de evaluación

Para el análisis costo beneficio se define el escenario de control como el escenario actual, frente al escenario en el que se ejecuta el Proyecto. Es decir, el análisis compara los beneficios generados por el Proyecto contra un estado *business as usual* en el cual no se construye el Centro de Desarrollo Tecnológico y no se logra la producción local de vacunas.

De esta forma, el escenario control o *business as usual* corresponde a un escenario donde se mantiene la compra de vacunas a través del Fondo Rotatorio de la OPS. A su turno, el escenario de evaluación implica la inversión del CapEx del Proyecto y el OpEx generado por los costos fijos y variables de la producción de las vacunas del portafolio. En este último, la compra de las vacunas se traslada del mecanismo del Fondo Rotatorio hacia el Proyecto con el mismo valor que se deriva de la estimación de demanda y la proyección de los precios por dosis. En este último escenario, el escenario de evaluación, se calculan los beneficios por la generación de empleo y por encadenamientos productivos.

De acuerdo con lo anterior, los flujos económicos evaluados en cada escenario y el resultante flujo económico para el análisis costo beneficio se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3. Escenario de evaluación del análisis costo beneficio

Escenario de control		Escenario de evaluación		Análisis costo beneficio	
Flujos de costos económicos	Flujo de beneficios económicos	Flujo de costos económicos	Flujo de beneficios económicos	Flujo de costos económicos	Flujo de beneficios económicos
Recursos de orden nacional para la compra de vacunas		Recursos de orden nacional para la compra de vacunas	Generación de empleo	CapEx del Proyecto	Generación de empleo
-	-	CapEx del Proyecto	Encadenamientos productivos	OpEx del Proyecto	Encadenamientos productivos
-	-	OpEx del Proyecto	-	-	-

**Fuente: elaboración propia**

Como se puede ver, en el análisis costo beneficio los flujos económicos considerados son el CapEx y OpEx del Proyecto y los beneficios por la generación de empleo y encadenamientos productivos. Como se ha indicado previamente, el resultado del Proyecto no es la vacunación de la población ni un aumento en esta, por lo que la diferencia entre ambos escenarios, *business as usual* y evaluación, no representa efectos sobre el flujo económico del costo por vacunación.

Finalmente, el beneficio por la preparación ante eventos de emergencia sanitaria se evidencia únicamente en casos de pandemia como la del COVID-19. Por esto, se dificulta su modelación a futuro como parte de los flujos económicos para el análisis costo beneficio. Sin embargo, en esta sección se estima qué efecto habría tenido la autosuficiencia sanitaria por la capacidad local de producción de vacunas sobre los resultados de la pandemia en casos de COVID-19 y muertes de la población colombiana.

Los supuestos para el análisis costo beneficio se derivan de la información de la Oferta de Vinculación Definitiva de Sinovac, oferente adjudicatario del Proceso de Vinculación, así como las reuniones sostenidas durante la fase de diálogo y negociación el 17, 18, 20, 25 y 26 de abril y el 3, 5, 8 y 10 de mayo de 2023.

De estos, se desprenden los siguientes supuestos: i) el portafolio de vacunas del Proyecto y las fases de producción de cada vacuna, ii) la demanda del portafolio de vacunas, iii) el precio de venta de las vacunas, iv) el OpEx del Proyecto y v) el CapEx del Proyecto.

### Portafolio de vacunas del Proyecto

El portafolio de vacunas ofertado por Sinovac corresponde a: i) la vacuna de COVID-19 de tecnología inactivada, ii) la vacuna de Hepatitis A de tecnología inactivada y iii) la vacuna de Varicela de tecnología viva atenuada.

A continuación, se presenta la duración de cada una de las fases de producción de las vacunas propuestas por Sinovac en su Oferta de Vinculación.

Tabla 4. Duración de las fases de producción estimado por Sinovac para cada vacuna

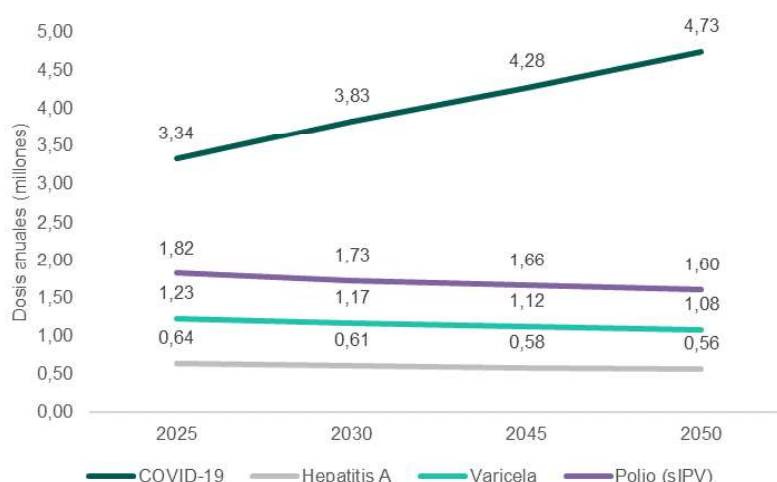
Duración fases de producción (años)	OVD			
	Fase 0	Fase 1	Fase 2	Fase 3
COVID-19	5,0	2,5	2,0	10,5 en adelante
Hepatitis A	5,0	2,0	2,5	10,5 en adelante
Varicela	6,5	-	3,0	10,5 en adelante

Fuente: elaboración propia a partir de información de las Ofertas de Vinculación de Sinovac y las reuniones sostenidas con esta compañía

### Demanda del portafolio de vacunas

Se estima una demanda de dosis de vacunas para el mercado colombiano a partir de 4 variables: i) el calendario vacunal, ii) la proyección de crecimiento demográfico del DANE, iii) la cobertura de los programas de vacunación nacional y iv) el porcentaje de pérdidas que se da en la distribución y logística del PAI que asume la Nación, mediante un aumento en la cantidad de dosis adquiridas por vacuna. Debido a que las vacunas para COVID-19 no cuentan con un calendario vacunal definido, se asume que su demanda en el largo plazo será igual a la demanda de vacunas de influenza para adultos.

**Figura 1. Demanda de las vacunas del portafolio de Sinovac**



**Fuente:** elaboración propia a partir de información del Programa Ampliado de Inmunizaciones y del Plan Nacional de Vacunación del MSPS y de la proyección demográfica del DANE

## Precio de venta de las vacunas

El precio de venta de las vacunas se estima a partir del precio de referencia reportado por el Fondo Rotatorio de la OPS para las vacunas del PAI y el precio promedio de distintos productores para las dosis de vacunas de COVID-19 reportado por Unicef para 2023.

- COVID-19: USD5,40 (2022=100)
- Hepatitis A: USD8,028 (2022=100)
- Varicela: USD18,48 (2022=100)

## OpEx del Proyecto

En la siguiente tabla se relacionan los costos variables asociados a los costos de producción por dosis de cada vacuna estimados por Sinovac. Estos costos corresponden al de las vacunas importadas en la fase 0, al *bulk* para F&F y para formulación en la fase 1 y 2 y al costo de la producción del API en la fase 3.

