



**Universidad Autónoma de Zacatecas**

**“Francisco García Salinas”**

**Unidad Académica de Estudios del Desarrollo**

**Doctorado en Estudios del Desarrollo**

**MODELOS DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA Y DESARROLLO DE  
VACUNAS CON NANOTECNOLOGÍA CONTRA LA COVID-19 EN  
MÉXICO**

**TESIS PRESENTADA POR**

**Mtra. Claudia Lucía Esparza Vela**

**PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTORA EN ESTUDIOS DEL DESARROLLO**

**Director:**

Dr. Edgar Záyago Lau

**Codirector:**

Dr. José Antonio Déniz Espinós

**Zacatecas, Zac. México, octubre 2024**

## *Dedicatoria*

*A mi mamá, mi mayor ejemplo.*

*Esta investigación es por y gracias a ti. Gracias por apoyarme, formarme e impulsarme a ser una mejor persona, una gran profesionalista y un mejor ser humano. Gracias por tu amor, tus sonrisas y tu tiempo. Insisto, ¡nos hizo falta tiempo!*

*Durante el 2021, debido a la pandemia de la Covid-19, iniciando el segundo semestre de mi doctorado, viví la experiencia más dolorosa de mi vida: perderte, mamá.*

*Esto me motivó a adentrarme en esta investigación y a no rendirme a pesar de las adversidades y el inmenso dolor que sigo sintiendo. Tu ausencia me duele cada día, pero también me ha dado la fortaleza para no permitirme fallar.*

*Toda esta tesis, desde la primera hasta la última página, está dedicada a ti, mami, pues mi mayor motivo es entender por qué tú no tuviste la oportunidad de recibir una vacuna, por qué no pudiste seguir viviendo.*

*Mamá, para ti, mi más grande admiración y amor eterno. Gracias por darme la vida y por llenarme de ganas de vivir y ayudar a que otros sigan viviendo. Tu ejemplo me guiará hasta el último día de mi vida.*

*A mi papá, por ser mi mayor ejemplo de lealtad y honestidad; de perseverancia y trabajo. Gracias por tu apoyo, confianza e impulso para ser la mejor en todo lo que haga.*

*A mi hermana, querida "Poni", nos tocó vivir un camino muy difícil en los últimos años. Sin embargo, no nos soltamos de la mano. Gracias por ser mi gran amiga, mi soporte y confidente de vida.*

*A ti, Agustín, mi gran maestro de vida, gracias por enseñarme a trabajar, por guiarme, por ser mi consejero y mi gran amigo. Mi respeto y admiración siempre.*

*A todos ustedes, mi amor y mi agradecimiento infinito. Sin ustedes, no sería quien soy hoy.*

**Apellidos, Nombre**

Modelos de transferencia tecnológica y desarrollo de vacunas con nanotecnología contra la Covid-19 en México / por Esparza Vela, Claudia Lucía - Zacatecas, Zac., México, 2024.

**Director: Dr. Edgar Záyago Lau**

Tesis Doctorado en Estudios del Desarrollo. Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad de Estudios del Desarrollo.

1. (Innovación).
2. (Vacunas con nanotecnología).
3. (Covid-19).
4. (Dependencia).

## Agradecimientos

Este trabajo es el resultado de años de esfuerzo y dedicación, en los que he tenido la fortuna de contar con el apoyo, orientación y confianza de personas cuyo compromiso fue fundamental para la conclusión de esta investigación. En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Dr. Edgar Záyago Lau, mi director de tesis, por su valioso tiempo, constante orientación y confianza en el desarrollo de este proyecto. Sus comentarios y sugerencias fueron clave para alcanzar los objetivos de esta investigación.

Asimismo, mi gratitud al Dr. José Déniz Espinós, mi co-director, quien con su experiencia y guía me ayudó a profundizar en los temas centrales de esta tesis. También agradezco de manera especial a la Dra. Mónica Guadalupe Chávez Elorza, mi lectora interna, por sus observaciones críticas y enriquecedoras, las cuales contribuyeron de manera significativa a mejorar la calidad de este trabajo.

A mis lectores externos, el Dr. Edgar Ramón Arteaga y el Dr. Daniel Alaniz, les agradezco por su tiempo, dedicación y valiosas aportaciones que permitieron consolidar este proyecto con una perspectiva más amplia y enriquecedora.

Quiero hacer un reconocimiento especial a mis profesores, la Dra. Armida García, el Dr. Guillermo Foladori y el Dr. Víctor Villafañe, por haberme brindado las herramientas y conocimientos necesarios para desarrollar esta investigación. Su enseñanza y apoyo me inspiraron a continuar adelante en cada etapa del doctorado.

No puedo dejar de agradecer al personal administrativo de la Unidad Académica en Estudios del Desarrollo, especialmente a Norma Herrera, por su incansable trabajo de gestión y apoyo logístico durante todo este proceso.

Finalmente, agradezco al CONAHCYT por el financiamiento otorgado para la realización de mis estudios de doctorado, lo cual fue indispensable para lograr esta meta en la Unidad Académica en Estudios del Desarrollo de la Universidad Autónoma de Zacatecas "Francisco García Salinas". A la Universidad, mi gratitud por ser un pilar en la educación pública de calidad, comprometida con el desarrollo de México.

# Contenido

<i>Dedicatoria</i> .....	2
Agradecimientos .....	4
Resumen .....	11
Palabras clave .....	11
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	13
Antecedentes .....	13
La nanotecnología y la Covid-19 .....	16
Impacto de la Pandemia de la Covid-19 en México .....	18
Planteamiento del Problema de Investigación .....	19
Pregunta de investigación .....	24
Hipótesis de trabajo .....	24
Objetivo general y específicos .....	25
Objetivo general .....	25
Objetivos específicos .....	25
Justificación .....	25
Estrategia metodológica.....	26
Cronograma de trabajo .....	28
<b>CAPÍTULO I. APROXIMACIÓN A LOS CONCEPTOS DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA</b> .....	29
1.1    Los procesos de innovación .....	29
1.2    Sistema Nacional de Innovación .....	33
1.3    Transferencia Tecnológica .....	37
1.4    La relación centro-periferia y dependencia en el proceso de innovación .....	41
1.5    Nanotecnología, salud y desarrollo.....	47
Conclusiones .....	51
<b>CAPÍTULO II. PATENTES: EFECTO INHIBIDOR EN LA TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA</b> .....	53
2.1    Institucionalización de la desigualdad: propiedad y patentes .....	54
2.2    Empoderamiento de los países hegemónicos con el uso de las patentes a lo largo de la historia.....	59
2.2.1. Desventajas de las patentes para los países periféricos en tiempos de la Covid-19.	72
2.3    Ejemplos de la desigualdad en el uso de las patentes .....	80
2.3.1 Las patentes sin utilidad productiva.....	80

2.3.2 Patentes y empresas trasnacionales .....	82
2.3.3 La confidencialidad .....	84
2.3.4 Costos de las patentes.....	85
2.4 Patentes como medio de obstrucción de la transferencia tecnológica hacia los países periféricos.....	86
Conclusiones .....	88
<b>CAPÍTULO III. MÉXICO EN LA GLOBALIDAD DE LA INNOVACIÓN Y EL DESARROLLO DE VACUNAS CON NANOTECNOLOGÍA CONTRA LA COVID-19.....</b>	<b>90</b>
3.1 Dinámica de innovación mundial para el desarrollo de vacunas.....	93
3.2 Capacidades científicas y tecnológicas de la industria farmacéutica para la I+D de vacunas con nanotecnología .....	104
3.2.1 Capacidades educativas y de formación para el desarrollo de vacunas en México	112
3.3 Desarrollo de vacunas con nanotecnología para prevenir la Covid-19 y centros hegemónicos .....	114
3.4 Proceso de transferencia tecnológica en la industria farmacéutica .....	119
3.4.1 Análisis de la Dinámica de Dependencia Tecnológica en la Farmacéutica en México .....	124
3.5 El desarrollo de vacunas con nanotecnología en México .....	125
Conclusiones .....	132
<b>CAPÍTULO IV. EL DESARROLLO DE VACUNAS CON NANOTECNOLOGÍA, EL LABERINTO DEL INTERCAMBIO DESIGUAL.....</b>	<b>133</b>
4.1 Inversión privada y alianzas público-privadas en la investigación y desarrollo .....	135
4.1.1 Aspectos éticos y de gobernanza en la inversión y colaboración para las vacunas con nanotecnología .....	143
4.2 Patentes de las vacunas con nanotecnología contra la Covid-19.....	148
4.2.1 Marco legal de las patentes: contexto de las vacunas con nanotecnología contra la Covid-19 .....	151
4.3 Desarrollo desigual en las vacunas con nanotecnología.....	159
4.3.1 Distribución, producción y comercialización de vacunas con nanotecnología contra la Covid-19 .....	162
4.3.2 Inversión en I+D de vacunas con nanotecnología contra la Covid-19 en México...	165
4.4 Transferencia tecnológica y el desarrollo de vacunas con nanotecnología en México ..	171
4.4.1 Factores históricos y estructurales y la construcción tecnológica soberana en México .....	176
Conclusiones .....	180

<b>CAPÍTULO V. HACIA UN MODELO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA PARA LA DISTRIBUCIÓN EQUITATIVA DE LAS VACUNAS COVID-19</b> .....	183
<b>5.1 Recapitulación y problematización de resultados</b> .....	184
<b>5.1.1 Distribución e inequidad de las vacunas con nanotecnología en México y el mundo</b> .....	185
<b>5.2 Barreras en la distribución equitativa de las vacunas con nanotecnología contra la Covid-19</b> .....	187
<b>5.2.1 Limitaciones en la producción, suministro y distribución de las vacunas con nanotecnología a nivel local, regional y global</b> .....	188
<b>5.2.2 Desafíos económicos y políticos en el acceso a las vacunas con nanotecnología</b> .....	190
<b>5.3 Hacia un modelo de transferencia de tecnología en la distribución de las vacunas con nanotecnología contra la Covid-19</b> .....	191
<b>5.3.1 Cooperación internacional y solidaridad sanitaria global</b> .....	193
<b>5.3.2 Mecanismos de financiamiento y transferencia tecnológica con bienestar social</b> ...	195
<b>5.3.2 Alianzas público-privadas en la producción y distribución</b> .....	198
<b>5.3.4 Ética, legalidad y bienestar de las vacunas con nanotecnología</b> .....	200
<b>5.4 Viabilidad y probidad técnica: un análisis de factibilidad</b> .....	202
<b>CONCLUSIONES</b> .....	206
<b>REFERENCIAS</b> .....	210

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Número de Solicitudes de Patente (2013-2020) de Instituciones de Educación Superior en México</i> .....	66
<i>Tabla 2 Número de Solicitudes de Patente (2013-2020) de Centros de Investigación en México</i> ....	66
<i>Tabla 3 Solicitantes o propietarios de las patentes de vacunas Covid-19 en el Mundo</i> .....	68
<i>Tabla 4 Número de patentes concedidas en México a empresas farmacéuticas multinacionales</i> .....	79
<i>Tabla 5 Ejemplos de vacunas que utilizan nanotecnología en su desarrollo o fabricación</i> .....	91
<i>Tabla 6 Financiación para vacunas contra la Covid-19</i> .....	103
<i>Tabla 7 Alianzas Público-Privadas para el desarrollo de vacunas Covid-19</i> .....	142
<i>Tabla 8 Alianzas Público-Privadas para el desarrollo de vacunas Covid-19</i> .....	145
<i>Tabla 9 Las 20 principales patentes de vacunas Covid-19</i> .....	149
<i>Tabla 10 Estadísticas y correlaciones para el Coronavirus: Patentes basadas en palabras clave amplias (Patentes = 6896, Familias de Patentes = 2670)</i> .....	155
<i>Tabla 11 Empresas que han otorgado licencias para el desarrollo de vacunas Covid-19</i> .....	162
<i>Tabla 12 Fechas clave en la adquisición de vacunas en México</i> .....	166
<i>Tabla 13 40 países con mayor cobertura en inoculación contra la Covid-19</i> .....	169



## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 Resultado del Análisis de patentes de Coronavirus.....	152
--	-----

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Porcentaje de población con al menos una dosis recibida de las vacunas contra la Covid-19 a nivel mundial .....	22
Gráfico 2 Mayores fabricantes de vacunas del mundo.....	22
Gráfico 3 Total de solicitudes de patentes registradas a nivel mundial de 1990-2020.....	63
Gráfico 4 Solicitudes de Patentes en México.....	64
Gráfico 5 Patentes concedidas en México.....	65
Gráfico 6 Ranking mundial de los países que más invirtieron en investigación y desarrollo de vacunas contra el coronavirus para el 1 de octubre del 2022 .....	102
Gráfico 7 Inversión (en millones de dólares) de las empresas farmacéuticas .....	139

## **Resumen**

América Latina y el Caribe ha sido una de las regiones más afectadas por la Covid-19. La respuesta de las políticas públicas no fue adecuada para evitar altos niveles de mortalidad. El panorama latinoamericano ha sido heterogéneo en cuanto al impacto de la pandemia y la capacidad de respuesta de cada país. Las naciones de esta región enfrentan un reto común a corto plazo: establecer estrategias de vacunación eficaces y equitativas como elemento clave para la recuperación.

Este proyecto de investigación analiza cómo los modelos de transferencia tecnológica influyen en el desarrollo de vacunas con nanotecnología contra la Covid-19 en México. Se busca explicar la ausencia de una vacuna de origen mexicano, a diferencia de países con menores recursos económicos como Vietnam (Nanocovax) y Cuba (Soberana 01/02/Plus, Mambisa y Abdala). Históricamente, México ha sido ejemplar en el desarrollo de vacunas y su autosuficiencia en inmunización, siendo el Centro Regional de Referencia para Vacunas (LatinComm 2015).

Con base en la estrategia de México de sistematizar y agilizar las cadenas industriales de investigación y desarrollo (I+D), patentamiento, fabricación y comercialización de vacunas contra la Covid-19, este estudio avanza un argumento que explica por qué México, pese a ser el segundo país en Latinoamérica en desarrollo nanotecnológico y un ejemplo mundial en la producción de vacunas, tuvo un desarrollo tardío para configurar una vacuna contra la Covid-19. Actualmente, se ha convertido en un país dependiente, en espera de la respuesta de los países hegemónicos ante la pandemia.

## **Palabras clave**

Innovación, Sistema Nacional de Innovación, Transferencia Tecnológica, Centro-periferia, Vacunas con Nanotecnología, Dependencia

## **Summary**

Latin America and the Caribbean have been among the regions most affected by Covid-19. Public policy responses were inadequate to prevent high mortality rates. The impact of the pandemic and each country's response capacity varied across the region. Nations in this region face a common short-term challenge: establishing effective and equitable vaccination strategies as a key element for recovery.