**Tabla 5. Costos variables de las vacunas estimados por Sinovac para cada fase**

Costos variables (USD/dosis)	Fase 0	Fase 1	Fase 2	Fase 3
COVID-19	\$ 4,50	\$ 4,12	\$ 5,03	-
Hepatitis A	\$ 5,00	\$ 5,15	\$ 4,91	\$ 4,91
Varicela	\$ 12,00	\$ 8,61	\$ 5,53	\$ 5,53

**Fuente:** elaboración propia a partir de información de las Ofertas de Vinculación de Sinovac y las reuniones sostenidas con esta compañía

Sinovac estima costos fijos de operación por USD4,27 millones (2022=100) anuales, distribuidos así:

**Tabla 6. Costos fijos del Proyecto estimados por Sinovac**

Rubro	Costo fijo (USD/año 2022=100)
Recursos humanos	\$ 1.980.000

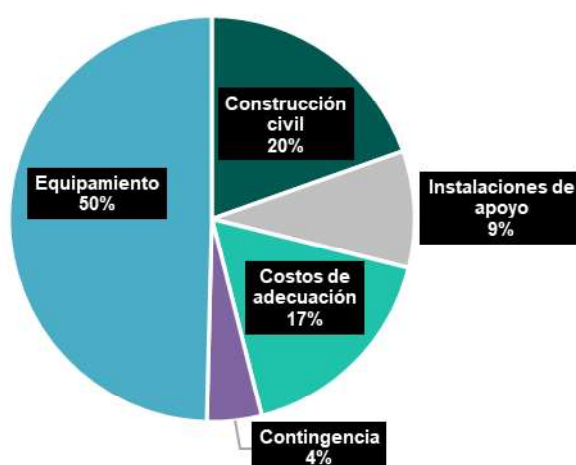
Rubro	Costo fijo (USD/año 2022=100)
Servicios públicos	\$ 894.000
Piezas de repuesto	\$ 500.000
Mantenimiento	\$ 900.000

Fuente: elaboración propia a partir de información de las Ofertas de Vinculación de Sinovac y las reuniones sostenidas con esta compañía

## CapEx del Proyecto

El CapEx del Proyecto estimado por Sinovac es de USD73,49 millones (2022=100), correspondiente a los costos de inversión en infraestructura y equipamiento.

Figur72|Q A Distribución del CapEx del Proyecto estimado por Sinovac



Fuente: elaboración propia a partir de información de las Ofertas de Vinculación de Sinovac y las reuniones sostenidas con esta compañía

El cronograma de ejecución del CapEx tiene una extensión de 8 años entre el 2024 a 2031 bajo lo presentado por Sinovac en las reuniones de la fase de diálogo y negociación.

Tabla 7. Cronograma de ejecución del CapEx propuesto por Sinovac

Año	CapEx (USD 2022=100)
2024	\$ 950.000,00
2025	\$ 14.501.000,00
2026	\$ 20.546.000,00
2027	\$ 15.271.000,00
2028	\$ 13.189.000,00
2029	\$ 7.751.000,00
2030	\$ 962.000,00
2031	\$ 317.000,00
<b>Total</b>	<b>\$ 73.487.000,00</b>

Fuente: elaboración propia a partir de información de las Ofertas de Vinculación de Sinovac y las reuniones sostenidas con esta compañía

## 5.2 Beneficio por la generación de empleo

La generación de empleo es uno de los principales resultados de la creación de una planta de producción. El Proyecto requiere de la dedicación de personal por

medio de la mano de obra para la operación o como parte de la planta de personal administrativo. Esto se conoce como empleo directo. Así mismo, esto se extiende hacia el fomento de industrias o actividades económicas complementarias, lo cual se traduce a nuevos puestos de empleo para atender esas necesidades producción. Esto se conoce como empleo indirecto.

Esta generación de empleo es un beneficio para sociedad. El empleo es un canal directo para atender a las políticas públicas de fomento de actividad económica, el incremento de los ingresos de la población y la reducción de la desigualdad. De igual manera, por la mencionada actividad económica, el empleo se traduce a un incremento en el valor agregado de la economía del país y, por ende, en el incremento del Producto Interno Bruto<sup>13</sup>.

De acuerdo con lo anterior, el empleo generado tiene cuantificación como el aumento en el valor agregado de la actividad económica del país, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Beneficio por generación de empleo} = n_{\text{empleo}} * va_{\text{empleo}}$$

Donde,  $n_{\text{empleo}}$  es el número de puestos de empleo directo generados y  $va_{\text{empleo}}$  es el valor agregado para la economía del país anualmente por cada puesto de empleo.

Las variables para la cuantificación del beneficio por la generación de empleo del Proyecto se presentan a continuación.

### **Puestos de empleo directo generados**

De acuerdo con lo indicado por Sinovac, adjudicatario del Proceso de Vinculación, durante las reuniones de la fase de diálogo y negociación, se estima que el Proyecto tendrá una planta total de 99 personas. Estos se encontrarán vinculados de acuerdo con la fase de producción que se encuentre habilitada: i) 50 durante las fases 1 y 2 de producción de Fill and Finish y Formulación, respectivamente, entre los años 2028 y 2032 y ii) 99 a partir de la fase 3 de producción End to End desde el año 2033 en adelante.

### **Valor agregado por cada puesto de empleo**

Como lo indica el informe de la CEPAL<sup>14</sup>, la industria farmacéutica es un sector de alta productividad laboral. En este sector se encuentra una mayor proporción de trabajadores calificados y con mayores ingresos frente a otros sectores económicos. Para el caso de Colombia, estiman una productividad labora o valor agregado por trabajador de USD53 millones por año, frente a los USD41 millones por año del sector general de industria manufacturera, que incluye la industria farmacéutica.

<sup>13</sup> BID. El potencial de la inversión en infraestructura para impulsar el empleo en América Latina y el Caribe. 2020.

<sup>14</sup> CEPAL. Lineamientos y propuestas para un plan de autosuficiencia sanitaria para América Latina y el Caribe. 2021.

Por lo tanto, se considera que el valor agregado por cada puesto de empleo directo para el análisis costo beneficio del Proyecto es de USD53 millones por trabajador por año.

### 5.3 Beneficio por encadenamientos productivos

La industria farmacéutica es un sector económico importante de Colombia. El estudio publicado por el DANE en el 2020<sup>15</sup> clasifica a la industria farmacéutica como un sector clave por su impacto en el fomento de la actividad económica del país. Igualmente, el estudio de la CEPAL destaca que la industria farmacéutica, a pesar de su tamaño, representa una contribución importante al Producto Interno Bruto de los países de la región<sup>16</sup>.

El análisis realizado por el DANE se fundamenta en los estudios de la Matriz Insumo Producto. Esta es una matriz cuadrada que contiene, tanto en sus filas como en sus columnas, las 68 actividades económicas principales que discrimina el DANE en el Producto Interno Bruto de Colombia. En esta matriz las filas representan la producción de cada una de las actividades económicas, mientras que las columnas representan como esa producción es demanda por cada actividad.

Tabla 8. Ejemplo de Matriz Insumo Producto

		Consumo			
		A	B	C	Total
Producción	A	\$ 40	\$ 20	\$ 30	\$ 90
	B	\$ 50	\$ 30	\$ 15	\$ 95
	C	\$ 100	\$ 80	\$ 25	\$ 205
	Total	\$ 190	\$ 130	\$ 70	\$ 185

Fuente: elaboración propia

En el ejemplo anterior, el sector A produce COP90 millones anuales, el B produce COP95 millones anuales y el C produce COP205 millones anuales. A su turno, el sector A demanda COP190 millones anuales, el B demanda COP130 millones anuales y el C demanda COP70 millones anuales. De esta matriz se infiere que la demanda del sector A se produce en un 44% por el mismo sector A (COP40 producido por el sector A de COP190 millones consumido), en un 26% por el sector B (COP50 millones producido por el sector B de COP190 millones consumido) y en un 53% por el sector C (COP100 millones producido por el sector C de COP190 millones consumido), y así consecutivamente.

El análisis de la Matriz Insumo Producto fue introducido por Wassily Leontief en la década del 1930 para identificar las interconexiones entre distintos sectores de la

<sup>15</sup> DANE. Matriz Insumo Producto – Boletín técnico. 2020.

<sup>16</sup> CEPAL. Lineamientos y propuestas para un plan de autosuficiencia sanitaria para América Latina y el Caribe. 2021.

economía. Dada la matriz de producción y consumo, Wassily Leontief deriva la matriz de multiplicadores de Leontieff que determina los coeficientes que relacionan las producciones y consumos intermedios de los sectores económicos.

En el modelo de Leontieff, la producción de la economía se puede presentar de la siguiente forma matricial:

$$X = AX + Y$$

Donde,  $X$  es el vector de producción de un sector económico,  $A$  la matriz de coeficientes técnicos de consumo intermedio de los sectores de producción y  $Y$  el consumo final del sector económico.