This research project analyzes how technology transfer models influence the development of Covid-19 vaccines using nanotechnology in Mexico. It seeks to explain the absence of a Mexican-origin vaccine, unlike countries with fewer economic resources, such as Vietnam (Nanocovax) and Cuba (Soberana 01/02/Plus, Mambisa, and Abdala). Historically, Mexico has been exemplary in vaccine development and self-sufficiency in immunization, being recognized as the Regional Vaccine Reference Center (LatinComm 2015).

Based on Mexico's strategy to systematize and streamline the industrial chains of research and development (R&D), patenting, manufacturing, and commercialization of Covid-19 vaccines, this study advances an argument that explains why Mexico, despite being the second country in Latin America in nanotechnology development and a global example in vaccine production, was delayed in developing a Covid-19 vaccine. Currently, it has become a dependent country, waiting for the response of hegemonic nations to the pandemic.

## **Keywords**

Innovation, National Innovation System, Technology Transfer, Core-periphery, Nanotechnology Vaccines, Dependency

# INTRODUCCIÓN

## Antecedentes

La dependencia tecnológica, en el marco de las relaciones centro-periferia, adquiere pertinencia en el análisis sobre la subordinación de los esquemas de transferencia tecnológica en países como México, especialmente en relación con el objetivo de robustecer el avance tecnológico de los países centrales y potenciar la “maquila” científica en la periferia. La consecuencia de esto se manifiesta en una diferenciación desigual de cada país dentro del proceso productivo y la división del trabajo internacional (Holloway, 1993). Mientras algunos países generan su tecnología, otros dependen de la transferencia tecnológica, convirtiéndose en países consumidores.

Según Dos Santos (2011), las relaciones de dependencia son aquellas en las que un país puede desarrollarse en función del subdesarrollo de otro(s), y tienen tres características distintivas: i) la economía mundial es dirigida por monopolios tecnológicos que avanzan de acuerdo a la lógica del capitalismo y sus leyes de acumulación; ii) la división internacional de trabajo es el resultado de las relaciones económicas internacionales monopólicas; y iii) los países dependientes, forman estructuras internas que asimilan estos condicionamientos y redefinen sus intereses en función de quiénes los dominan (Dos Santos, 2011).

La dependencia tecnológica constituye uno de los principales obstáculos para el avance de un país. Para los países periféricos, la industrialización se planteaba como la solución ante la falta de dinamismo o estrechez del mercado interno o para la adquisición de divisas y el pago de la deuda externa (García Bedoy, 1992). En México, esta idea justificó el sacrificio de muchos objetivos sociales (educación, justicia social y salud) en aras de la industrialización dependiente. La base científica y tecnológica también se vio truncada, especialmente en cuanto a la creación de infraestructura y desarrollo tecnológico autónomo.

La mayor parte de la tecnología utilizada en México ha provenido del exterior, acentuándose en el periodo neoliberal de los últimos 30 años. Las empresas y el gobierno mexicano han actuado como receptáculos pasivos de la tecnología vía el mercado internacional. Las empresas transnacionales han aprovechado esta estructura dependiente para apropiarse del conocimiento endógeno mediante patentes, afectando el desarrollo de una

capacidad científica y tecnológica nacional y autónoma (Beltrán, Correa, Gómez, & Monroy, 1983).

Rodríguez Maya (2008) define la transferencia tecnológica como la necesidad de utilizar los recursos científicos y tecnológicos de manera más eficiente en colaboración con competidores, proveedores y otras instituciones públicas y privadas, incluyendo universidades. El proveedor y receptor pueden ser el Estado, organizaciones públicas y privadas, empresas nacionales o extranjeras y universidades (modelo de la triple hélice) (Londoño, Velásquez, Villa, Franco, & Viana, 2018). El objetivo de esta colaboración es completar el proceso de innovación para la elaboración de bienes y servicios de forma competitiva. La transferencia tecnológica se define como la transferencia de una técnica o conocimiento desarrollado por una organización a otra, que la adopta y utiliza. Este esquema funciona dentro de la lógica del capitalismo y potencia la acumulación, sin interés en “transferir tecnología” de manera solidaria a la periferia; por el contrario, el esquema traslada conocimiento para apropiarse del excedente científico posteriormente.

Países como Estados Unidos, Japón y China han experimentado una rápida integración al mercado global mediante la transferencia tecnológica. Un elemento clave de la carencia tecnológica en países emergentes, como México, es la débil vinculación entre centros de investigación y universidades con el sector social y productivo nacional. Se prefiere la vinculación con empresas transnacionales mediante proyectos específicos, lo que limita la capacidad científica nacional y subordina la capacidad productiva a largo plazo.

Existen varios modelos de transferencia tecnológica que predominan en la literatura. A continuación, se presentan los principales modelos, tomados de Londoño y colaboradores (Londoño, Velásquez, Villa, Franco, & Viana, 2018):

- **Modelo de apropiabilidad:** Destaca la importancia de la calidad en la investigación. La transferencia tecnológica sucede cuando la tecnología encuentra usuarios o el mercado la descubre. Este modelo es poco utilizado y ha evolucionado en otros.
- **Modelo de difusión:** Propaga la tecnología y la innovación a potenciales usuarios, generando un vínculo de proveedor al receptor. Sin embargo, es un proceso unilateral sin retroalimentación del receptor. Las organizaciones que más utilizan este modelo son empresas o institutos tecnológicos.

- **Modelo de utilización del conocimiento:** Busca la organización del conocimiento para un uso eficaz en el entorno de los usuarios de la tecnología. Enfatiza la comunicación entre desarrolladores, investigadores y usuarios, pero sufre una distorsión lineal.
- **Modelo lineal:** Va desde la investigación básica hasta la comercialización. Útil para entender el proceso de innovación, pero no refleja la transferencia de resultados de investigación a empresas; ignorando los mecanismos formales que logran el objetivo de la conectividad entre la universidad y la empresa.
- **Modelo no lineal (triple hélice):** Integra la participación del Estado, universidades y empresas. Dentro de las ventajas de este modelo, es que es una ampliación del papel del conocimiento en la sociedad y la economía, pero genera mayor complejidad.
- **Modelo dinámico:** Reformula el modelo lineal incorporando el modelo de difusión. Permite retroalimentación y se enfoca en metas específicas, pero no contempla factores externos.
- **Modelo latinoamericano:** Este se caracteriza por la vinculación entre las universidades y las empresas para transferir conocimiento. Permite a la universidad innovar, pero sólo participan la universidad y la empresa.
- **Modelo Catch-up:** Este modelo se basa en la captación e imitación de tecnologías realizadas por terceros. Es empleado en Japón y Corea para observar y mejorar las tecnologías hasta producir nuevas.

En México se aplican varios de estos modelos según las tecnologías o los agentes participantes. Algunas universidades nacionales protegen su conocimiento y tecnología sin enfocarse en las necesidades del sector social y productivo. Otras instituciones, como el Tecnológico de Monterrey, se concentran en el modelo de difusión. El modelo no lineal (triple hélice) se utiliza en Parques Científicos y Tecnológicos para vincular al sector productivo, científico y gubernamental, incluso para la nanotecnología, y, bajo la lógica subordinante de la dependencia, favorecer a entidades transnacionales (Záyago, 2011).

El modelo latinoamericano busca los servicios especializados de algunas universidades y centros de investigación para el desarrollo de productos o servicios específicos, pero con alcance limitado. Los países centrales no articulan modelos de transferencia tecnológica para

apoyar a países periféricos, sino para incentivar la dependencia, especialmente con tecnologías caducas (Sosa Pérez, 2014). Según Sosa (2014), para que la transferencia tecnológica funcione como un mecanismo de desarrollo, requiere un gobierno capaz de generar una estrategia científica y tecnológica alineada con las necesidades prioritarias del país.

### **La nanotecnología y la Covid-19**

La nanomedicina representa una aplicación innovadora de la nanotecnología en la medicina, utilizando nanopartículas y nanomateriales para el diagnóstico y tratamiento a escalas moleculares. Estas tecnologías permiten interacciones precisas con estructuras biológicas específicas, optimizando la administración de principios activos y minimizando efectos secundarios adversos, mejorando significativamente la eficacia de los tratamientos médicos (Jain, 2008).

En el contexto de la pandemia global de la Covid-19, la nanomedicina ha facilitado el desarrollo y mejora acelerada de las vacunas. Utilizando tecnología a nanoescala, se han desarrollado vacunas que cumplen con los requisitos de eficacia, mejorando la administración de dosis y reduciendo significativamente el tiempo de desarrollo. Estos avances son posibles gracias a la capacidad de la nanotecnología para interactuar de manera eficiente y precisa con el sistema inmunológico humano (Huang et al., 2022).

Los países con capacidades avanzadas en nanotecnología han liderado la carrera global por la vacunación, evidenciando la correlación entre inversión en nanotecnología y beneficios económicos, además del fortalecimiento de la seguridad sanitaria nacional. Este liderazgo tecnológico ha redefinido los mercados, creado nuevos nichos económicos y establecido pautas en la dinámica del poder económico global en la era post-pandemia.

En México, la situación es contrastante. A pesar del reconocimiento de la Organización Mundial de la Salud (OMS) a través de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) como Agencia Reguladora Funcional en materia de vacunas, la mayoría de las actividades se centran en la maquila de productos desarrollados



externamente. Esto indica una fuerte dependencia de la tecnología y conocimiento foráneo, limitando el desarrollo tecnológico autónomo del país (COFEPRIS, 2014; Secretaría de Salud, 2021).

El proceso de desarrollo de una vacuna, que típicamente puede durar de 10 a 15 años, se ha acortado significativamente con el uso de nanotecnología. Esta tecnología ha permitido experimentaciones rápidas durante las fases preclínicas y clínicas, acelerando los ensayos y permitiendo una respuesta más ágil a la emergencia sanitaria global. La producción y funcionalidad de estas vacunas han demostrado ser más eficientes y económicamente viables, destacando la importancia de invertir en esta área de la ciencia (OPS, 2020; AEMPS, 2020).

En el proceso de desarrollo de vacunas utilizando la nanotecnología, México enfrenta desafíos y oportunidades únicos que reflejan su contexto político y tecnológico. La investigación inicial es teórica y exploratoria, concentrada en centros de investigación académicos y algunas empresas biotecnológicas. Sin embargo, la falta de inversión estatal sostenida y la dependencia de fondos internacionales limitan el alcance de estos estudios preliminares (Foladori et al., 2017).

En la fase de desarrollo, donde se sintetizan y prueban los nanomateriales, México muestra una dependencia significativa de tecnologías, patentes y *expertise* foráneos, en contraste con modelos como el de Israel o Corea del Sur, donde hay un fuerte apoyo estatal para la innovación autóctona. La infraestructura tecnológica nacional es insuficiente para soportar el desarrollo a gran escala de nuevas tecnologías sin colaboraciones internacionales, que frecuentemente favorecen a los socios más poderosos económicamente (Félix, 2022).

La etapa de ensayos clínicos, que comprende la fase I en humanos, la fase II, la fase III y la fase IV, se realiza bajo rigurosas normativas internacionales. Antes de estos ensayos, se lleva a cabo la fase preclínica, que también sigue estrictos estándares internacionales (Zurita-Cruz et al., 2019). Sin embargo, México frecuentemente actúa más como un anfitrión para la realización de pruebas de vacunas concebidas y desarrolladas en otras naciones, en lugar de desempeñarse como un innovador o creador principal en este campo. Esta situación subraya y perpetúa la posición marginal de México dentro de la cadena de valor global de la biotecnología, limitando su papel a uno más reactivo que proactivo en la esfera de la investigación y desarrollo de nuevas soluciones médicas.

La fabricación de vacunas con nanotecnología en México es casi inexistente; la mayoría de las vacunas administradas son importadas o parcialmente fabricadas en el extranjero (Foladori, 2022). Las instalaciones de fabricación nacional carecen de la tecnología avanzada necesaria para producir vacunas basadas en nanotecnología, reflejando políticas de inversión que priorizan el bajo coste sobre el desarrollo tecnológico.

La distribución y administración de vacunas también plantean problemas. Mientras países como Alemania utilizan cadenas de suministro eficientes y avanzadas, en México la infraestructura de distribución es inadecuada, especialmente en áreas rurales, comprometiendo la efectividad de las campañas de vacunación y revelando disparidades en el acceso a la salud (Lima, 2021).

La adopción de la nanomedicina en el desarrollo de vacunas es un claro ejemplo de cómo la tecnología avanzada puede ser crucial para responder a crisis globales, ofreciendo soluciones rápidas y efectivas. Para México, existe la oportunidad y el desafío de avanzar en la autodeterminación tecnológica y superar la dependencia tecnológica. Fortalecer las capacidades nacionales en nanotecnología es imperativo para la seguridad sanitaria, la soberanía tecnológica y económica en un futuro competitivo global.

### **Impacto de la Pandemia de la Covid-19 en México**

La pandemia de la Covid-19 ha tenido un impacto significativo en México, afectando tanto la salud pública como la economía del país. El sistema de salud mexicano, caracterizado por su fragmentación y alta desigualdad, se enfrentó a una presión sin precedentes. Las medidas de confinamiento y las restricciones de movilidad, aunque necesarias para controlar la propagación del virus, también tuvieron consecuencias económicas devastadoras.

Los costos de hospitalización en el sector privado resultan prohibitivos para la mayoría de la población. De los aproximadamente 7.6 millones de casos de Covid-19 registrados en la base de datos del sistema de vigilancia epidemiológica hasta el 9 de mayo de 2023, cerca de 730 mil necesitaron hospitalización (9.6%). De estos, cerca del 50% fueron atendidos en el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), 31% en instalaciones de la

Secretaría de Salud y 8% en el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores (ISSSTE). Sólo 4% del total corresponde al sector privado. Según el Informe de la Comisión Independiente de Investigación sobre la Pandemia de Covid-19 en México, un porcentaje muy alto de los pacientes hospitalizados falleció: en promedio, 44% durante la emergencia, una cifra alarmantemente alta en comparación internacional, y mayor en los picos de la pandemia (Sepúlveda et al., 2024).

Estas cifras ponen de manifiesto las graves desigualdades en el acceso a la atención médica y los retos significativos que enfrenta el sistema de salud mexicano. La capacidad limitada de los hospitales públicos para manejar el volumen de casos graves y críticos destaca la necesidad de fortalecer la infraestructura sanitaria y mejorar la distribución de recursos.

### **Planteamiento del Problema de Investigación**

Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2021), en su reporte de actualización epidemiológica de la enfermedad por coronavirus (Covid-19), América Latina y el Caribe es una de las regiones más afectadas por la Covid-19, superando el promedio de casos y muertes de otras regiones del mundo. Esto no sorprende, ya que el avance en la vacunación ha sido heterogéneo en los países de la región, al igual que el desarrollo, la producción, el acceso, el almacenamiento, la distribución y la aplicación de vacunas (OPS/OMS, 2021). Estos problemas refieren a estructuras económicas, sociales, políticas e históricas que influyen en el desarrollo tecnológico desigual en el mundo, las cuales superan las relaciones técnicas vinculadas a las vacunas para prevenir la Covid-19.

Estados Unidos, Alemania, Reino Unido y China, entre otros países, controlan la investigación, el desarrollo, la producción y la distribución de vacunas; es decir, toda la cadena de producción. Esto tiene dos consecuencias: 1) la consolidación del monopolio de la producción y la comercialización, y 2) la fijación de los precios de acuerdo con los intereses económicos y políticos de las potencias mundiales (Lindner & Morante S., 2018). En el contexto de la emergencia mundial ocasionada por la pandemia de la Covid-19, la consecuente presión social y económica propició un rápido desarrollo y aprobación de la comercialización de las vacunas por las agencias sanitarias de varios países (OMS, 2021), lo

cual aseguró la ganancia monopólica para estas empresas. Este antecedente socioeconómico estructural ha tenido un efecto importante en el acceso a las vacunas, especialmente para los países periféricos, que no han podido vacunar a más de 3 de cada 100 personas por completo (Ansedo, 2021).

Es necesario puntualizar que en este proyecto de investigación no se reivindica el tecnologismo o la neutralidad científica. No se sostiene la tesis de que la tecnología es la solución a muchos de los problemas sociales, que tienen origen en gran medida en las contradicciones del modo de producción dominante; es decir, el modo de producción mercantil y capitalista. Se avanza en la identificación de los aspectos limitantes o causales por los que México no ha desarrollado una vacuna para prevenir la Covid-19, a diferencia de otros países con menor vigor económico como Vietnam con su vacuna Nanocovax (Tomoya Onishi, 2021) y las vacunas Abdala y Soberana de Cuba (Euronews, 2021). Esto implica necesariamente ubicar a los agentes que articulan el modelo de transferencia tecnológica hegemónico en México, la adaptación tecnológica y su incidencia en el desarrollo tecnológico nacional. Para este propósito, esta investigación se concentra en el caso de las vacunas Covid-19.

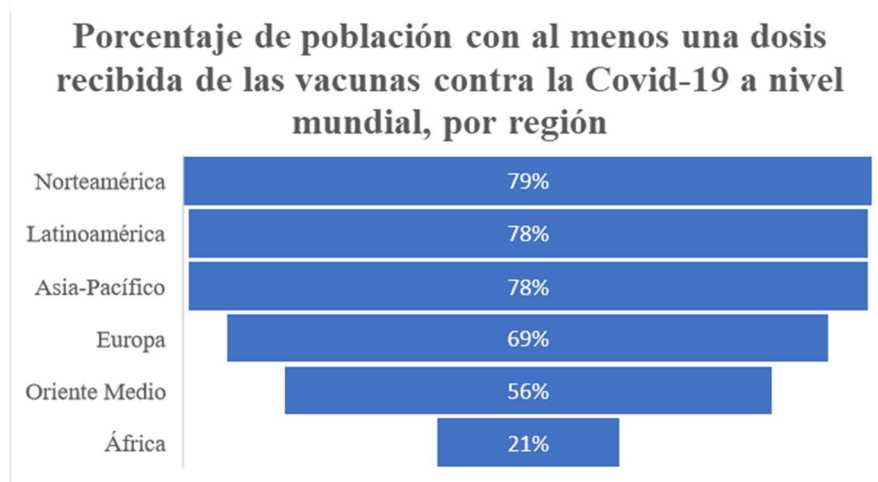
Los modelos de transferencia tecnológica vigentes en México comprenden un proceso en el cual los centros de investigación y universidades reciben subvenciones públicas que fomentan el desarrollo de innovaciones con demandas específicas de empresas. Sin embargo, la mayoría de estas empresas son subsidiarias o integrantes de corporaciones transnacionales, ya que las pequeñas y medianas empresas nacionales no cuentan con las capacidades y la infraestructura para llevar a cabo los procesos de absorción de la transferencia o de innovación (Merritt, 2011). La baja participación de la industria tecnológica nacional se refleja en el reducido número de empresas mexicanas en campos del conocimiento altamente especializados como la biotecnología, la nanotecnología, las tecnologías de la información y los materiales, donde los avances de las empresas transnacionales superan con creces las capacidades de sus contrapartes nacionales (Foladori & Záyago, 2010).

Uno de los grandes retos de las empresas mexicanas es el financiamiento. La gran mayoría de centros de investigación, laboratorios y universidades públicas recurren a mecanismos de financiación por parte del Estado para obtener recursos y poder realizar

investigaciones (Patiño González, 2018). Históricamente, el financiamiento científico público se ha mantenido por debajo de las recomendaciones internacionales de destinar el 1% del Producto Interno Bruto (PIB) (OCDE, 2021). Esto ha derivado en una búsqueda constante de financiamiento por parte de las instituciones de investigación públicas mexicanas. La necesidad ha encontrado respuesta en esquemas elaborados por fundaciones, proyectos binacionales y agencias extranjeras (IDRC-Canadá, Fundación Nacional de la Ciencia de Estados Unidos (NSF), Programas Marco de la Unión Europea, Agencia Española de Cooperación y otras). La pregunta es si los intereses de las agencias de financiamiento extranjeras se han alineado con las prioridades de desarrollo nacionales.

La transferencia del conocimiento en el mundo se ha acelerado a partir de la integración de las economías nacionales en las últimas dos décadas. Las facilidades en el libre flujo de capital han permitido que los grandes corporativos tecnológicos puedan invertir en investigación y desarrollo (I+D) en lugares distintos a sus centros de operación. Se asume que la transferencia tecnológica y/o adopción subsecuente, es decir, aquellas tecnologías exógenas que los productores incorporan a sus sistemas productivos se realizan de manera automática o "natural". Sin embargo, la buena voluntad no comanda la lógica estructural que impulsa el desarrollo tecnológico; lo hace el dominio de la ganancia y la competencia, lo cual empequeñece cualquier intento solidario de intercambio tecnológico entre el polo desarrollado y el subdesarrollado del mundo. No se puede generalizar, pero es evidente que en el caso de las vacunas con nanotecnología para prevenir la Covid-19 lo que predomina es el negocio y no la solidaridad. Esto se refleja en la cobertura de dosis suministradas de vacuna contra la Covid-19 por región que registró Statista (Statista, 2022) como se muestra a continuación en el Gráfico 1:

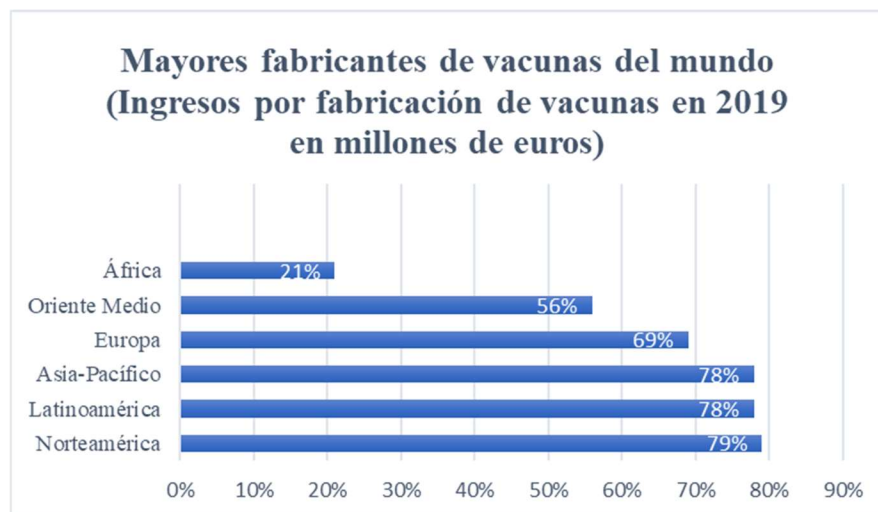
Gráfico 1 Porcentaje de población con al menos una dosis recibida de las vacunas contra la Covid-19 a nivel mundial



Fuente: Statista, mayo 2022

El sector farmacéutico a nivel mundial es dominado por las grandes empresas de países centrales: sólo 10 empresas controlan el 59% del mercado global. Esa supremacía se refleja en su participación en el mercado, el control y la dinámica del proceso de innovación; es decir, en toda la cadena de producción (Torres Domínguez, 2010). La infografía de Statista muestra a las empresas transnacionales que actualmente dominan el mercado del desarrollo y comercialización de vacunas, con la británica GlaxoSmithKline como líder del mercado, con unos ingresos de 8,326 millones de euros en 2019, según datos de la consultora del sector Evaluate (STATISTA, 2020), como se muestra en el Gráfico 2:

Gráfico 2 Mayores fabricantes de vacunas del mundo



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Statista, 2020

La Organización Panamericana de la Salud ha manifestado que la respuesta de muchos países latinoamericanos, entre ellos México, ha sido insuficiente debido a su limitada (o ausente) capacidad de producción de vacunas y su obligada distribución. Por tanto, ha propuesto un plan para liberar las patentes sobre vacunas, tecnologías y procesos de producción relacionados con la Covid-19. El plan se fundamenta en la iniciativa C-TAP (Acceso Mancomunado a la Tecnología contra la Covid-19), que implica un llamado a distintos gobiernos y empresas farmacéuticas para otorgar la categoría de "bien público" a todo lo relacionado con la producción de vacunas Covid-19 (de la Torre, 2021). Sin embargo, este esfuerzo no ha tenido suficiente eco a nivel mundial, ya que los intereses económicos han prevalecido frente a esta iniciativa.

Las inversiones han estado en sintonía con el contexto de crisis y las necesidades, lo que ha potenciado las proyecciones de retorno. En esta lógica, Estados Unidos y la Unión Europea apuntalaron a las cinco mayores farmacéuticas privadas con recursos de entre mil y dos mil millones de dólares a cada una, a cambio de asegurar las vacunas para su población, así como el retorno en impuestos de la venta que harían a nivel mundial (Nava, 2021). Según estimaciones, 90.7% de los 6,600 millones de dólares invertidos en el desarrollo de las vacunas proviene del sector público (Global Health Centre, 2021). De acuerdo con la Red de Conocimiento sobre Innovación y Acceso a Medicamentos (2021), las empresas transnacionales que se vieron mayormente beneficiadas con estas inversiones fueron los laboratorios Janssen, Moderna, Pfizer-BioNTech, CureVac y Novavax (Knowledge Network on Innovation and Access to Medicines, s.f.).

En términos de acceso y distribución de las vacunas con nanotecnología Covid-19, el impacto de la inversión y el control monopólico del conocimiento ha exacerbado la diferenciación entre naciones y regiones. Esto se refleja en problemas de producción, aislamiento o subordinación de las capacidades tecnológicas nacionales de los países periféricos, escasez de materias primas e ingredientes de las vacunas, entre otros fenómenos.

## **Pregunta de investigación**

¿De qué manera los modelos de transferencia tecnológica, marcados por la dominancia de intereses económicos y políticos externos, afectan el desarrollo y accesibilidad de vacunas con nanotecnología contra la Covid-19 en México, destacando las consecuencias de las estructuras de dependencia tecnológica y la capacidad científica nacional?

La pregunta de investigación destaca cómo los modelos de transferencia tecnológica, dominados por intereses foráneos, afectan la innovación y la independencia tecnológica de México en el desarrollo y disponibilidad de vacunas con nanotecnología contra la Covid-19. Se examinan dos dimensiones clave: el impacto de la dinámica global en la I+D local, y los aspectos económicos desde el patentamiento hasta la comercialización de vacunas, esenciales para la soberanía y salud pública. Esta indagación justifica el enfoque de la tesis al unir el análisis crítico de políticas y financiamiento en ciencia, resaltando cómo la interacción global-local configura las estrategias nacionales ante la pandemia, y sugiere estrategias para fortalecer la autonomía y el desarrollo tecnológico de México.

## **Hipótesis de trabajo**

*La estructura actual de transferencia tecnológica en México, que favorece a entidades y mercados extranjeros, restringe significativamente la autonomía del país en el desarrollo de vacunas con nanotecnología contra la Covid-19. Este fenómeno se debe a una serie de barreras estructurales y políticas que perpetúan la dependencia tecnológica y limitan la inversión en investigación y desarrollo alineada con las necesidades nacionales.*



## **Objetivo general y específicos**

### **Objetivo general**

- Analizar cómo operan los modelos de transferencia tecnológica en el sector salud de México y sus implicaciones en el desarrollo de vacunas con nanotecnología Covid-19.

### **Objetivos específicos**

- Identificar las capacidades científicas y tecnológicas en la industria farmacéutica para el desarrollo de vacunas con nanotecnología Covid-19.
- Analizar las políticas en ciencia y tecnología, así como los programas de financiamiento para el desarrollo de vacunas.
- Analizar la interacción de los agentes que participan en la cadena de producción de desarrollos tecnológicos en el sector salud (vacunas).
- Proponer un esquema que mejore la distribución equitativa de las vacunas con nanotecnología y garantizar que los países más necesitados tengan acceso a ellas en igualdad de condiciones.

## **Justificación**

La crisis de la Covid-19 surgió cuando las economías latinoamericanas ya mostraban una vulnerabilidad macroeconómica acentuada: entre 2010 y 2019 la tasa de crecimiento del producto interno bruto (PIB) de la región pasó del 6% al 0.2%, lo cual significa el desempeño más débil desde 1950 (CEPAL, 2020). En México de abril a junio del 2020, el PIB se contrajo un 53.2%, la producción industrial (construcción y manufacturera) disminuyó un 65.9% y el empleo formal se redujo un 3.5% (Cañas & Smith, 2020).

Para enfrentar esta crisis sanitaria y económica, los países diseñaron distintas estrategias para aliviar los efectos de la pandemia, como el distanciamiento social, cierre de

fronteras, la disminución en la movilización social, la pausa de varias actividades económicas, “la virtualización” de las escuelas y, desde luego, la inoculación de su población.

En este trabajo se realiza un análisis del proceso de transferencia de conocimientos y tecnología de las vacunas, con la finalidad de enunciar los motivos por los que México no ha tenido la capacidad para desarrollar vacunas de base nanotecnológica para prevenir la Covid-19.