Dado lo anterior, se tiene la siguiente transformación matricial que llega a la matriz de multiplicadores de Leontieff:

$$Y = (I - A)X$$

$$I - A = L$$

$$Y = LX$$

$$X = L^{-1}Y$$

Donde,  $L$  es la matriz de Leontieff,  $L^{-1}$  es la matriz inversa de Leontieff,  $Y$  el vector de demanda final del sector económico y  $X$  el vector de producción que soporta la demanda de este sector. Como se puede ver, la matriz  $L^{-1}$  (conocida también con la variable  $l$ ) denota la relación entre la demanda final de un sector económico frente a los cambios totales de los sectores que producen los insumos para dicho sector económico.

Los encadenamientos productivos se derivan de la matriz  $l$  o matriz inversa de Leontieff. Estos encadenamientos, conocidos como los indicadores Rasmussen-Hirschman, representan el impacto del crecimiento económico de una actividad sobre otros sectores de la economía. Los encadenamientos hacia atrás (BL, por sus siglas en inglés Backward Linkage) representan el fomento de la demanda de un sector económico en la producción de otros sectores. Si contraparte, los encadenamientos hacia adelante (FL, por sus siglas en inglés Forward Linkage) representan el efecto del aumento de la producción de una actividad económica para que sea demandado por otras actividades.

En el análisis de los encadenamientos productivos que se deriva de la Matriz Insumo Producto de la economía colombiana desarrollada por el DANE la industria farmacéutica cuenta con encadenamientos hacia atrás y encadenamientos hacia adelante que la clasifican como un sector clave de la economía. Esto es, el aumento en la actividad económica de la industria farmacéutica fomenta el crecimiento del país tanto por la demanda impuesta sobre la producción de otros sectores como la oferta de productos demandados por estos. Entre estos, se destaca un mayor encadenamiento hacia atrás que encadenamiento hacia adelante.



De acuerdo con lo anterior, el Proyecto genera el beneficio de crecimiento económico del país por medio de los encadenamientos productivos hacia atrás que tiene la industria farmacéutica con los demás sectores de la economía. Como se deriva de lo resaltado por Hirschman<sup>17</sup>, el encadenamiento hacia atrás implica que el aumento en la demanda final de los productos del sector farmacéutico (la producción de vacunas del Proyecto) fomenta la actividad económica de otros sectores de la economía para suplir los insumos necesarios para atenderla.

Para cuantificar este beneficio, se toma el encadenamiento productivo hacia atrás que tiene el aumento de la demanda del sector de industria farmacéutica por la demanda de producción local de vacunas, junto con el aumento en esta actividad económica por la cuantificación de los ingresos del Proyecto, así:

$$\text{Beneficio por encadenamientos productivos} = BL_{IF} * Y_{Proyecto}$$

Donde,  $BL_{IF}$  es el encadenamiento hacia atrás de la industria farmacéutica en Colombia y  $Y_{Proyecto}$  son los ingresos del Proyecto.

Las variables para la cuantificación del beneficio por encadenamientos productivos del Proyecto se presentan a continuación.

### Encadenamiento hacia atrás de la industria farmacéutica

El encadenamiento hacia atrás se calcula a partir de la Matriz Insumo Producto del DANE<sup>18</sup> y la resultante matriz inversa de Leontieff, de acuerdo con la siguiente fórmula.

$$BL_{IF} = \sum_{i=68}^{68} l_{iIF}$$

Donde,  $BL_{IF}$  es el encadenamiento hacia atrás de la industria farmacéutica en Colombia,  $l$  la matriz inversa de Leontieff e  $i$  cada una de las filas de la matriz inversa de Leontieff que representa la producción de los 68 sectores económicos evaluados por el DANE.

Por lo tanto, el valor del encadenamiento hacia atrás del sector farmacéutico para el análisis costo beneficio del Proyecto es de 2,21. Esto es, cada COP1 de ingreso por la demanda final adicional del Proyecto genera un aumento en la producción de la economía colombiana de COP2,21.

### Ingresos del Proyecto

Los ingresos del Proyecto para el cálculo del beneficio por encadenamientos productivos corresponden a los ingresos por la demanda del mercado colombiano de las vacunas del portafolio, a partir del momento en el que inicia su producción

<sup>17</sup> Hirschman, A. The Strategy of Economic Development. 1958.

<sup>18</sup> DANE. Matrices complementarias – Matriz Insumo Producto 2017. 2020.

local desde la fase de Fill and Finish. Esto es, a partir del 2029 para Hepatitis A y COVID-19 y a partir del 2031 para Varicela.

#### 5.4 Beneficio por aumento en el recaudo de impuestos

El aumento de la actividad económica generado por el Proyecto incluye consigo el aumento del recaudo de impuestos en el territorio aduanero nacional. Actualmente, las vacunas que componen el portafolio del Proyecto son adquiridas por la Nación a través del Fondo Rotatorio de la OPS a farmacéuticas extranjeras. De esta forma, la ejecución del presupuesto nacional para la adquisición no es retribuida con el recaudo de impuestos, ya que las vacunas son excluidas de los impuestos de venta y aranceles que serían generados en la importación. En cambio, el Proyecto de producción local genera un mayor recaudo de impuestos por la causación sobre los ingresos y sobre las utilidades. Así mismo, como se denota en el beneficio anterior, la industria farmacéutica jalona la actividad económica total del país a través del encadenamiento productivo, lo cual a su turno aumenta el recaudo de impuestos de forma indirecta. Si bien los impuestos indirectos por el aumento general de la actividad económica de Colombia se capturan a través de la cuantificación del jalonamiento por el encadenamiento productivo, el Proyecto trae consigo un mayor recaudo por los impuestos directos de su actividad económica como beneficio adicional.

Para cuantificar este beneficio, se toma el valor estimado del recaudo por el Impuesto de Industria y Comercio y el impuesto de renta a partir de las Proyecciones financieras del Proyecto, así:

$$\text{Beneficio por aumento en el recaudo de impuestos} = \text{Impuestos}_{\text{Proyecto}}$$

Donde,  $\text{Impuestos}_{\text{Proyecto}}$  corresponde al Impuesto de Industria y Comercio y el impuesto de renta del Proyecto.

##### Impuesto de Industria y Comercio

Para el Impuesto de Industria y Comercio se toman se consideran los valores del municipio de Bogotá, dado el domicilio de la nueva sociedad en el Distrito. La tasa se define en 12,14 por mil para los ingresos generados desde el 2024 en adelante de acuerdo con la tasa para la actividad de fabricación de productos farmacéuticos establecida en el artículo 6 del Acuerdo 780 de 2020 de Bogotá.

##### Impuesto de renta

Este impuesto se proyecta a un 35% según la Ley 2277 de 2022 sobre las utilidades del Proyecto a partir de las proyecciones financieras de los flujos de caja que se derivan de los ingresos por la venta de vacunas de Hepatitis A, COVID-19 y Varicela, los costos y gastos de la operación y mantenimiento de la producción y los costos de inversión para la construcción y el equipamiento.

#### 5.5 Beneficio por capacidad científica y preparación ante eventos de emergencia sanitaria

La pandemia causada por el COVID-19 resaltó la necesidad de contar con autosuficiencia sanitaria y la capacidad de producción local de vacunas. El mercado farmacéutico a nivel internacional se asemeja a un mercado oligopólico, donde hay pocas firmas que producen los bienes de salud para una demanda muy superior. La pandemia del COVID-19 brindó la oportunidad económica a todas las farmacéuticas del mundo de crear una vacuna cuya demanda sería la población mundial. Sin embargo, fueron pocas las que lograron desarrollar vacunas en el corto plazo, lo cual exacerbó el control oligopólico e incluso monopólico sobre el acceso del mercado a las vacunas para combatir la enfermedad. El equilibrio de este mercado se define por los actores internacionales y no por el país. Colombia hace parte de los países que, si bien contaban con recursos para la adquisición de vacunas, sufrieron a las consecuencias de la crisis sanitaria al depender de las dinámicas de un mercado oligopólico de vacunas.