### **Estrategia metodológica**

La cadena de producción o valor se define como las distintas etapas por las que transita un producto, desde su investigación y desarrollo hasta su comercialización (Gereffi, 2014). Se propone una metodología cuantitativa que sistematice y organice información de la cadena de producción de la nanotecnología, enmarcada en el modelo de transferencia tecnológica vigente en México. Además, se adopta un enfoque metodológico mixto que integra el análisis cuantitativo de datos sobre la producción y patentamiento de vacunas con un enfoque cualitativo centrado en la evaluación de políticas públicas y estrategias de financiamiento en ciencia y tecnología.

Este método permitirá examinar cómo las dinámicas de poder global y los marcos regulatorios afectan la transferencia tecnológica y el desarrollo de capacidades científicas locales, enfocándose en las restricciones que enfrenta México para alcanzar una innovación autónoma y responder eficazmente a emergencias sanitarias. Para ello, se comienza con un análisis bibliométrico sobre vacunas Covid-19 mediante el acceso a diversas bases de datos. El propósito es identificar la producción de conocimiento científico sobre las vacunas con nanotecnología contra la Covid-19 y la participación de México y el mundo en este campo.

Posteriormente, se recolectan datos relevantes sobre las patentes para explicitar cómo opera el modelo de transferencia tecnológica en México. Para ello, se utilizarán fuentes como World Intellectual Property Organization (WIPO), Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual (IMPI), Matheo Patente, Google Patents, entre otros. Las patentes servirán para evaluar la propiedad del conocimiento sobre las vacunas Covid-19, así como la participación

de investigadores e instituciones nacionales. Después, se realiza un estudio del mercado mundial de vacunas Covid-19, identificando a los financiadores, productores y comercializadores.

Otros aspectos importantes por identificar y analizar en este proyecto incluyen: políticas públicas en ciencia y tecnología (CyT) en México, capacidad de formación de recursos humanos (programas educativos), programas de I+D, acuerdos comerciales, regulación del sector farmacéutico, y otros más. Todo esto con énfasis en la capacidad nacional para desarrollar vacunas basadas en nanotecnología para prevenir la Covid-19.

La presente investigación está estructurada en cinco capítulos. El Capítulo I se enfoca en la conceptualización de la transferencia tecnológica, los procesos de innovación, y la relación centro-periferia en el ámbito de la innovación tecnológica, abordando también la nanotecnología y su impacto en la salud. El Capítulo II analiza el papel de las patentes como elemento inhibitor en la transferencia tecnológica, destacando cómo las patentes fortalecen la desigualdad en la innovación farmacéutica. En el Capítulo III, se aborda la posición de México en el panorama mundial de innovación, haciendo énfasis en las capacidades científicas y tecnológicas del país para el desarrollo de vacunas con nanotecnología. El Capítulo IV explora el desarrollo desigual de las vacunas con nanotecnología en México, examinando la inversión y las alianzas público-privadas en este proceso. Finalmente, el Capítulo V propone un modelo de transferencia tecnológica para la distribución equitativa de las vacunas contra la Covid-19 en México y el mundo, analizando barreras y posibles soluciones para mejorar la equidad en el acceso.

## Cronograma de trabajo

Cronograma de trabajo								
Actividad	Semestre							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Formación básica en Estudios Críticos del Desarrollo	■							
Afinación del Protocolo de Investigación		■						
Identificación de Teorías del Desarrollo ligadas a la Transferencia de Tecnología			■					
Estudio de los modelos de transferencia tecnológica en el mundo			■					
Identificación de Teorías del Desarrollo ligadas a las vacunas con nanotecnología			■					
Obtención y análisis de investigadores			■					
Obtención y análisis de patentes			■					
Obtención y análisis de publicaciones relacionados al tema			■					
Obtención y análisis de tecnologías relacionadas con el desarrollo de vacunas con nanotecnología			■					
Obtención y análisis de políticas públicas en Ciencia y Tecnología			■					
Análisis del impacto de distintas políticas públicas			■					
Análisis de las ganancias del usufructo de tecnologías empleadas en el desarrollo de vacunas con nanotecnología			■					
Propuesta de diseño del modelo alternativo de transferencia tecnológica en el desarrollo de vacunas con nanotecnología con mayor impacto social				■				
Escritura de Tesis Doctoral					■			

Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO I. APROXIMACIÓN A LOS CONCEPTOS DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA**

En el contexto de la crisis causada por la pandemia de Covid-19, se han planteado necesidades específicas para cada región con el objetivo de responder y prepararse para futuras emergencias sanitarias. México sufre las consecuencias de la incertidumbre generada por el escenario posterior a la pandemia, especialmente porque la Covid-19 evidenció las carencias de infraestructura y desarrollo de la tecnología médica endógena. México asumió un papel dependiente ante los países que avanzaron en el desarrollo de biológicos para controlar el virus. Por ello, en el presente proyecto de investigación se analiza por qué México, pese a ser el segundo país en desarrollo nanotecnológico en Latinoamérica y uno de los más reconocidos en el desarrollo de vacunas, no pudo configurar su propia vacuna.

En este primer capítulo se presenta una recopilación de las consideraciones teóricas que sustentan el proyecto de investigación. En el primer apartado, se aborda el origen histórico del concepto de “innovación”, resaltando la definición de su precursor, Joseph Schumpeter. En el siguiente apartado, se explora el surgimiento y la evolución de los Sistemas de Innovación desde distintas escuelas de pensamiento y sus características. A continuación, se presenta el proceso y los modelos de transferencia tecnológica. Posteriormente, se realiza un estudio de la teoría del desarrollo desigual, tomando en cuenta la relación centro-periferia en el proceso de innovación para dilucidar cómo esta relación se refleja en un desarrollo tecnológico médico desigual. Por último, se revisa la manera en que se articula la salud en el proceso de desarrollo, a partir de un análisis de la nanotecnología y su impacto en la salud, así como la importancia de las vacunas y su historia en México.

### **1.1 Los procesos de innovación**

Existen muchas aproximaciones en torno al concepto de innovación, considerado un elemento fundamental para estudiar la transformación en las condiciones de producción (Jordán, 2011). En este apartado se presentan las definiciones propuestas por diversos autores desde una perspectiva histórica, lo que permite obtener una visión más completa y

contextualizada del fenómeno de la innovación a lo largo del tiempo. Al explorar estas perspectivas históricas, se puede apreciar la evolución y las diferentes dimensiones que se han considerado en la comprensión de la innovación en el ámbito de la producción.

Los proto-conceptos de los economistas políticos clásicos sobre cambio tecnológico encaminaron el desarrollo teórico hacia lo que se interpretaría como innovación. Adam Smith planteaba que uno de los mecanismos de aumento en la productividad estaba en la invención de maquinaria y su capacidad de incrementar la producción (Smith, 1981). David Ricardo hablaba de que las mejoras técnicas y los descubrimientos científicos podían producir lo mismo utilizando menor cantidad de mano de obra (Ricardo, 1817). Marx también desarrolló este concepto de la maquinaria (tecnología) tanto como fenómeno social como potenciador del trabajo. Marx afirmaba que las herramientas surgen a raíz de las necesidades del ser humano para aumentar la capacidad productiva del trabajo, y argumentaba que el cambio tecnológico es esencial para comprender la dinámica económica y el desarrollo de las fuerzas productivas (Marx, 1867). Según Marx, el progreso tecnológico es un factor clave en la transformación de las relaciones de producción y en el avance de las sociedades, ya que modifica las condiciones en las que se realiza el trabajo y potencia la explotación de las fuerzas productivas.

A principios del siglo XX surge la escuela neoclásica, en la que destacan autores como Marshall, Walras, Pareto y Jevons, entre otros. Esta escuela sostiene que las empresas tienen una función de producción y toman sus decisiones con base en las tecnologías que implementan, con la consigna de obtener mayores beneficios. Además, consideran que el conocimiento tecnológico puede ser analizado como explícito, imitable y fácilmente transmisible. Para ellos, las innovaciones siguen una secuencia temporal que inicia en la investigación y desarrollo y se inserta automáticamente en la producción y comercialización (Gallego, 2003).

Joseph Schumpeter fue el primer economista en desarrollar ampliamente el concepto de innovación, refiriéndose a ella como la “materia” más importante del capitalismo, la cual permite apuntalar la transformación económica, social y cultural en todo el sistema. El principal actor de este proceso es el empresario, encargado de realizar la innovación. Para

Schumpeter, la innovación regula el aumento o merma en las condiciones sociales (nivel de vida) en el capitalismo (Schumpeter, 1996). Schumpeter definió la innovación como:

*“La introducción de nuevos bienes o servicios en el mercado, el surgimiento de nuevos métodos de producción y transporte, la apertura de un nuevo mercado, la generación de una nueva fuente de materias primas y el cambio en la organización en su proceso de gestión” (Schumpeter, 1996, p.110)*

Por último, consideró que la difusión, es decir, la transferencia del conocimiento permite que la invención sea una herramienta que impacte económica y socialmente (Schumpeter, [1969] 1996). El proceso de innovación, según Schumpeter (1939), es un mecanismo interno que genera una evolución en el sistema capitalista, motivado por un emprendedor que persigue un reconocimiento científico. La innovación es una herramienta de competencia, y la empresa y el emprendimiento son sus factores determinantes (Schumpeter, 1939). Schumpeter consideraba que el desarrollo económico se da por dos tipos de fuerzas: los materiales (factores productivos como trabajo, tierra y material) y las inmateriales (factores técnicos y sociales), siendo estas últimas las que realmente generan crecimiento en el proceso de desarrollo productivo (Quevedo, 2019).

Durante las décadas de los setenta y ochenta surge el pensamiento evolucionista o neoschumpeteriano, con aportaciones de autores como Nelson y Winter, Dosi, Pavitt y Patel (Rivera & Caballero, 2003). Estos autores plantean que la tecnología evoluciona gradualmente y se difunde al mismo tiempo en un contexto influenciado por aspectos políticos, económicos e históricos. Por lo tanto, no todas las innovaciones generadas por una empresa tendrán el mismo impacto, pues dependerá de la recepción de la innovación en su entorno (Formichella, 2005).

La teoría evolutiva de Nelson y Winter define la innovación como el cambio de rutinas en una organización, donde el resultado de su implementación puede ser incierto, pero los cambios se implementan en busca de beneficios para la empresa (Lovera et al., 2008). Para Dosi, la innovación es *“la búsqueda y el descubrimiento, la experimentación y adopción de nuevos productos, nuevos procesos de producción y nuevas formas organizacionales”* (Dosi, 1988, p. 418). Él separaba el proceso de innovación en dos fases: la fase preparadigmática y la paradigmática. En la fase preparadigmática se desarrollan los aspectos

científicos y tecnológicos, mientras que en la paradigmática se generan innovaciones radicales que producen nuevos productos y procesos, permitiendo el surgimiento de nuevas empresas (Dosi et al., 1988).

Pavitt y Patel realizaron un estudio basado en algunos países de la OCDE sobre la distribución de actividades tecnológicas en las empresas para analizar el impacto en el desarrollo de los países. Entre sus hallazgos, encontraron que la capacidad de innovar no se limita solamente a la producción de información y que el entorno en el que se desarrolla una innovación afecta su dirección en el mercado (Pavitt & Patel, 1992).

A lo largo del tiempo podemos ver que el concepto de innovación decanta en lo mismo: es una transformación en búsqueda de un bien. Una de las últimas definiciones de innovación está dada por el Manual de Oslo y se define a la innovación como: *“la concepción e implantación de cambios significativos en el producto, proceso, el marketing o la organización de la empresa con el propósito de mejorar los resultados generando nuevos conocimientos”* (OCDE, 2006, p. 56) En el Manual de Oslo se identifican cuatro tipos de innovaciones que señalan cambios en las actividades de las empresas: *innovaciones de productos, procesos, organizativas y de marketing* (OCDE, 2006).

La innovación se ha convertido en un tema fundamental para comprender el dinamismo del sistema económico actual y el desarrollo social de una nación. A nivel global, la innovación no se ha distribuido de forma homogénea. En términos estructurales, la innovación marca una diferencia entre los países, con una importancia relativa entre quienes generan nuevas ideas y quienes las consumen. La innovación ha marcado una fuerte división entre los países centrales y periféricos, y la brecha del conocimiento sólo se compara con la brecha de ingresos entre los países. Esta división en la brecha de conocimientos es un problema que requiere mayor atención a nivel mundial y en términos geoestratégicos (Rojo, 2019). Esto se puede abordar desde el análisis de los sistemas nacionales de innovación de países tanto centrales como periféricos.



## 1.2 Sistema Nacional de Innovación

El Sistema Nacional de Innovación (SNI) es un conjunto de instituciones, políticas y procesos que interactúan para fomentar la innovación dentro de un país. Para comprender este concepto, es necesario abordar su origen, las definiciones planteadas por distintos autores y sus características. Rincón (2004) señala que el concepto de SNI se originó en 1841 y fue acuñado por Friedrich List debido a la necesidad de insertar un sistema que coadyuvara al desarrollo industrial y económico de Alemania. Se trata de un modelo interactivo para el uso y creación de conocimiento en el cual participan distintos agentes que se relacionan con la producción y desarrollo de tecnologías (Rincón Castillo, 2004).

La primera definición del SNI es sugerida por Freeman, quien lo describe como una red de instituciones públicas y privadas cuyas interacciones inician, importan, modifican, difunden y adoptan nuevas tecnologías. Posteriormente, este concepto fue utilizado por Lundvall y Nelson. Lundvall lo define como los elementos y relaciones que interactúan en la producción y uso de conocimiento nuevo y útil desde el punto de vista económico dentro de una región determinada. Para Nelson, el SNI es una serie de instituciones cuya interacción determina el desempeño innovador de las empresas de un país o región. Patel y Pavitt señalan que este modelo surge de la interacción entre las instituciones nacionales de un país, determinando la dirección del aprendizaje tecnológico y las actividades que pueden generar cambios en un país (Rincón Castillo, 2004).

Estas definiciones revelan cómo el SNI se fundamenta en la premisa de que los vínculos y las relaciones entre los agentes involucrados en la innovación son esenciales para impulsar el progreso tecnológico. Estas interacciones tienen el potencial de impactar significativamente en el desempeño económico de un país. Al reconocer la importancia de la colaboración y cooperación entre diferentes actores, el SNI busca fomentar un entorno propicio para el intercambio de conocimientos, la transferencia tecnológica y la sinergia entre empresas, instituciones académicas y el sector público. A través de esta interacción dinámica, se espera que el desempeño tecnológico se fortalezca y se generen resultados económicos positivos en términos de crecimiento, competitividad y desarrollo sostenible.