Durante la pandemia se vio el acceso restringido a la limitada oferta de vacunas de COVID-19. Múltiples autores denominaron este suceso el *nacionalismo de las vacunas*<sup>19 20 21</sup>, donde los países con capacidad local de producción y aquellos con mayores recursos tomaron el enfoque de mi país primero y acapararon la oferta del mercado. Los países fuera de estos grupos sufrieron de un acceso demorado a la vacunación lo cual causó un mayor número de casos y de muertes por la enfermedad<sup>22</sup>. Algunos comparan este suceso con el caso de las máscaras de oxígeno en los aviones, en el que primero se pone la máscara propia antes de correr a ayudar a los demás<sup>23</sup>.

De lo anterior se derivan estudios y políticas públicas que apuntan hacia la necesidad de retomar la capacidad de producción local de vacunas en lo llamado como autosuficiencia o independencia sanitaria. Velásquez habla de la oportunidad que deben tomar los países en vía de desarrollo para generar capacidad científica y de producción de vacunas<sup>24</sup>. Lo indican también Hayman, Suri y Downham al hablar de la producción sostenible de vacunas en países de ingresos bajos y medios<sup>25</sup>. Así, se incorpora en los lineamientos de la CEPAL como parte del plan de autosuficiencia sanitaria de América Latina y el Caribe<sup>26</sup>, de los cuales surge este Proyecto de producción de vacunas en Bogotá.

Schellekens destaca el rápido acceso que tuvieron los países con capacidad de producción local a la vacunación contra el COVID-19. Entre los países de ingresos

<sup>19</sup> Khairi, L., Fahrni, M. & Lazzarino, A. The Race for Global Equitable Access to COVID-19 Vaccines. 2022.

<sup>20</sup> Riaz, M., Ahmad, U., Mohan, A. Global impact of vaccine nationalism during COVID-19 pandemic. 2021.

<sup>21</sup> Hafner, M., Yerushalmi, E., Fays, C., Dufresne, E. & Van Stolk, C. COVID-19 and the Cost of Vaccine Nationalism. 2022.

<sup>22</sup> Duroseau, B., Kipshidze, N. & Limaye, R. The impact of delayed access to COVID-19 vaccines in low- and lower-middle-income countries. 2023.

<sup>23</sup> Bollyky, T. & Bown, C. The tragedy of vaccine nationalism – Only cooperation can end the pandemic. 2020.

<sup>24</sup> Velásquez, G. Vaccines, Medicines and COVID-19 – How can who be given a stronger voice – Rethinking Global and Local Manufacturing Products After COVID-19. 2021.

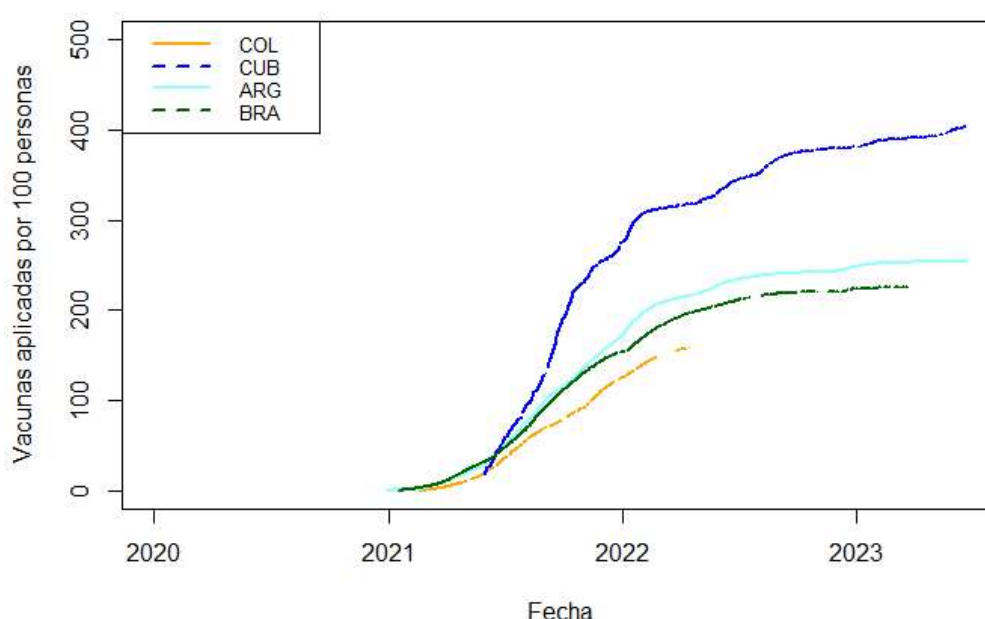
<sup>25</sup> Hayman, B., Kumar, R., Downham, M. Sustainable vaccine manufacturing in low and middle income countries. 2022.

<sup>26</sup> CEPAL. Lineamientos y propuestas para un plan de autosuficiencia sanitaria para América Latina y el Caribe. 2021.

medio bajos e ingresos medio altos (grupo donde se encuentra Colombia según la clasificación UMIC – Upper Middle Income Country del Banco Mundial) se destacó aún más la diferencia en la rapidez de vacunación al contar con plantas de producción en el país frente al promedio del resto de países.

Para evaluar lo anterior en el caso colombiano se toma la información de la pandemia del COVID-19 recopilada por Our World in Data<sup>27</sup> (OWID), base de datos con información del número de casos, muertes, pruebas realizadas, hospitalizaciones y vacunación, entre otros, por cada país.

Figura 2. Velocidad de vacunación contra el COVID-19 de países de la región con capacidad de producción local de vacunas



**Fuente: elaboración propia a partir de información de la pandemia del COVID-19 recopilada por Our World in Data**

La gráfica anterior presenta la velocidad de vacunación para distintos países de la región en el segmento ingresos medio altos, con capacidad de producción local de vacunas. En naranja se presenta la velocidad de vacunación en vacunas aplicadas por cada 100 personas en Colombia. Las siguientes líneas presentan este mismo dato para Cuba, Argentina y Brasil. Como se puede ver, estos países lograron vacunar a su población más rápidamente que Colombia a pesar de estar en el mismo segmento de ingresos, en línea con lo evidenciado por los estudios citados en tanto el efecto de la autosuficiencia sanitaria y el nacionalismo en el acceso a la vacunación.

Evaluar el beneficio de la autosuficiencia sanitaria ante eventos de emergencia global no puede ser modelado por la dificultad para estimar cuándo será la siguiente pandemia o emergencia similar. Por lo tanto, este beneficio no se incluye

<sup>27</sup> OWID. Coronavirus Pandemic (COVID-19). Obtenido de: <https://ourworldindata.org/coronavirus>

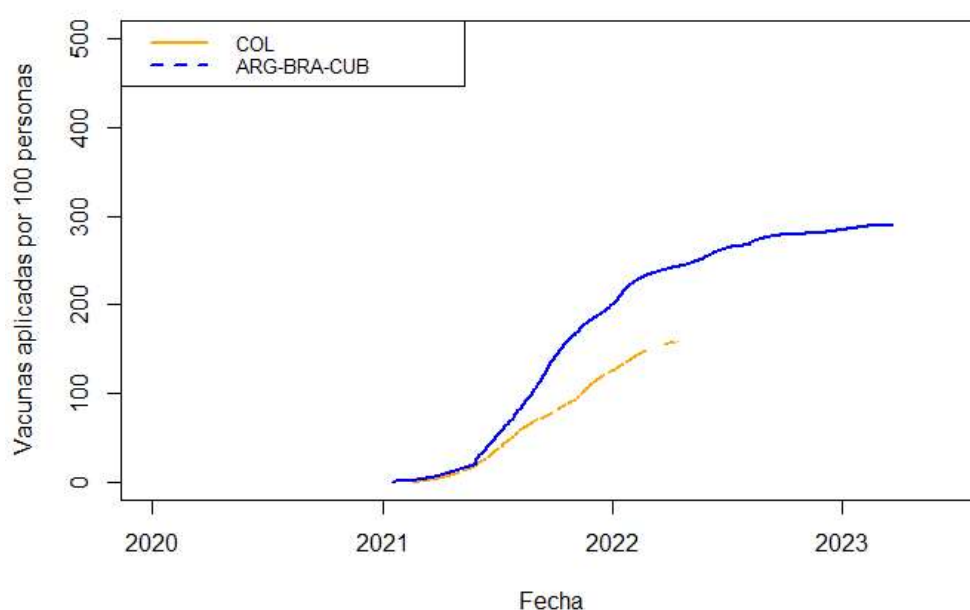
dentro del análisis costo beneficio del Proyecto. Sin embargo, se evalúa cual habría sido el efecto en la cantidad de casos y muertes por COVID-19 en el país de haber contado con la capacidad local de producción de vacunas y haber vacunado con la rapidez de aquellos países que sí contaron con ella.

### Velocidad de vacunación de los países con capacidad de producción

La gráfica presentada anteriormente demuestra la diferencia en la velocidad de vacunación de la población en Colombia frente a países de la región con ingresos similares, pero con capacidad de producción local de vacunas. En promedio, en días hasta el inicio del proceso de vacunación Argentina y Brasil tuvieron un acceso 47 días más rápido (415 días desde el 31 de diciembre de 2019 para Colombia frente a 368 días de los países mencionados).

La siguiente gráfica presenta el promedio en la velocidad de vacunación de Argentina, Brasil y Cuba frente a Colombia. La vacunación fue, en promedio por el número de vacunas aplicadas por cada 100 personas, un 25% más rápida en estos países.

Figura 3. Velocidad de vacunación contra el COVID-19 de Colombia frente al promedio de Argentina, Brasil y Cuba



Fuente: elaboración propia a partir de información de la pandemia del COVID-19 recopilada por Our World in Data

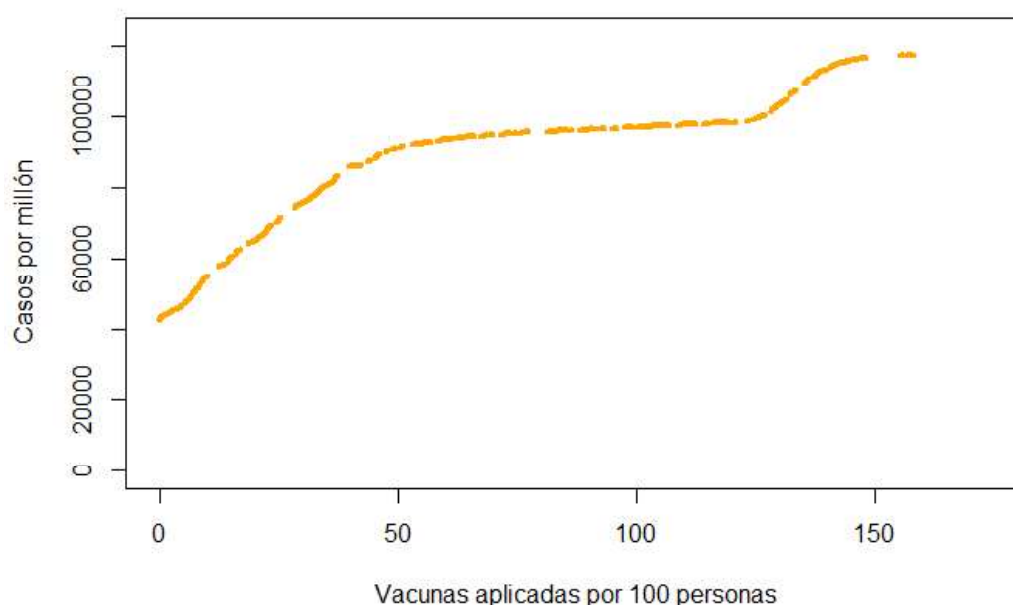
### Efecto en casos de COVID-19

El estudio realizado por Duroseau, Kipshidze y Limaye en el 2023, sobre el impacto de la demora en la vacunación contra el COVID-19<sup>28</sup>, indica que cada día adicional hasta el inicio del proceso de vacunación o la aplicación de la primera vacuna en el país representa un aumento en el número de casos acumulados del 3,46% en países con ingresos medio altos (Colombia). Esto es, por cada día de retraso al inicio de la vacunación se generaron 3,46% casos por COVID-19 de más en el país.

Lo anterior, evaluado para la diferencia en días hasta el inicio del proceso de vacunación de Colombia frente a Argentina, Brasil y Cuba representa un total de 2,45 millones de casos adicionales de lo reportado por Colombia hasta la fecha por 6,37 millones. Es decir, de haber empezado el proceso de vacunación 47 días antes como los países indicados, se habrían dado 2,45 millones de casos por COVID-19 menos, de acuerdo con el estudio de Duroseau et al.

La siguiente gráfica presenta el efecto de la vacunación sobre los casos por COVID-19 reportados en Colombia. La relación demuestra que a medida que se aumentó la vacunación por cada 100 personas se redujo el aumento en nuevos casos por millón.

Figura 4. Vacunas aplicadas contra casos de COVID-19 reportados en Colombia



**Fuente:** elaboración propia a partir de información de la pandemia del COVID-19 recopilada por Our World in Data

La relación entre estas dos variables es logarítmica, de forma que los casos por millón según la vacunación pueden representarse por la siguiente fórmula:

<sup>28</sup> Duroseau, B., Kipshidze, N. & Limaye, R. The impact of delayed access to COVID-19 vaccines in low- and lower-middle-income countries. 2023.

$$\text{Casos por millón} = B1 * \log(\text{vacunación}) + B2$$

Donde, *vacunación* es el total de vacunas aplicadas por 100 personas, *B1* la relación entre esta variable y el total de casos y *B2* el intercepto del a regresión

Al realizar esta regresión logarítmica sobre el caso de Colombia se obtiene el siguiente resultado. El p-value demuestra que la relación entre ambas variables (vacunación y casos por COVID-19) es significativa estadísticamente:

Tabla 9. Resultados de la regresión logarítmica de la vacunación frente a los casos de COVID-19 en Colombia

Variable	Beta	p-value
Vacunación	12.565,4	2,00E-16
Intercepto	41.657,2	2,00E-16

**Fuente: elaboración propia a partir de información de la pandemia del COVID-19 recopilada por Our World in Data**

Así, la fórmula que describe el efecto de la vacunación sobre los casos por millón en Colombia es:

$$\text{Casos por millón} = 12.565,4 * \log(\text{vacunación}) + 41.657,2$$

Al aplicar esta fórmula para Colombia, con la velocidad de vacunación promedio de Argentina, Brasil y Cuba que se presenta en la gráfica anterior, se evidencia una diferencia de 2,54 millones de casos. Es decir, de haber seguido su curva de vacunación por cada 100 personas, se habrían reducido los casos por COVID-19 en 2,54 millones. Este valor guarda relevancia con lo indicado por el estudio de Duroseau et al.