Pérez muestra cómo los Sistemas Nacionales de Innovación en América Latina se han utilizado de manera distinta a su objetivo principal, reorientándolos para buscar apoyo del sector público al productivo, olvidando la independencia de las instituciones científicas y tecnológicas (C. Pérez, 1992).

Lundvall y Freeman señalan que para ser líder en tecnología no se debe solamente imitar productos y procesos de otros; este proceso también depende de los cambios sociales dentro de la industria y los demás agentes que participan en él. Consideran la importancia de estudiar la interacción de estos agentes para comprender por qué este proceso es más eficaz y rápido en algunas áreas que en otras (Rivera & Caballero, 2003).

Lundvall explica que dentro de las características del Sistema Nacional de Innovación destaca que es un proceso social e interactivo en un entorno específico y que se centra a nivel nacional, por lo que la relación Estado-nación es importante porque permite la creación de entornos sociales y económicos más adecuados para el proceso de innovación. Destaca cómo el proceso de innovación debe estar integrado a los procesos sociales y económicos con los que está interrelacionado, por lo que se debe analizar desde su entorno sistémico (Johnson & Lundvall, 1994).

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) define al SNI como *“el conjunto de agentes, instituciones y normas en el que se apoyan los procesos de incorporación de tecnología”* (CEPAL, 2022, p.1). Los sistemas nacionales de innovación determinan la velocidad de generación, adaptación, adquisición y difusión de conocimientos tecnológicos en las actividades productivas de un país. Este proceso no es individual; incluye a universidades, institutos técnicos, laboratorios de investigación y desarrollo, así como otros agentes alejados de la ciencia y la tecnología, como organizaciones, instituciones financieras y el gobierno (CEPAL, 2022).

La innovación y el aprendizaje son procesos interactivos y arraigados a las relaciones entre personas y organizaciones, es decir, es el encuentro entre la necesidad y la oportunidad, por lo que son parte de un principio general. Esto significa un cambio de perspectiva entre lo estático y lo dinámico que redefine los límites del análisis económico. De esta forma, los sistemas de innovación deben ser estudiados como entidades tecno-económicas y socioculturales (Rivera & Caballero, 2003).

Una etapa importante para el análisis del Sistema Nacional de Innovación es el estudio de los sistemas regionales y el aprendizaje interactivo, en otras palabras, la interacción con los agentes y organizaciones del extranjero. Esta interacción es importante para que los agentes (movimientos sociales, empresas, partidos políticos, legisladores, etc.) utilicen los recursos de manera más adecuada y puedan estructurar políticas públicas eficientes para el desarrollo nacional (Rincón Castillo, 2004).

El desarrollo de las naciones se distingue por la cantidad de innovaciones introducidas, los métodos por los cuales dichas innovaciones son adoptadas y su composición sectorial. Además, se definen por la capacidad de interactuar e innovar. Un Sistema Nacional de Innovación se diferencia por tener áreas de mayor dinamismo en función de los recursos de aprovechamiento surgidas de la tradición y especialización productiva. En este sentido, se entiende que la estructura de un Sistema Nacional de Innovación no puede ser transferida de un país a otro, dado que afecta a un país específico, dependiendo de la organización de sus mercados productivos y sus sectores prioritarios (Beltrán-Morales et al., 2018).

Los tres grupos de factores que afectan la dirección de una innovación tecnológica en un país son: sus instituciones nacionales (empresas, universidades, instituciones financieras, entre otras); sus competencias en producción e investigación; y los incentivos y presiones en el mercado nacional a los que deben responder las empresas. La interacción de estos factores es fundamental para el adecuado funcionamiento del sistema de innovación y difieren entre sí, puesto que algunos son públicos y otros privados. El carácter sistémico fue adoptado por Lundvall para referirse a la red de vínculos de cooperación entre productores y usuarios, que va desde la búsqueda conjunta de aprendizaje y tiene como resultado avances tecnológicos determinados, que pueden ser valorados para examinar posibilidades de innovación y ejecución (Johnson & Lundvall, 1994).

Rincón considera necesario fomentar el desarrollo de un Sistema Nacional de Innovación, que surja de un modelo interactivo de creación y aplicación del conocimiento en búsqueda constante de una competitividad sostenible que mejore la calidad de vida de la población, apegado a las necesidades estratégicas de una región. Es un concepto clave para abordar el impacto de la innovación en países centrales y periféricos y debe ser adecuado,

dependiendo de las realidades históricas e institucionales de cada país (Rincón Castillo, 2004).

En este contexto de búsqueda constante por la competitividad sostenible y el mejoramiento de la calidad de vida, es fundamental considerar el papel que juegan las empresas transnacionales dentro del sistema de innovación. Dichas entidades, movidas primordialmente por la maximización de beneficios, ejercen una influencia significativa sobre la dirección del desarrollo tecnológico y la innovación (Mortimore, 1993). A menudo, sus estrategias se orientan hacia la consolidación de tecnologías dominantes que aseguren su posición competitiva en el mercado global, en lugar de fomentar soluciones inclusivas y equitativas. Esta lógica de operación, centrada en la rentabilidad antes que, en la responsabilidad social, puede limitar la diversificación tecnológica y profundizar las brechas de conocimiento entre países, enfatizando la necesidad de revisar y fortalecer los mecanismos de cooperación y participación en los Sistemas Nacionales de Innovación. Al reconocer estos desafíos, se subraya la importancia de una mayor inclusión y equidad en la generación y aplicación del conocimiento tecnológico, para que la innovación beneficie de manera más amplia a la sociedad.

En el ámbito del desarrollo farmacéutico, las asimetrías en la capacidad tecnológica entre México y las naciones centrales revelan un patrón de dependencia y subordinación que se sustenta en un sistema internacional de innovación diseñado para favorecer a los países centrales (Reinert, 2004). Esta estructura fomenta la consolidación de monopolios tecnológicos y perpetúa barreras que restringen el desarrollo tecnológico autónomo de México, arraigando su posición periférica en la economía mundial. La evidencia de estos desequilibrios se manifiesta claramente en la distribución desigual del conocimiento científico y tecnológico, donde la transferencia de tecnología típicamente fluye de naciones centrales a periféricas, sin un mecanismo eficaz que permita una verdadera reciprocidad o cooperación horizontal.

El Sistema Nacional de Innovación de México, aunque estructurado para facilitar la integración tecnológica y el desarrollo económico, frecuentemente subestima la importancia de la autonomía tecnológica. En su forma actual, este sistema no sólo transfiere tecnología de manera unidireccional, sino que también limita la capacidad del país para adaptar,

modificar y reinnovar tecnologías extranjeras de acuerdo con sus necesidades locales y estratégicas (Arocena & Sutz, 2000). Esta dinámica está alineada con la teoría del intercambio desigual, que sugiere que los países periféricos como México están encerrados en un ciclo de dependencia tecnológica que beneficia desproporcionadamente a los países centrales a expensas de su propio desarrollo tecnológico y económico.

En este sentido, se adelanta una idea central para la propuesta de este trabajo de investigación para mitigar estas asimetrías. Es crítico repensar y reformular el SNI con un enfoque que priorice la innovación adaptativa y la creación de tecnología dentro de fronteras nacionales. Esto implica el establecimiento de políticas que promuevan la investigación y desarrollo local, incentiven la formación de capital humano especializado en áreas clave y fortalezcan las infraestructuras tecnológicas y de investigación. Además, es vital que México promueva la colaboración internacional basada en la equidad y la reciprocidad, asegurando que los acuerdos de transferencia tecnológica incluyan cláusulas que favorezcan la creación de capacidades a largo plazo y el intercambio justo de recursos y conocimientos.

El SNI debe evolucionar hacia un modelo que no sólo absorba tecnología, sino que también genere innovaciones sostenibles y pertinentes a los desafíos socioeconómicos específicos de México. Esto no sólo reduciría la brecha tecnológica con los países centrales, sino que también promovería una mayor equidad en el intercambio internacional de conocimiento y tecnología, alineando el desarrollo tecnológico con los objetivos de desarrollo sostenible y la soberanía nacional.

### **1.3 Transferencia Tecnológica**

La transferencia tecnológica, definida como el proceso mediante el cual el conocimiento y las tecnologías son transferidos de una organización a otra (WIPO, 2021), es un componente esencial en el avance del desarrollo de vacunas y otras innovaciones en el sector salud.

El conocimiento científico y tecnológico emanado de los centros de investigación públicos y privados, así como el originado en las instituciones de educación superior, ha sido articulado tradicionalmente en el sector productivo en países como Suiza, Suecia, Estados

Estados Unidos, Reino Unido y la República de Corea, según la clasificación del Índice Mundial de Innovación 2021 (WIPO, 2021).

La objetivación del conocimiento es un proceso natural en el capitalismo al convertirlo en parte de las fuerzas productivas (Sztulwark & Míguez, 2012). Sin embargo, es importante analizar la desigualdad que existe entre los países centrales y periféricos en cuanto a la transferencia tecnológica dentro del modo de producción mercantil y capitalista (Bravo, 2012). La problemática es de particular relevancia para América Latina y México.

Según Katz, el capitalismo incide en los ciclos de dominación tecnológica, como es evidente en el auge de China y el declive de Estados Unidos (Katz, 2020). América Latina es un ejemplo de desarrollo desigual en cuanto a la transferencia tecnológica, ya que toda inserción tecnológica debería generar una transformación positiva en un periodo de tiempo determinado. Sin embargo, en los países de la región esto no sucede, ya que este proceso se ve afectado por una sobre especialización en actividades básicas: un extractivismo exportador y una simulación de transferencia de conocimiento, habilidades y tecnología; elementos que fortalecen la relación de dependencia y subdesarrollo.

Los procesos de transferencia tecnológica han sido variados y existen distintas escuelas de pensamiento que representan una corriente teórica, aunque el terreno común en varias de ellas es reivindicar el papel de la tecnología en la acumulación.

Según Gallego, la teoría neoclásica de economía interpreta la tecnología como el cuerpo dado de información y conocimiento que puede ser aplicado para la producción de bienes y servicios (Gallego, 2012). Es decir, el saber de la empresa sobre las distintas posibilidades de producción que son, a su vez, los planes de producción físicamente posibles descritos por los ingenieros o bien el conjunto de todos los planes de producción tecnológicamente viables que generan un mayor valor. En este paradigma, el ámbito social se ve relegado a la iniciativa solo de empresas que desarrollen nuevos productos, servicios o procesos, por lo que este modelo de transferencia tecnológica puede relegar amplios sectores de la población, ya que lo que determina en última instancia su trayectoria son las estructuras económicas dominantes.

Por otro lado, Schumpeter introduce la propuesta de desarrollo económico con dos conceptos que han tenido un gran impacto en estudios posteriores: la innovación como causa

del desarrollo y el empresario innovador como propiciador de los procesos de innovación (Schumpeter, 1996). Este es un modelo en el que la innovación inicia la reacción de los agentes económicos que la equiparan o superan y propicia un estado de nuevo equilibrio que genera el estímulo para otra innovación, produciendo un estado de crecimiento tecnológico que puede ser bien asimilado socialmente (Schumpeter, 1939).

El pensamiento keynesiano señala a la política económica como la herramienta clave para el desarrollo de un país, ya que estimula la demanda a partir de la política fiscal y el déficit público (Novelo, 2016). Con esta lógica, el modelo de transferencia tecnológica keynesiana fomenta la inversión desde el gobierno en ciencia y tecnología, a partir de las tendencias de mercado que generan mayor retorno. En este paradigma hay un mayor protagonismo estatal en cuanto a direccionar el desarrollo de la ciencia y la tecnología, pero el “agente” a cargo de la transferencia sigue siendo la empresa. Este modelo ha propiciado un alejamiento y poco interés de las masas en los procesos de investigación y desarrollo de tecnología, incluso en su utilización, dejándolo en los primeros niveles de uso que suelen ser una caja negra, sin despertar interés por mejorar esa tecnología o utilizarla de una manera más innovadora.

La sociedad, en general, no ha tenido un desarrollo igualitario. Existen grupos que han generado habilidades y competencias que les ayudan a tener ventajas competitivas sobre otros. En esta situación, se van relegando grupos cuyos mecanismos para adquirir tecnología, transformarla y utilizarla les quedan cada vez más lejanos. Para Calderón (2010), el modelo evolucionista o neoschumpeteriano integra la tecnología en las actividades productivas como un proceso endógeno y considera la tecnología como información. Se piensa que la transferencia de conocimientos o de tecnología puede ser directa y barata, imitando un diseño, una fórmula o un procedimiento. Cuando la tecnología se considera conocimiento, entonces el receptor reconoce costos del aprendizaje y la aplicación, así como costos de oportunidad derivados del retraso en la adopción adecuada de la innovación (Calderón Martínez & Hartmann, 2010). En este modelo, aún quedan grupos que no acceden a esta transformación, lo que sigue propiciando la desigualdad social.

Por último, en el marxismo el cambio tecnológico se problematiza de cara al desarrollo cualitativo de las fuerzas productivas, en un marco de relaciones de propiedad

definidas por el modo de producción prevaleciente (Marx & Engels, 1848). Según Pereira (2018), innovar significa incrementar la fuerza social del trabajo en condiciones impuestas por las relaciones de producción dominantes. Por tanto, desde el marxismo la transferencia de tecnología se convierte en un proceso de valoración de capital, subordinando cualquier otro objetivo social a este primero. Esto tiene implicaciones en las condiciones de vida de la clase trabajadora.

En el marco del desarrollo tecnológico, los postulados marxistas y marginalistas ofrecen interpretaciones diferentes, especialmente en lo que respecta al cambio tecnológico, la innovación y la productividad marginal del trabajo. Desde una perspectiva marxista, el cambio tecnológico es visto no sólo como una evolución técnica sino también como una herramienta intrínseca de la dialéctica capitalista, utilizada por la clase dominante para reforzar su posición a través de la sobreexplotación del proletariado (Marx, 1867). Este enfoque pone de manifiesto la relación entre los medios de producción y la estructura social, donde la tecnología actúa como un instrumento de control y dominación, ampliando la brecha entre los propietarios de los medios de producción y los trabajadores.

Por el contrario, la visión marginalista, que omite de manera significativa el concepto de innovación como lo entendemos en el contexto moderno, se centra en la productividad marginal del trabajo. Esta teoría sugiere que el valor de la última unidad de trabajo añadida al proceso de producción es crucial para determinar los salarios en un mercado libre (Marshall, 1890). Sin embargo, esta perspectiva a menudo ignora cómo la acumulación de capital y el progreso tecnológico pueden afectar adversamente a los trabajadores, limitando sus derechos y capacidades de negociación frente a los propietarios del capital.