### Efecto en muertes por COVID-19

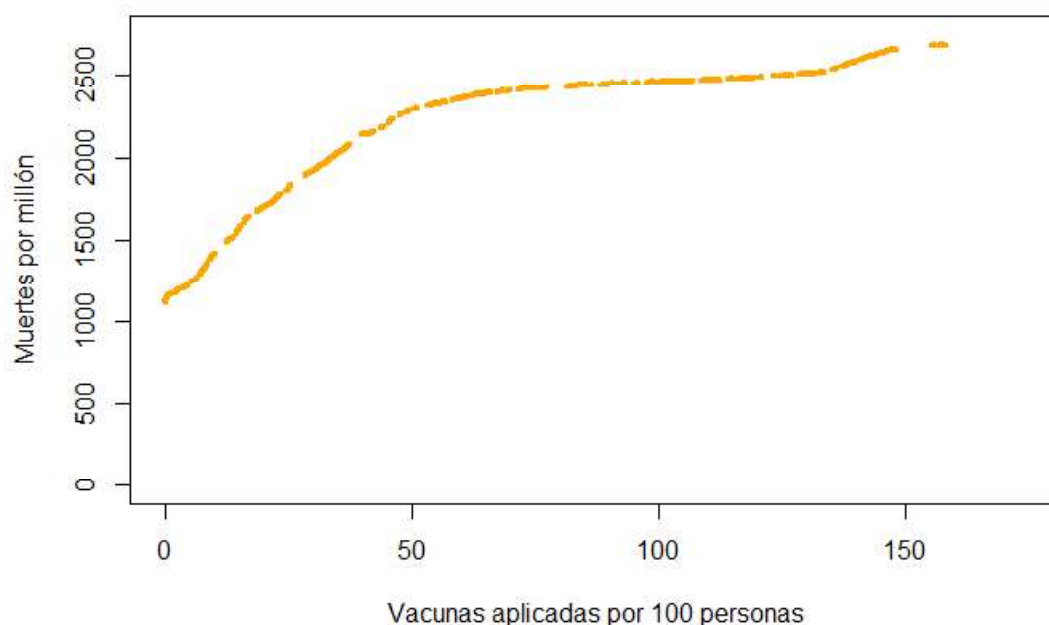
El estudio de Duroseau, Kipshidze y Limaye, indica que cada día adicional hasta el inicio del proceso de vacunación o la aplicación de la primera vacuna en el país representa un aumento en el número de muertes acumuladas del 2,70% en países con ingresos medio altos (Colombia). Similar a lo anterior, por cada día de retraso hasta el inicio de la vacunación se generaron 2,70% muertes de más en Colombia.

Como se ha indicado, el retraso hasta el inicio de la vacunación en Colombia frente a países de la región con capacidad de producción local fue de 47 días. Esto representa un total de 30.269 muertes adicionales del total de 142.794 muertes reportadas por Colombia hasta la fecha.

La siguiente gráfica presenta el efecto de la vacunación sobre las muertes por COVID-19 reportadas en Colombia. A medida que se aumentó la vacunación por cada 100 personas se redujo el aumento en nuevas muertes por millón.



Figura 5. Vacunas aplicadas contra muertes por COVID-19 reportados en Colombia



**Fuente:** elaboración propia a partir de información de la pandemia del COVID-19 recopilada por Our World in Data

Al igual que el caso anterior, la relación entre las variables es logarítmica y se puede representar por la siguiente fórmula:

$$\text{Muertes por millón} = B1 * \log(\text{vacunación}) + B2$$

Donde, *vacunación* es el total de vacunas aplicadas por 100 personas, *B1* la relación entre esta variable y el total de muertes y *B2* el intercepto de la regresión

Al realizar esta regresión logarítmica sobre el caso de Colombia se obtiene el siguiente resultado. El p-value demuestra que la relación entre ambas variables (vacunación y muertes por COVID-19) es significativa estadísticamente:

Tabla 10. Resultados de la regresión logarítmica de la vacunación frente a las muertes por COVID-19 en Colombia

Variable	Beta	p-value
Muertes	1.143,05	2,00E-16
Intercepto	278,16	2,00E-16

**Fuente:** elaboración propia a partir de información de la pandemia del COVID-19 recopilada por Our World in Data

Así, la fórmula que describe el efecto de la vacunación sobre las muertes por millón en Colombia es:

$$\text{Muertes por millón} = 1.143,05 * \log(\text{vacunación}) + 278,16$$



Al aplicar esta fórmula para Colombia, con la velocidad de vacunación promedio de Argentina, Brasil y Cuba que se presenta en la gráfica anterior, se evidencia una diferencia de 46.970 muertes del total de 142.794 reportado por Colombia.

### **Valor económico de cada muerte por COVID-19**

El valor de la vida es un factor importante que se ha aplicado para realizar estudios económicos sobre el impacto de políticas públicas que extienden la esperanza de vida de la población y reducen el riesgo de mortalidad. Esta variable permite cuantificar el efecto económico de las muertes que habrían sido evitadas por la autosuficiencia sanitaria de Colombia y su efecto ante la pandemia del COVID-19.

El valor de una vida puede ser calculado por la metodología del Valor de una Vida Estadística (VVE, o VSL por sus siglas en inglés Value of a Statistical Life). Esta metodología evalúa la disposición de la población a pagar por reducir ciertos riesgos de mortalidad y aumentar su esperanza de años de vida.

A nivel internacional, la metodología del Valor de una Vida Estadística ha sido aplicada, por ejemplo, para evaluar el valor económico de la inversión en investigación en áreas de la salud y su efecto al reducir la mortalidad de la población. De esta forma, Murphy y Topel calcularon en el 2003 que la inversión en investigación y desarrollo médico en Estados Unidos tuvo un beneficio económico anual de USD2,6 billones por su efecto en la reducción en mortalidad por enfermedades cardíacas.

En Colombia, esta misma metodología ha sido utilizada para evaluar los costos de la degradación ambiental en el país. El estudio publicado por el Banco Mundial en el 2014 estimó que la contaminación del aire urbano, el inadecuado acceso a agua sanitaria y la contaminación del aire al interior de espacios cerrados por combustibles fósiles representa costos por salud por COP10,2 billones anuales<sup>29</sup>. En la misma línea, el estudio del 2015 publicado por el DNP estimó que la degradación ambiental en ese año generó costos económicos en Colombia por COP16,6 billones<sup>30</sup>. Ambos estudios se fundamentan en el Valor de Una Vida Estadística del Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá, el cual a su vez se fundamenta en el estudio de disposición de pago y valor estadístico de la vida realizado por Ortiz, Markandya y Hunt en Brasil en el 2009<sup>31</sup>.

El estudio de Ortiz et al. estima que la disposición de pago de la población de Brasil por reducir la probabilidad de muerte en un 0,01% es de USD76,72 (2003=100), de acuerdo con la mediana de las encuestas realizadas. Con la TRM del mismo año de COP2.778,21 por cada USD, ajustado por la inflación entre el 2003 y el 2022 esto equivale a COP506.153,11 por reducir la probabilidad de muerte en un 0,01%.

En el 2016, el estudio de Romero-Prieto, publicado por el Banco de la República, analiza las causas de la mortalidad en Colombia. A partir de los reportes de

<sup>29</sup> World Bank. Environmental Health Costs in Colombia. 2014.

<sup>30</sup> DNP. Valoración Económica de la Degradación Ambiental en Colombia 2015. 2015.

<sup>31</sup> Ortiz, R., Markandya, A. & Hunt, A. Willingness to Pay for Mortality Risk Reduction Associated with Air Pollution in São Paulo. 2009.

mortalidad del DANE, Romero-Prieto estima que la probabilidad de muerte por causas asociadas al sistema respiratorio (como lo es para el COVID-19) en Colombia es de 26,56% en mujeres y 26,92% en hombres, para un promedio de 26,74%. Eliminar este riesgo de muerte aumenta la esperanza de vida en 1,46 años.

A partir de esto, el Valor de una Vida Estadística asociada a la muerte por enfermedades respiratorias es de COP1.353,45 millones, como resultado del riesgo asociado de 26,74% y un valor por cada 0,01% de COP506.153,11. Este valor se asemeja al usado por el estudio del Banco Mundial, el DNP y la Secretaría Distrital de Ambiente de COP1.102 millones en el caso del riesgo asociado a contaminación ambiental.

## **5.6 Beneficio por capacidad de investigación e inversión en I+D+i**

La industria farmacéutica se destaca por el alto nivel de inversión en Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i)<sup>32</sup>. De acuerdo con la CEPAL, la industria farmacéutica es sumamente innovadora y representa un ejemplo industria basada en la ciencia. A nivel mundial, este sector es el que invierte un mayor porcentaje de sus ingresos en I+D+i, lo que se traduce a un constante avance tecnológico. De esta manera, el Proyecto y el logro de la producción local desarrolla y permite el acceso a un espacio de desarrollo tecnológico y un aumento en la capacidad científica para la investigación y el desarrollo.