Los economistas marxistas critican esta visión por su falacia de composición y su incapacidad para reconocer las dinámicas de poder inherentes a la tecnología capitalista, que no sólo automatiza y desplaza al trabajo humano, sino que también modifica la composición del trabajo y la estructura clasista, perpetuando ciclos de dependencia y explotación. La innovación tecnológica, en el contexto marxista, no es simplemente la aplicación de la ciencia para mejorar la eficiencia, sino un proceso complejo imbricado con las relaciones de poder y control, donde el capitalismo utiliza la tecnología para consolidar aún más su dominio, a menudo a expensas del bienestar laboral.



## **1.4 La relación centro-periferia y dependencia en el proceso de innovación**

En el contexto de la globalización tecnológica, la relación centro-periferia se manifiesta en la distribución desigual de capacidades científicas y tecnológicas. México, al situarse en la periferia, enfrenta limitaciones marcadas por dependencias estructurales que condicionan su desarrollo tecnológico y científico. Estas dependencias se evidencian en el acceso diferencial a tecnología de punta y en la inversión en investigación y desarrollo, comparativamente menor que en países centrales como Estados Unidos y Alemania (Dutrénit, 2000). Según datos del World Bank (2022), la inversión en I+D como porcentaje del PIB en México es apenas un cuarto de la realizada en estos países, reflejando un escenario de subordinación tecnológica que limita las capacidades de innovación autónoma del país.

La relación centro-periferia es un concepto clave en las teorías económicas que describe la relación desigual entre países desarrollados (centro) y en desarrollo (periferia), en términos de comercio y tecnología. Este modelo se consolidó gracias a las contribuciones de Prebisch, quien postuló que las desigualdades en el desarrollo económico entre los países centrales y periféricos eran inherentes al funcionamiento del sistema capitalista a nivel global. Según su visión, los países periféricos, en su mayoría productores de materias primas, experimentaban una relación desfavorable en el intercambio comercial con los países centrales, lo que conducía a un deterioro en sus términos de intercambio y dificultades para alcanzar un desarrollo sostenido (Prebisch, 1981).

El modelo centro-periferia de Prebisch resalta las desigualdades estructurales en el comercio internacional que benefician a los países centrales a expensas de los periféricos, principalmente en la exportación de materias primas que perpetúan un ciclo de dependencia y subdesarrollo. Esta teoría ha sido fundamental para entender las limitaciones al desarrollo económico que enfrentan los países de la periferia debido a la dinámica de explotación y extracción de recursos hacia los centros industrializados. Según Prebisch, esta estructura de mercado internacional consolida una transferencia de capital de la periferia al centro, exacerbando la desigualdad económica y limitando la capacidad de los países periféricos para avanzar tecnológicamente de manera independiente (Martínez Peinado, 2011).

Contrastando con la teoría de Prebisch, la Teoría del Sistema Mundo de Immanuel Wallerstein proporciona una perspectiva más contemporánea y analítica sobre la globalización tecnológica y su impacto. Wallerstein expande el concepto de centro-periferia al integrar los aspectos políticos y sociales que también afectan las dinámicas de dependencia (Wallerstein, 1974). Según esta teoría, el mundo está dividido en tres estratos: centro, periferia y semiperiferia, donde la periferia produce recursos primarios para el centro y la semiperiferia actúa como un área mediadora que exhibe características de ambos extremos. Wallerstein pone un énfasis particular en cómo los países del centro utilizan la tecnología y las políticas de globalización para mantener su dominación, promoviendo un sistema donde las tecnologías avanzadas se desarrollan y se retienen en los centros, mientras que la periferia sigue atrapada en ciclos de dependencia tecnológica y económica (Wallerstein, 2011).

La aplicación de estas teorías en el contexto actual de globalización tecnológica sugiere que, mientras Prebisch se enfocaba en las estructuras económicas y comerciales tradicionales, Wallerstein ofrece un marco que considera la complejidad de las relaciones de poder en un mundo globalizado donde la tecnología juega un papel central. Ambas teorías sugieren que la transferencia tecnológica no es simplemente una cuestión de comercio y economía, sino un fenómeno multidimensional que incluye poder político, control cultural y hegemonía ideológica. En el sistema actual, la tecnología no sólo es una herramienta de desarrollo sino también un medio de control y dominación, donde los países centrales establecen y mantienen reglas que perpetúan su superioridad tecnológica y económica. Esto resalta la necesidad de políticas y estrategias de desarrollo que no sólo busquen equilibrar el comercio internacional sino también promover una distribución más equitativa de la tecnología y la capacidad innovadora global.

Se han planteado nuevos desafíos en relación con la aplicación del concepto de los sistemas nacionales de innovación a los países en la periferia capitalista. En este sentido, los estudios de Viriela, Costa y Pereira (2020) resaltan la importancia de los trabajos realizados por Lundvall y Nelson en este campo. Estos estudios han contribuido significativamente al desarrollo de enfoques y metodologías para comprender los sistemas nacionales de innovación en contextos periféricos.

Lundvall y Nelson han destacado la necesidad de considerar las particularidades y desafíos específicos que enfrentan los países periféricos en su camino hacia el desarrollo tecnológico y económico. Sus investigaciones han puesto de relieve la importancia de fortalecer las capacidades internas de innovación, promover la transferencia de conocimientos y tecnologías relevantes, así como mejorar los marcos institucionales y políticas que favorezcan la creación y adaptación de tecnologías en los países periféricos. Estas contribuciones han enriquecido el análisis de los sistemas nacionales de innovación y han proporcionado orientaciones valiosas para abordar los desafíos específicos de los países en la periferia capitalista (Borrastero, 2016).

Sin embargo, surgieron nuevos desafíos en relación con la aplicación de estos conceptos a los países de la periferia capitalista. Los estudios de Lundvall y Nelson han realizado importantes contribuciones en este campo, destacando la importancia de las revoluciones tecnológicas que han reconfigurado el sistema capitalista a lo largo del tiempo (Viriela et al., 2020). Estas revoluciones tecnológicas surgen de la interacción de los agentes en un sistema nacional de innovación y sugieren cambios en dicho sistema a medida que el capitalismo evoluciona (Viera, 2011).

La propuesta de Freeman en cuanto a la distinción de tipologías, tales como la teoría de la dependencia, la teoría de la industrialización por sustitución de importaciones y el modelo de crecimiento orientado a la exportación, resulta igualmente relevante para la comprensión de las disparidades entre los países periféricos, específicamente en el contexto de América Latina, que continúan enfrentando desafíos asociados al subdesarrollo. Además, se ha observado que algunos países han seguido una trayectoria divergente para escapar de esta situación periférica, tal como lo han hecho Corea del Sur y Taiwán (Ocampo, 2008).

En el caso de los países periféricos en América Latina, se percibe la necesidad apremiante de superar obstáculos estructurales que han limitado su progreso en términos de desarrollo tecnológico y económico. Estos países se caracterizan por su baja inversión en actividades de innovación y su elevada dependencia económica en la exportación de materias primas.

Frente a esta realidad, resulta esencial considerar las estrategias adoptadas por países como Corea del Sur y Taiwán, que han logrado impulsar su desarrollo a través de la

diversificación económica, la inversión en investigación y desarrollo, y la promoción de capacidades científicas y tecnológicas. Estos casos de éxito evidencian la importancia de políticas específicas y la construcción de sistemas nacionales de innovación sólidos.

Es fundamental destacar que las tipologías propuestas por Freeman no deben considerarse estáticas, sino que deben adaptarse y evolucionar a medida que los sistemas nacionales de innovación y el contexto global cambian. Los países periféricos deben enfrentar el desafío de transformar sus estructuras económicas y superar el retraso tecnológico, fomentando la adopción de nuevas tecnologías y la creación de capacidades internas para la innovación.

Las diferencias estructurales entre los sistemas nacionales de innovación pueden articularse con las descripciones institucionales que conforman el capitalismo. La teoría de la dependencia, propuesta por teóricos como Fernando Henrique Cardoso, Ruy Mauro Marini, Celso Furtado, Dos Santos y André Gunder Frank, ofrece una perspectiva crítica sobre la relación entre los países periféricos y el desarrollo tecnológico en el contexto del comercio internacional. Dos Santos (2002) argumenta que los países periféricos se encuentran en una posición desventajosa dentro de la economía global, ya que son sometidos a una división internacional del trabajo desigual y a relaciones de dependencia económica y tecnológica con los países centrales (Dos Santos, 2002).

Según la teoría de la dependencia, los países periféricos suelen ser relegados a la producción y exportación de materias primas y productos de baja tecnología, mientras que la innovación y el desarrollo tecnológico se concentran en los países centrales. Esta dinámica impide que los países periféricos desarrollen eslabones productivos sólidos y logren una verdadera autonomía tecnológica. Como señala la CEPAL en su informe de 2002, si bien algunos países de América Latina han logrado aumentar su participación en el mercado mundial y atraer inversiones extranjeras, siguen enfrentando dificultades persistentes en términos de desarrollo tecnológico (CEPAL, 2002).

La teoría de la dependencia subraya que estas dificultades tecnológicas y estructurales son resultado de las desigualdades inherentes al sistema capitalista global. En este sistema, los países periféricos se encuentran en una posición de subordinación y su desarrollo se ve limitado por las relaciones de poder y dominación ejercidas por los países centrales. Los

países periféricos, según Dos Santos, se convierten en proveedores de recursos naturales y mano de obra barata, mientras que la innovación y la tecnología se concentran en los países centrales, perpetuando así una brecha tecnológica y económica (Dos Santos, 2002).

El desarrollo económico se entiende como un proceso dinámico de transformación estructural que busca mejorar la distribución del ingreso económico y elevar la calidad de vida de la población. Para lograr esto, es fundamental la creación, internalización y adaptación de nuevas tecnologías. Estas tecnologías, tanto las desarrolladas internamente como las transferidas desde otras regiones, juegan un papel crucial en el impulso del crecimiento económico, la generación de empleo y la mejora de la productividad en los países (Viruela Chaves et al., 2020).

En el contexto de la periferia, se observa una realidad socioeconómica heterogénea en la que coexisten actividades de alta demanda laboral, como la industria maquiladora, junto con una limitada diversificación y desarrollo de otros sectores económicos debido al retraso tecnológico. Esta falta de diversificación productiva se traduce en una estructura altamente especializada en la producción de uno o unos pocos bienes primarios, lo que conlleva a una dependencia económica y una menor capacidad de adaptación a los cambios en los mercados internacionales. Esto limita las oportunidades de crecimiento sostenido y dificulta el cierre de brechas de desarrollo en la periferia (Ornelas, 2008).

Es importante destacar que el retraso tecnológico y la falta de diversificación no son características permanentes ni inamovibles de los países periféricos. La transferencia tecnológica, el fomento de la innovación local y la promoción de la formación de recursos humanos especializados son elementos clave para superar estas limitaciones. Además, es fundamental que los países periféricos fortalezcan sus capacidades institucionales y políticas para impulsar la creación y adaptación de tecnologías que respondan a sus necesidades específicas y fomenten un desarrollo más equilibrado y sostenible.

La transferencia tecnológica juega un papel crucial en la superación de las barreras tecnológicas y en la promoción del desarrollo en la periferia. Este proceso implica el flujo de conocimientos, habilidades y capacidades técnicas desde los países centrales, que son los principales impulsores de la innovación, hacia los países periféricos (Sunkel, 1970). Sin embargo, es importante reconocer que la transferencia tecnológica hacia la periferia no

siempre es equitativa ni beneficia de manera igualitaria a todos los sectores económicos y sociales.

A menudo, los países centrales mantienen el control y la propiedad de la tecnología, mientras que los países periféricos tienden a ser receptores y usuarios de dicha tecnología. Esto puede perpetuar la dependencia tecnológica y limitar la capacidad de los países periféricos para generar innovación propia y desarrollar sus propias capacidades científicas y tecnológicas. Como se ha mencionado, la transferencia tecnológica no se trata sólo de la adquisición de conocimientos técnicos y tecnológicos, sino también de la capacidad de absorber, adaptar y mejorar esos conocimientos para satisfacer las necesidades y características específicas de la periferia (Velásquez, 2010). Esto implica la promoción de la educación científica y técnica, la formación de especialistas y la creación de políticas y marcos institucionales que fomenten la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación en los países periféricos.

En resumen, la teoría de la dependencia y el modelo centro-periferia propuesto por Prebisch brindan un marco conceptual para comprender las desigualdades en el desarrollo del capitalismo global y las disparidades en los sistemas nacionales de innovación. Los países periféricos enfrentan desafíos en términos de retraso tecnológico, falta de diversificación productiva y dependencia económica (Ornelas, 2008).

Es importante tener en cuenta que los sistemas nacionales de innovación y las dinámicas del desarrollo están en constante evolución. Las revoluciones tecnológicas y los cambios en el capitalismo plantean nuevos desafíos y oportunidades. Por lo tanto, es necesario adaptar y actualizar continuamente los enfoques y políticas para impulsar un desarrollo más equitativo, sostenible y basado en la innovación en los países periféricos.

En conclusión, la superación de las desigualdades en los sistemas nacionales de innovación y el cierre de brechas de desarrollo en la periferia requieren un enfoque integral que incluya la promoción de la transferencia tecnológica equitativa, el fortalecimiento de las capacidades internas de innovación y la mejora de las políticas y marcos institucionales. Solo a través de estas acciones se podrá impulsar un desarrollo tecnológico y económico más equilibrado y sostenible en los países periféricos, fomentando su participación en el escenario global de la innovación y el progreso.

## 1.5 Nanotecnología, salud y desarrollo

La nanomedicina, un subcampo emergente de la nanotecnología, se centra en la aplicación del conocimiento y las herramientas de la nanoescala para resolver problemas críticos en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades, lo cual tiene un impacto directo en la calidad de vida de las personas (Farokhzad & Langer, 2009). En el contexto de las vacunas con nanotecnología, la nanomedicina explora la utilización de nanomateriales para mejorar la eficacia de las vacunas, optimizando su entrega y la respuesta inmune que generan. Por ejemplo, las nanopartículas pueden ser diseñadas para mejorar la estabilidad de las vacunas o para dirigir activamente los antígenos a células específicas del sistema inmunitario, aumentando así su efectividad con dosis menores y reduciendo los efectos secundarios (Chen, 2008).

La relevancia de la nanomedicina en la producción tecnológica global es cada vez más significativa, especialmente en el desarrollo y administración de vacunas con nanotecnología, como ha sido evidente en la respuesta global a pandemias. Estos avances representan una revolución en la manera en que se abordan las enfermedades infecciosas, permitiendo una precisión sin precedentes en la terapia médica y abriendo nuevas vías para el control de brotes a nivel mundial (Wang et al., 2022). Al integrar la nanotecnología en los sistemas de salud pública, los países no sólo avanzan hacia una medicina más personalizada y eficiente, sino que también contribuyen al desarrollo económico y social al mitigar rápidamente los impactos de las enfermedades en la sociedad.