A nivel local, las estadísticas de I+D+i son recientes y no cuentan con información suficiente para calcular el impacto de la inversión de este sector en el crecimiento económico y el beneficio de la sociedad, sin descartar su relación. A partir de su ingreso formal a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) en el 2020, Colombia mantiene el registro de la inversión en I+D+i a través de las encuestas que realiza el DANE desde el 2021<sup>33</sup>.

El estudio del DANE, sin embargo, demuestra la relevancia del Proyecto en el fomento de la inversión en investigación y desarrollo. En Colombia, las empresas acarrean esta inversión, superando incluso a la realizada por parte de las universidades e instituciones de educación superior. En el 2021, se registró una inversión total de COP1,86 billones por parte de las empresas nacionales, financiado en COP1,37 billones (74%) por recursos propios. Igualmente, el 18,4% de las inversiones en el sector de biotecnología se enfocaron en nuevas temáticas del conocimiento para la ejecución de I+D.

El Proyecto aumenta las capacidades de investigación y desarrollo en el sector farmacéutico en el país. Este beneficio se considera relevante de su ejecución, pero no se evalúa como parte del análisis costo beneficio por la ausencia de variables para su cuantificación.

---

<sup>32</sup> CEPAL

<sup>33</sup> DANE. Encuesta de inversión en Investigación y Desarrollo (I+D) 2021. 2022.

## 5.7 Beneficio por la investigación relacionada con enfermedades desatendidas

La industria farmacéutica en países en vía de desarrollo y la producción local de vacunas se traduce a la inversión en I+D+i en el tratamiento preventivo de enfermedades endógenas de la región. El estudio de Anita Zaidi publicado por la Bill and Melinda Gates Foundation resalta como los productores de vacunas en estos países han sido receptores de la tecnología de grandes farmacéuticas para enfocarse en el desarrollo de vacunas para enfermedades no tratadas, principalmente endémicas<sup>34</sup>. Resaltan, entre otros, el desarrollo de vacunas para meningitis en Sudáfrica, vacunas para el cólera en Corea del Sur y vacunas para la enfermedad tifoidea en India. Estos esfuerzos han sido liderados por las empresas locales de producción y han sido apoyados por la fundación de Bill y Melinda Gates a través de becas y subsidios.

Hayman, Kumar y Downham<sup>35</sup> también indican que el impulso de la industria farmacéutica en países en vía de desarrollo puede traducirse al desarrollo de vacunas para enfermedades endémicas. Las empresas locales lideran la inversión en I+D+i para enfermedades que las grandes farmacéuticas consideran poco rentables. Un caso relevante de la región es el de Bio-Manguinhos en Brasil y su impulso en el desarrollo de vacunas para prevenir el dengue.

En esta medida, en relación con el beneficio anterior de la inversión en I+D+i y la innovación de la industria farmacéutica, el Proyecto presenta la posibilidad de inversión en enfermedades desatendidas como la malaria y el dengue, las cuales representan cerca del 80% de los casos de enfermedades transmitidas por vectores en Colombia<sup>36</sup> y que a nivel global representan el 17% de todas las enfermedades infecciosas con más de 700.000 muertes anuales<sup>37</sup>.

## 5.8 Resultados del análisis costo beneficio

La siguiente tabla presenta la proyección de los flujos económicos para el análisis costo beneficio del Proyecto por su CapEx y OpEx y la cuantificación de los beneficios por la generación de empleo y los encadenamientos productos del sector farmacéutico. Estos flujos se evalúan en un periodo de 15 años desde el 2024 hasta el 2038, periodo en el que se normalizan los supuestos de flujos de caja del Proyecto por las fases de producción de las vacunas. A partir del año 2038 se estiman los flujos económicos a perpetuidad por medio de la aplicación de la fórmula de cálculo de valor terminal de Gordon<sup>38</sup>. La tasa de descuento para el análisis corresponde a la Tasa Social de Descuento del 12% e.a.

---

<sup>34</sup> Zaidi, A. Geographically distributed manufacturing capacity is needed for improved global health security. 2021.

<sup>35</sup> Hayman, B., Kumar, R., Downham, M. Sustainable vaccine manufacturing in low and middle income countries. 2022.

<sup>36</sup> Padilla, J., Lizarazo, F., Murillo, O., Mendigaña, F., Pachón, E. & Vera, M. Epidemiología de las principales enfermedades transmitidas por vectores en Colombia, 1990-2016. 2017.

<sup>37</sup> OMS. Vector-borne diseases. 2020.

<sup>38</sup> Gordon, M. & Shapiro, E. Capital equipment analysis: The required rate of profit. 1956.

**Tabla 11. Flujos económicos del análisis costo beneficio del Proyecto**

Año	CapEx	OpEx	Generación de empleo	Encadenamientos productivos	Impuestos	Flujo económico
2024	\$ 5.078	\$ 5.179	\$ 0	\$ 0	\$ 0	-\$ 10.257
2025	\$ 81.946	\$ 187.968	\$ 0	\$ 0	\$ 3.571	-\$ 266.343
2026	\$ 121.411	\$ 195.385	\$ 0	\$ 0	\$ 4.072	-\$ 312.723
2027	\$ 95.021	\$ 202.944	\$ 0	\$ 0	\$ 11.070	-\$ 286.894
2028	\$ 86.329	\$ 210.943	\$ 13.398	\$ 0	\$ 4.987	-\$ 278.887
2029	\$ 53.321	\$ 220.276	\$ 13.530	\$ 348.014	\$ 4.116	\$ 92.063
2030	\$ 6.949	\$ 203.944	\$ 13.662	\$ 365.050	\$ 4.261	\$ 172.080
2031	\$ 2.403	\$ 198.733	\$ 13.796	\$ 697.239	\$ 4.412	\$ 514.312
2032	\$ 0	\$ 219.837	\$ 13.932	\$ 722.177	\$ 4.570	\$ 520.842
2033	\$ 0	\$ 238.595	\$ 27.855	\$ 747.604	\$ 28.079	\$ 564.943
2034	\$ 0	\$ 250.983	\$ 28.128	\$ 773.640	\$ 28.882	\$ 579.667
2035	\$ 0	\$ 261.131	\$ 28.404	\$ 800.749	\$ 19.746	\$ 587.768
2036	\$ 0	\$ 271.812	\$ 28.682	\$ 829.551	\$ 11.464	\$ 597.885
2037	\$ 0	\$ 283.027	\$ 28.964	\$ 859.806	\$ 18.995	\$ 624.738
2038	\$ 0	\$ 294.771	\$ 29.248	\$ 891.310	\$ 26.175	\$ 651.961
<b>Total</b>	<b>\$ 452.457</b>	<b>\$ 3.245.529</b>	<b>\$ 239.600</b>	<b>\$ 7.035.140</b>	<b>\$ 174.401</b>	<b>\$ 3.751.154</b>

**Fuente: elaboración propia**

A partir de los valores anteriores, se calculan los indicadores para identificar la viabilidad socioeconómica del Proyecto.

**Tabla 12. Indicadores de viabilidad socioeconómica del Proyecto**

<b>VPNE (mmCOP)</b>	\$ 1.611.332,13
<b>TIR Social (e.a.)</b>	27,43%
<b>B/C</b>	1,79

**Fuente: elaboración propia**

El Proyecto se considera viable socioeconómicamente. El flujo económico resultante por la cuantificación de los beneficios representa un VPNE de COP1,61 billones (debe ser mayor a 0) y una TIR Social de 27,43% e.a. (debe ser mayor a la Tasa Social de Descuento del 12% e.a.). La razón entre los beneficios y los costos del Proyecto es de 1,79 (debe ser mayor a 1).