La salud de la población desempeña un papel fundamental en el desarrollo de un país, y es esencial analizar la relación entre la implementación de la nanotecnología, la tecnología del mundo microscópico, y el ámbito de la salud, así como su impacto en el desarrollo en general. La aplicación de la nanotecnología en la salud ha abierto nuevas posibilidades y oportunidades para mejorar el diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades, lo cual tiene un impacto directo en la calidad de vida de las personas. Al analizar la relación entre la nanotecnología y la salud, se puede comprender mejor cómo estas innovaciones pueden influir en el desarrollo económico, social y humano, así como en la mejora de la calidad de vida de las personas en un país.

La ciencia se ha convertido en un espacio para la valorización del capital como cualquier otro sector y se ha alejado en algunos casos de las necesidades sociales debido a su subordinación al capital (Foladori, 2015). Esto se refleja en la ciencia que se utiliza en los sistemas de salud, en las que pocas veces se analiza la relación entre salud y desarrollo. La inversión en salud es esencial para el crecimiento económico y debe ser un elemento fundamental en las estrategias nacionales de desarrollo.

Dentro de las estrategias nacionales en materia de salud se debe considerar la igualdad en salud para todas las clases sociales basado en tres dimensiones principales: 1) acceso equitativo basado en necesidades iguales; 2) los mismos recursos médicos para todos, y 3) la misma calidad en atención médica para todos los estratos sociales (Vidal, 2020). Estos principios, respaldados por estudios como el de Vidal (2020), buscan promover una sociedad más justa y saludable, donde el acceso a la atención médica de calidad sea un derecho universal y se reduzcan las brechas existentes en el sistema de salud.

El desarrollo es un campo complejo e interdisciplinario, y las condiciones estructurales son un aspecto primordial de cómo transitar de un estado de subdesarrollo a uno de desarrollo. No es un proceso automático y en gran medida depende de momentos históricos y procesos de muy largo plazo. En términos generales, el propósito del desarrollo es promover un proyecto que mejore las condiciones de la sociedad y que tenga como objetivo erradicar la desigualdad. En algunos programas de desarrollo, la reducción de la desigualdad se ha presentado como uno de los principales problemas en los estudios del desarrollo (O'Malley, 2012).

Cuando se trata de salud, las condiciones de desarrollo deberían contemplar el acceso a los mejores servicios médicos y que estén disponibles para todos. Existe una paradoja en torno a la calidad y disponibilidad de los servicios de salud, porque parece que son libres para todos y que cualquiera podría acceder a ellos, mientras que en realidad el nivel socioeconómico afecta dicha disponibilidad (González, 2010).

En México, el sistema de salud está dividido en dos sectores: el público y el privado. En el público se encuentran instituciones de seguridad social como el IMSS (Instituto Mexicano del Seguro Social), el ISSSTE (Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado), PEMEX (Petróleos Mexicanos), SEDENA (Secretaría de la



Defensa) y SEMAR (Secretaría de Marina). Además, existen instituciones y programas para la población que no cuenta con seguridad social como la Secretaría de Salud, los Servicios Estatales de Salud, IMSS-O (Programa IMSS Oportunidades) y el INSABI (Instituto de Salud para el Bienestar), ahora IMSS-Bienestar. Por su parte, el sector privado está formado por las compañías aseguradoras y los prestadores de servicios que trabajan en consultorios, clínicas y hospitales privados, así como por quienes prestan servicios en el área de medicina alternativa (J. Díaz, 2021).

Díaz (2021) explica la posible contribución del Seguro Popular en México al proceso de mercantilización. El Seguro Popular de Salud se estableció como un instrumento de política pública para resolver la falta de protección en la salud para aquel segmento poblacional cuya condición laboral no les otorga seguridad social. El Seguro Popular de Salud se convirtió en una fuente de inequidad en la atención médica y hospitalaria, debido a que sus afiliados no cuentan con los mismos beneficios que la población con seguridad social (J. Díaz, 2021).

La Clasificación Internacional de Enfermedades y Problemas relacionados con la Salud (CIE) divide las enfermedades en los siguientes grupos: i) epidémicas, ii) constitucionales o generales, iii) ordenadas por sitios, iv) de desarrollo y v) traumatismos. El Seguro Popular de Salud cubrió únicamente el 11.2% de esta clasificación, insertándose a la mercantilización de salud en todos aquellos ámbitos no incluidos en dicha cobertura. Además, su diseño operativo también se implantó en un proceso de mercantilización porque se subcontrataban a prestadores privados de servicios por parte de los institutos de seguridad social y las delegaciones estatales de Seguro Popular para intervenciones de alta demanda, como las hemodiálisis y los cuidados obstétricos (J. Díaz, 2021).

La salud, como campo de estudio para el desarrollo de un país, debe analizarse desde las necesidades sociales y, en la actualidad, en su relación con la nanotecnología y la nanomedicina. Al analizar esta dinámica, se puede explorar cómo estas disciplinas pueden influir en el desarrollo de políticas de salud efectivas y en la promoción de una atención médica más avanzada, accesible y equitativa para la población en general.

La nanotecnología ha jugado un papel importante en el desarrollo de distintas soluciones para el cuidado de la salud, desde una distribución eficaz, el diagnóstico de

enfermedades de manera más ágil y el desarrollo y administración de medicamentos como las vacunas. Un ejemplo de ello es la vacuna de la Covid-19. El desarrollo de una vacuna suele ser prolongado y complejo, puede durar de 10 a 15 años y requiere la participación combinada del sector público y privado. Las vacunas se elaboran empleando distintos métodos y pasan por diferentes estudios de investigación que buscan principalmente la seguridad y posteriormente la eficacia de estas (OPS, 2020).

La nanotecnología comprende el diseño, caracterización y producción de estructuras, dispositivos y sistemas de tamaño nanométrico (Royal Society, 2004). También puede definirse como una plataforma técnica revolucionaria que permite la manipulación y modificación de la materia a nano escala (atómica, molecular y macromolecular). La Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) de Estados Unidos define a la nanotecnología como *“la creación de materiales funcionales, componentes y sistemas mediante el control de la materia a nano escala, y la explotación de fenómenos novedosos y nuevas propiedades a escala (físicas, químicas, biológicas, eléctricas...)”* (NASA, s. f.). La palabra “nanotecnología” fue utilizada por primera vez por Norio Taniguchi, en la Universidad de Tokio. Taniguchi identificó los grandes beneficios que provenían del diseño de materiales a nanoescala (Sahoo SK, 2007). La promesa tecnológica y de beneficio ha motivado que en los últimos 20 años varios países hayan incrementado significativamente su inversión en la nanotecnología en sus planes nacionales, incluido México.

La nanomedicina puede ayudar a reducir las desigualdades o puede ser un estímulo que las expanda. Asimismo, cuando se trata del desarrollo de nanotecnologías, no hay certeza sobre la investigación científica y tecnológica y el potencial para lograr los beneficios que promete. Incluso si estas promesas pudieran cumplirse, sigue existiendo un dilema respecto a quiénes serían los beneficiados.

La nanotecnología parece tener un enorme potencial en distintas áreas como el desarrollo de fármacos o dispositivos de terapia médica. El desarrollo de la nanotecnología atrae inversiones globales de los gobiernos y del sector privado, con la esperanza de que la I+D y las aplicaciones comerciales en nanomateriales, nanofármacos, nanopartículas y nanodispositivos generen un nuevo impulso para revertir las economías inestables (Jia, 2005).

A diferencia de la biotecnología, en la que Estados Unidos era el pionero en inversión, investigación y desarrollo, los países del mundo han estado compitiendo por obtener igualdad de condiciones en el desarrollo de nanotecnologías, por lo que esta área atrae cada vez más inversiones de gobiernos e industria privada de todo el mundo (Jia, 2005). Países centrales como Japón, Estados Unidos y Corea del Sur han fomentado las inversiones en esta disciplina durante los últimos 20 años.

Existe un desafío en América Latina en materia de nanotecnologías. Brasil y México registran el mayor número de patentes en esta tecnología; sin embargo, representan solo el 1% del total de registros del mercado internacional. Se estima que en el periodo de 2005 a 2010, México invirtió aproximadamente 60 millones de dólares, posiblemente debido a que México no cuenta con un programa nacional de nanotecnología ni el financiamiento que se le da a esta área en otros países (Camarillo Abad & Castellanos Andrade, 2019).

La articulación de lo público y lo privado, como herramienta para satisfacer las diferentes necesidades de los sistemas de salud, no es un fenómeno reciente. De hecho, en la mayoría de los países, las reformas neoliberales han contribuido a su desarrollo. Incluso en México, durante la década de los ochenta existió un dominio del sector público en la atención de los servicios de salud, pero a partir del nuevo milenio hay una fuerte tendencia al alza en la participación del sector privado en la prestación de servicios públicos en esta área. Un panorama completo de la evolución histórica de la vacunación en México ayudará a entender mejor el fenómeno de la vacunación en la actualidad, tema que exploraremos en mayor detalle en los capítulos subsiguientes.

## **Conclusiones**

En este capítulo se revisaron las corrientes teóricas que explican los procesos de innovación, agregando el componente de emergencia pandémica que justifica la apropiación y el control monopólico de los grandes agentes, en este caso, farmacéuticos a nivel mundial. Las teorías ayudan a explicar por qué en un contexto histórico y en el marco del modelo de producción vigente las desigualdades en los procesos de innovación se amplifican. Tal es el caso del desarrollo de vacunas con nanotecnología para prevenir la Covid-19. Las relaciones

económicas entre el centro y periferia, y el papel de los modelos de transferencia, que responden a los intereses de gestión tecnológica de los centros del capital, explican en gran medida la inequidad en toda la cadena de producción de las vacunas con nanotecnología contra la Covid-19. Las teorías de la innovación de corte neoschumpeteriano o evolucionista, que justifican teórica y políticamente la transferencia de tecnología a los países periféricos, implican un sinnúmero de barreras estructurales que impiden que estos países empaten sus prioridades médicas nacionales con las innovaciones en salud, en este caso de vacunas. Esto quiere decir que existe un fundamento teórico que justifica la desigualdad política que se refleja en la desigualdad de acceso a las vacunas.

La crisis sanitaria mundial pone en evidencia la situación de dependencia de México respecto al desarrollo de sus propias vacunas. A reserva de explorar en los posteriores capítulos el análisis cuantitativo y cualitativo de la cadena de producción de vacunas con nanotecnología contra la Covid-19, podemos adelantar que el supuesto de innovación y transferencia para el beneficio de la población de México puede diluirse, ya que el dominio de los intereses de la ganancia y el control monopólico prevalecen sobre cualquier otro objetivo. Sin embargo, esto no explica en su totalidad por qué México, pese a contar con una infraestructura importante en desarrollo nanotecnológico y, en menor medida, de producción de vacunas, no ha podido generar una agenda tecnológica en salud autónoma, independiente y ajustada a sus prioridades nacionales.

## **CAPÍTULO II. PATENTES: EFECTO INHIBIDOR EN LA TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA**

Históricamente, las patentes han sido vistas como una herramienta para impulsar la innovación tecnológica. No obstante, desde una perspectiva legal y económica, se considera que los derechos de propiedad intelectual constituyen un monopolio que restringe la competencia al apropiarse del conocimiento utilizado en los procesos de producción y desarrollo de productos y servicios; eleva los precios del bien producido, aunque se reproduce menos que en competencia perfecta.

La propiedad industrial surge en paralelo con la consolidación del capitalismo como sistema productivo. En este momento, el conocimiento desarrollado en las universidades deja de ser considerado un bien público y se convierte en un elemento crucial del proceso de revalorización del capital por parte de las empresas privadas, cuyo objetivo principal es obtener ganancias. Este fenómeno puede generar problemas especialmente graves en la industria farmacéutica, donde el elevado costo de desarrollar nuevos medicamentos puede resultar en un acceso limitado, incluso cuando estos medicamentos podrían salvar vidas. Así, la diferenciación social en la salud entre regiones y países se asume como una consecuencia “intrínseca” del sistema que produce grandes monopolios farmacéuticos.

El capitalismo, en su afán de obtener beneficios, ha impulsado que en distintas reformas nacionales e internacionales se establezcan parámetros más estrictos en el proceso de patentamiento, con el objetivo de brindar mayor protección a los derechos morales y económicos de las empresas. De esta forma, se han establecido reglas y sanciones para ampliar el ámbito territorial de la titularidad y la explotación de patentes. Estas medidas reflejan la relevancia económica de las patentes y su tendencia a favorecer ciertas élites económicas mediante la creación de monopolios.

En este capítulo se examina el papel de las patentes como componente esencial que inhibe el proceso de transferencia de tecnología. Además, se lleva a cabo un análisis sobre cómo las patentes de las vacunas han sido objeto de un conflicto que involucra no sólo la salud pública, sino también el poder económico y los efectos sociales a nivel global como consecuencia de la pandemia de la Covid-19.

Asimismo, se estudia cómo el sistema de patentes mundial y mexicano puede reforzar la dependencia tecnológica de los países periféricos y cómo esta situación puede afectar negativamente su capacidad para desarrollar sus propias tecnologías y sistemas productivos. Por lo tanto, se cuestiona el papel del sistema de patentes en la transferencia de tecnología y su impacto en el desarrollo global.

## **2.1 Institucionalización de la desigualdad: propiedad y patentes**

La propiedad intelectual, que protege los derechos sobre creaciones como patentes, derechos de autor y marcas registradas, es esencial en la economía moderna (Guzmán, 2004). Se impulsó internacionalmente en 1967 mediante el Acuerdo General de Aranceles y Comercio (GATT) para proteger producciones de empresas multinacionales (Míguez, 2018).

En muchos países, se han otorgado fondos públicos a universidades y centros de investigación para apoyar investigaciones susceptibles de patentarse (WIPO, 2021). Sin embargo, existe preocupación sobre cómo la propiedad intelectual puede perpetuar la desigualdad global, ya que a menudo se utiliza para mantener el poder de empresas y países centrales y limitar el acceso de los países periféricos a tecnología y conocimiento.

El sistema internacional de patentes no surgió con una estructura legal preestablecida y ha evolucionado a lo largo del tiempo (Figuroa Delgado, 2015). Se han propuesto cambios legislativos para establecer criterios más precisos para patentar, proteger los derechos de los inventores y ampliar la extensión territorial de los derechos de propiedad (Ley de la Propiedad Industrial, 2020).