Los beneficios considerados en el análisis son:

- Beneficio por la generación de empleo: El Proyecto genera puestos de empleo directo especializados en el sector farmacéutico. Cada puesto en este sector representa un valor agregado por productividad laboral de COP240,51 millones al año. El VPNE de este beneficio es de COP117.950,73 millones.
- Beneficio por encadenamientos productos: El Proyecto genera un crecimiento de la economía colombiana por el encadenamiento productivo que genera el aumento en la demanda del sector farmacéutico (la producción de vacunas del Proyecto) sobre la actividad económica del país. El encadenamiento hacia atrás del sector farmacéutico, un sector clave de la economía, es de 2,21, es decir, por cada COP1 de ingresos por la demanda final de las vacunas producidas por el Proyecto se genera un crecimiento en la economía de COP2,21. El VPNE de este beneficio es de COP3,44 billones.
- Beneficio por aumento en el recaudo de impuestos: El Proyecto genera un mayor recaudo de impuestos por los impuestos directos asociados a su

actividad económica. La producción local y venta de vacunas a través de una empresa nacional aumenta el recaudo del Impuesto de Industria y Comercio (de orden Distrital) y del impuesto de renta (de orden Nacional). El VPNE de este beneficio es de COP96.611,52 millones.

Adicionalmente, la evaluación de la capacidad de producción local de vacunas como parte de la autosuficiencia e independencia sanitaria habría representado durante la pandemia por el COVID-19 una reducción de entre 2,45 y 2,54 millones de casos del total de 6,37 millones reportados por Colombia y entre 30.269 y 46.970 muertes de las 141.794 reportadas por Colombia. Este último valor habría representado un beneficio económico entre COP40,97 billones y COP63,57 billones, de acuerdo con el Valor de una Vida Estadística asociada al riesgo de muerte por causas asociadas al sistema respiratorio en Colombia.

El Proyecto genera beneficios adicionales relacionados con la inversión en investigación y desarrollo y el acceso a vacunas. La industria farmacéutica se destaca como una industria innovadora con alta inversión en I+D+i para el aumento de las capacidades tecnológicas; en Colombia, las empresas lideran la inversión en I+D+i con COP1,87 billones en el 2021, mayor a la de las universidades y del gobierno. Así mismo, la capacidad de producción local de vacunas se traduce en la inversión en I+D+i focalizada en enfermedades endémicas, no tratadas e ignoradas por las grandes farmacéuticas, como sería en Colombia la malaria y el dengue. Igualmente, la capacidad de producción de vacunas en países en vía de desarrollo ha sostenido gran parte de la demanda global y ha logrado mantener los precios bajos en las vacunas. Estos beneficios no se cuentan en el análisis costo beneficio por la ausencia de variables para su cuantificación, pero representan un mayor valor socioeconómico y aumentan la viabilidad e importancia estratégica del Proyecto.

## 6 **BIBLIOGRAFÍA**

- Alvis, N., De La Hoz Restrepo, F., & Vivas, D. (2006). Relación costo-efectividad de la vacuna contra *Haemophilus influenzae* tipo b en niños menores de dos años de edad en Colombia.
- Banco de la República. (Agosto de 2023). Informe de política monetaria.
- Banco de la República. (s.f.). Índice de precios al consumidor (IPC). Obtenido de <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/indice-precios-consumidor-ipc>
- Banco de la República. (s.f.). Montos y devaluaciones del mercado de forwards. Obtenido de <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/montos-y-devaluaciones-del-mercado-forwards>
- Banco de la República. (s.f.). Tasa de interés de política monetaria. Obtenido de <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/tasas-interes-politica-monetaria>
- BID. (2020). El potencial de la inversión en infraestructura para impulsar el empleo en América Latina y el Caribe.
- Bollyky, T., & Bown, C. (October de 2020). The tragedy of vaccine nationalism – Only cooperation can end the pandemic.
- Castañeda, C., Alvis, N., & Díaz, D. (2021). Análisis de costo-efectividad de las vacunas contra el COVID-19 en Colombia.
- CEPAL. (2021). Lineamientos y propuestas para un plan de autosuficiencia sanitaria para América Latina y el Caribe.
- DANE. (2020). Matrices complementarias – Matriz Insumo Producto 2017.
- DANE. (Septiembre de 2020). Matriz Insumo Producto – Boletín técnico.
- DANE. (Diciembre de 2022). Encuesta de inversión en Investigación y Desarrollo (I+D) 2021.
- DNP. (2015). Valoración Económica de la Degradación Ambiental en Colombia 2015.
- Douglas, R. &. (2018). The vaccine industry.
- Duroseau, B., Kipshidze, N., & Limaye, R. (Enero de 2023). The impact of delayed access to COVID-19 vaccines in low- and lower-middle-income countries.
- Federal Reserve. (Junio de 2023). Monetary Policy – Summary of Economic Projections.
- Gordon, M., & Shapiro, E. (1956). Capital equipment analysis: The required rate of profit.
- Hafner, M., Yerushalmi, E., Fays, C., Dufresne, E., & Van Stolk, C. (Agosto de 2022). COVID-19 and the Cost of Vaccine Nationalism.
- Hayman, B., Kumar, R., & Downham, M. (Noviembre de 2022). Sustainable vaccine manufacturing in low and middle income countries.
- Hirschman, A. (1958). The Strategy of Economic Development.
- Kaddar, M., Milstien, J., & Schmitt, S. (Marzo de 2014). Impact of BRICS' investment in vaccine development on the global vaccine market.
- Khairi, L., Fahrni, M., & Lazzarino, A. (Agosto de 2022). The Race for Global Equitable Access to COVID-19 Vaccines.
- Kupek, E., & Viertel, I. (Diciembre de 2018). Postintroduction Study of Cost-Effectiveness of Pneumococcal Vaccine PCV10 from Public Sector Payer's Perspective in the State of Santa Catarina, Brazil.
- Marra, F., Cloutier, K., Oteng, B., Marra, C., & Ogilvie, G. (2009). Effectiveness and Cost Effectiveness of Human Papillomavirus Vaccine: A Systematic Review.
- MHCP. (Agosto de 2022). Metodología para el cálculo del costo promedio ponderado del capital.



- Morales-Zamora, G., Espinosa, O., Puertas, E., Fernández, J., Hernández, J., Zakzuk, V., . . . Paternina-Caicedo, A. (Septiembre de 2022). Cost-Effectiveness Analysis of Strategies of COVID-19 Vaccination in Colombia: Comparison of High-Risk Prioritization and No Prioritization Strategies With the Absence of a Vaccination Plan.
- OMS. (2017). White paper – establishing manufacturing capacities for human vaccines.
- OMS. (Marzo de 2020). Vector-borne diseases.
- OPS. (2023). Revolving fund vaccine prices for 2023.
- Ortiz, R., Markandya, A., & Hunt, A. (Marzo de 2009). Willingness to Pay for Mortality Risk Reduction Associated with Air Pollution in São Paulo.
- OWID. (s.f.). Coronavirus Pandemic (COVID-19). Obtenido de <https://ourworldindata.org/coronavirus>
- Padilla, J., Luzarazo, F., Murillo, O., Medigaña, F., Pachón, E., & Vera, M. (Septiembre de 2017). Epidemiología de las principales enfermedades transmitidas por vectores en Colombia, 1990-2016.
- Ray, T., Whitney, C., Fireman, B., Ciuryla, V., & Black, S. (Junio de 2006). Cost-Effectiveness of Pneumococcal Conjugate Vaccine: Evidence From the First 5 Years of Use in the United States Incorporating Herd Effects.
- Riaz, M., Ahmad, U., & Mohan, A. (Diciembre de 2021). Global impact of vaccine nationalism during COVID-19 pandemic.
- UNICEF. (s.f.). Vaccines pricing data. Obtenido de <https://www.unicef.org/supply/vaccines-pricing-data>
- Velásquez, G. (s.f.). Vaccines, Medicines and COVID-19 – How can who be given a stronger voice – Rethinking Global and Local Manufacturing Products After COVID-19.
- World Bank. (Junio de 2014). Environmental Health Costs in Colombia.
- Zaidi, A. (Julio de 2021). Geographically distributed manufacturing capacity is needed for improved global health security.