El surgimiento del "Estatuto de Venecia" en el siglo XV fue un hito en la creación del actual Sistema Internacional de Patentes. En Inglaterra, el Estatuto de Monopolios en 1623 buscó promover la industria local (Schmitz Vaccaro, 2013). Estas leyes se extendieron a otros países para fomentar la innovación y proteger los intereses locales (WIPO, 2011). A lo largo de los siglos, se ha debatido el propósito y la naturaleza del sistema internacional de patentes (WIPO, s. f.).

Las leyes de patentes se originaron a partir de la experiencia en Inglaterra y se extendieron a otras naciones como Estados Unidos en 1790, Francia en 1791 y Alemania en 1877, con el objetivo de fomentar la innovación y proteger los intereses locales frente a la competencia extranjera (Schmitz Vaccaro, 2013). Durante el siglo XIX, surgieron las primeras instituciones encargadas de otorgar patentes, como la "Dirección de Patentes" en Francia y "The Patent Office" en Inglaterra (WIPO, 2011).

La Exposición Universal de Viena en 1873 impulsó la preocupación por la protección contra copias e imitaciones, lo que llevó a la creación del Convenio de París para la Protección de la Propiedad Industrial en 1883, que sigue siendo relevante hoy en día (WIPO, s. f.).

El Convenio de París estableció una Unión para la protección de la propiedad industrial y principios como el tratamiento nacional y el derecho de prioridad, contribuyendo al desarrollo de un sistema internacional de patentes (WIPO, 2011). En Estados Unidos, la primera ley federal de patentes, derivada de la Constitución de 1787, fue la Patent Act de 1790 (US GOV, 1970).

El sistema internacional de patentes ha evolucionado para premiar al inventor individual y mejorar la competitividad industrial. A pesar de que la licencia obligatoria se ha implementado para prevenir abusos en el sistema de patentes, existen desafíos en su aplicación, especialmente en países centrales (Zukerfeld, 2011).

Las leyes de propiedad intelectual, como las patentes, buscan generar escasez a través de un monopolio legal para asegurar ganancias al propietario, con la justificación de fomentar la innovación y el crecimiento económico (Menéndez, 2016). Sin embargo, también han generado debates sobre su impacto en la competencia y la equidad global (Guzmán, 2004).

En Estados Unidos, el alto número de solicitudes de patentes se debe a su sistema educativo, productivo y comercial, que atrae a expertos de diversas áreas, generando un mayor impacto y beneficio económico para los inventores (M. Díaz, 2008).

En el siglo XIX, la expansión de las legislaciones de Propiedad Industrial fue impulsada por comerciantes, exportadores industriales y abogados que buscaban una mayor extensión territorial de los derechos de patentes y sanciones contra la competencia desleal.

Esto condujo a la creación de la Unión Internacional para la Protección de la Propiedad Industrial en 1884, que posteriormente se convirtió en la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) en 1970 (Penrose, 1974).

Dentro del Sistema Internacional de Patentes, el Tratado de Cooperación en Materia de Patentes (PCT) es destacado. Firmado en 1970 y adoptado por 152 países, permite presentar solicitudes de patentes en múltiples naciones a través de una sola solicitud, coordinado por la Oficina Internacional de la OMPI. El procedimiento del PCT consta de dos fases: una internacional y una nacional, donde se realizan búsquedas, opiniones escritas y evaluaciones de patentabilidad (OMPI, 2018).

El sistema internacional de patentes se creó para fomentar el comercio internacional en la primera mitad del siglo XX. El Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT) de 1947 fue un paso importante en la reducción de aranceles y barreras comerciales, que finalmente condujo a la creación de la Organización Mundial del Comercio (OMC) en 1994 (Nottage, s.f.). Estados Unidos atrae a inventores de todo el mundo debido a su sistema propicio, mientras que el PCT y los acuerdos internacionales como el GATT y la OMC han contribuido a la expansión y simplificación del sistema internacional de patentes.

Los acuerdos bajo la supervisión de la OMC se basan en principios fundamentales, como la cláusula de nación más favorecida (NMF)<sup>1</sup>, igualdad de trato para todos los miembros y el principio de trato nacional e igualdad de trato para naciones y extranjeros (OMC, s. f.-a). Además, la relación entre la OMC y la OMPI se establece a través del Acuerdo de Aspectos de Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio (ADPIC) de 1995 y otros acuerdos como el Convenio de París, Convenio de Berna, Convención de Roma y Tratado sobre la Propiedad Intelectual respecto de los Circuitos Integrados.

El ADPIC amplió la protección de patentes, incluyendo medicamentos, y estableció un período de validez de 20 años, además de reglas para competencia desleal, licencias

---

<sup>1</sup> La cláusula de nación más favorecida es un principio vital en el comercio internacional que promueve la equidad y la no discriminación entre los países. A través de su implementación, se busca crear un entorno comercial más justo y equitativo, facilitando el flujo de bienes y servicios a nivel global. Sin embargo, su aplicación también requiere consideraciones cuidadosas para balancear las necesidades y realidades económicas de los diferentes países involucrados.



obligatorias y publicación de patentes. La Declaración de Doha permitió la exportación e importación de medicamentos bajo licencia obligatoria en casos de emergencia nacional, aunque solo para atender la demanda doméstica y con remuneración al titular de la patente (OMC, 2019).

La OMPI, creada para mejorar la protección de la propiedad intelectual y fomentar acuerdos internacionales, llevó a la firma de numerosos tratados que abarcan áreas inexploradas de la propiedad intelectual, como el software y la manipulación genética (OMPI, 2010). El Acuerdo sobre los ADPIC integra la propiedad intelectual con el comercio, pero la flexibilidad y las resoluciones de controversias multilaterales pueden no satisfacer a todas las industrias (OMC, 2010).

En respuesta, Estados Unidos promovió acuerdos bilaterales de libre comercio que detallan temas como inversiones y propiedad intelectual para proteger los intereses de industrias como la del software y farmacéutica. Estos tratados pueden ser beneficiosos o perjudiciales dependiendo de las condiciones entre los países, profundizando la dependencia tecnológica y las desventajas comerciales (Tratado de Libre Comercio de América del Norte, 1994).

Estos tratados a menudo incluyen mecanismos de solución de controversias en propiedad intelectual más fuertes que las leyes nacionales, lo que ha afectado a varios países en América Latina. Por lo tanto, es crucial considerar las desigualdades entre los países firmantes al establecer reglas para la propiedad intelectual y el comercio internacional (Gutiérrez, 2004).

En México, dos organismos públicos desempeñan un papel fundamental en la protección de la propiedad intelectual y los derechos de autor. El Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) se dedica a salvaguardar la propiedad industrial a través de la emisión de patentes, marcas, modelos de utilidad y más. Por otro lado, el Instituto Nacional de Derechos de Autor (INDAUTOR), adscrito a la Secretaría de Educación Pública (SEP), protege y promueve los derechos de autor en obras literarias y artísticas.

El IMPI, creado como organismo descentralizado por la Secretaría de Economía, tiene personalidad jurídica y patrimonio propios (IMPI, 2018). Por su parte, el INDAUTOR busca

fomentar la creatividad, mantener el registro público del derecho de autor, y brinda diversos servicios relacionados con los derechos de autor, como el registro de obras, contratos, licencias y asesorías legales (INDAUTOR, 2022).

En México, existen cuatro leyes clave relacionadas con la propiedad intelectual:

1. La Ley Federal de Protección a la Propiedad Industrial, que busca proteger la propiedad industrial y regular cuestiones como patentes, marcas y competencia desleal (Diario Oficial de la Federación, 2020a).
2. La nueva Ley Federal de Protección a la Propiedad Intelectual, que introdujo importantes modificaciones, como la excepción para uso de información de patentes con fines de registro sanitario, ampliación del tiempo de protección para modelos de utilidad y la prohibición de doble patentamiento, entre otros (Carrigues, 2021).
3. La Ley Federal del Derecho de Autor, promulgada en 1947 y reformada en 2020 para brindar una mayor protección en el entorno digital y regular medidas tecnológicas de protección (Diario Oficial de la Federación, 2020b).
4. El Programa de Estímulos a la Innovación (PEI), iniciado en 2009 para fomentar la colaboración entre empresas y las instituciones de educación superior en proyectos de investigación y desarrollo tecnológico. Sin embargo, su aplicación benefició tanto a empresas nacionales como a transnacionales, lo que generó controversia (Moctezuma et al., 2017).

Además, en el ámbito farmacéutico, la firma del Tratado de Libre Comercio entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC) extendió la protección de patentes, lo que puede tener implicaciones en los precios de los medicamentos (Malacara, 2020).

El Programa Institucional del CONACyT (2020-2024) tiene como objetivo principal crear un ecosistema de innovación que involucre a diversos actores en el ámbito científico, tecnológico e innovador para abordar las prioridades nacionales de México (Michaus, 2020). Una parte esencial de esta iniciativa implica establecer regulaciones y normativas en colaboración con actores públicos estratégicos para desarrollar un sistema de registro de propiedad intelectual en México. Este sistema distinguirá entre invenciones y tecnologías desarrolladas tanto por mexicanos residentes como por extranjeros, con el propósito de

garantizar que los beneficios económicos y sociales permanezcan en el país (CONACyT, 2019).

El CONACyT también promueve la protección de la propiedad intelectual como un medio para atraer fondos adicionales para la investigación y fomentar la creación de nuevas empresas. Asimismo, busca fomentar una mayor colaboración entre la investigación pública y la industria con el fin de maximizar los beneficios tanto públicos como privados, impulsando así la investigación y el desarrollo en México (Cerde, 2020).

En el contexto global, el fortalecimiento de las leyes de propiedad intelectual y las iniciativas para mejorar la transferencia de tecnología están contribuyendo al aumento de las patentes en los países de la OCDE (Cerde, 2020).

Sin embargo, es fundamental reconocer una tendencia preocupante que muestra un aumento en la sofisticación jurídica en el ejercicio de los derechos de monopolio. Esto puede resultar en una ampliación de los beneficios para algunos individuos y una limitación de los mecanismos que previenen los abusos, en detrimento de los intereses sociales.

Esta tendencia genera inquietudes, particularmente en el ámbito de la industria farmacéutica, donde el acceso a medicamentos es de suma importancia para la salud pública. Es fundamental encontrar un equilibrio entre la protección de los derechos de los inventores y el interés público, evitando al mismo tiempo la creación de obstáculos para la competencia y el avance tecnológico. Esto podría lograrse mediante el desarrollo de políticas públicas que fomenten la innovación, prevengan el abuso de los monopolios y promuevan la competencia y el intercambio de conocimientos.

## **2.2 Empoderamiento de los países hegemónicos con el uso de las patentes a lo largo de la historia**

El uso de las patentes como herramienta para el fortalecimiento social y económico de los países hegemónicos ha sido una constante a lo largo de la historia. Este sistema ha protegido los derechos de propiedad intelectual de los inventores y empresas que desarrollan nuevos productos y tecnologías. Al conceder una patente, el Estado otorga al titular el derecho

exclusivo de fabricar, vender y distribuir el producto o la tecnología por un periodo limitado, generalmente 20 años (Ginebra Serrabou, 2008). Esto significa que cualquier persona o entidad que desee utilizar la tecnología patentada debe obtener una licencia del titular de la patente, lo que puede ser costoso y restringe el acceso a esta.

Países como Estados Unidos y los de Europa Occidental han utilizado patentes para proteger sus industrias y fomentar su crecimiento económico. Estos países, a menudo referidos como naciones hegemónicas en el ámbito de la propiedad intelectual, han sido los principales impulsores de las patentes a nivel global. A través de sus políticas y prácticas, han moldeado un sistema de propiedad intelectual que beneficia primordialmente a sus economías avanzadas y empresas multinacionales. Estas entidades, incluyendo corporaciones líderes en tecnología, farmacéuticas y biotecnología, utilizan el sistema de patentes para asegurar un retorno de inversión al proteger sus innovaciones de la competencia por un tiempo limitado. Además, en algunos casos, han utilizado dichos derechos de exclusividad para impedir o dificultar la transferencia de tecnología a otros países y regiones con el objetivo de controlar las ganancias obtenidas de la tecnología patentada (A. Díaz, 2008).

A lo largo del siglo XX, las regiones que emplearon la ciencia y la tecnología para generar nuevos productos y servicios experimentaron un significativo crecimiento económico. Este fenómeno situó a la innovación en el centro del desarrollo de los países centrales. La innovación se construye a partir del acervo de conocimientos existentes, del capital humano especializado (científicos, tecnólogos e investigadores), de la infraestructura (laboratorios, centros de investigación y universidades, entre otros) y de la inversión. Para preservarla como un activo intangible en las organizaciones, se recurre a la protección mediante patentes. Como se mencionó en el capítulo anterior, el Manual de Oslo (2006) define la innovación como:

*“La introducción de un nuevo o significativamente mejorado producto (bien o servicio) de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores ” (OCDE, 2006, p. 56)*

Durante la era industrial del siglo XIX, las patentes se convirtieron en un elemento clave de la estrategia de innovación de las empresas y los países centrales, permitiéndoles consolidar su posición como líderes mundiales en el desarrollo, producción y exportación de bienes y tecnologías. La Ley de Patentes de Estados Unidos, que data de 1790, fue modificada en varias ocasiones a lo largo del siglo XX para ampliar la protección a la propiedad intelectual y fomentar la innovación en áreas como la biotecnología, la informática y la nanomedicina (Menéndez, 2016).

En este capítulo se toma como referencia a las patentes como indicador para analizar el impacto de la propiedad intelectual en el desarrollo económico y su papel dentro del proceso de transferencia tecnológica (Beltrán-Morales et al., 2018). Según la OMPI, una patente es un derecho exclusivo sobre una invención. En otras palabras, una patente es un derecho exclusivo otorgado sobre un producto o proceso que, por lo general, brinda una nueva forma de hacer algo o una nueva solución técnica a un problema específico (OMPI, 2022).

Es imperativo entender los requisitos fundamentales para obtener una patente, un proceso esencial en el ámbito de la propiedad intelectual y la innovación. Para que una invención sea elegible para la concesión de una patente, debe cumplir con una serie de características clave. Según la OMPI (2005), la invención debe ser nueva, lo que significa que no debe haber sido previamente divulgada públicamente en ningún lugar del mundo antes de la solicitud de patente. En este sentido, resulta necesario llevar a cabo una búsqueda exhaustiva en las bases de datos autorizadas por la OMPI para verificar su novedad.

Además de su novedad, la invención debe demostrar un nivel sustancial de actividad inventiva, de manera que no sea considerada obvia para expertos en el campo técnico correspondiente. Asimismo, debe tener una aplicación industrial concreta y útil, lo que implica que debe ser susceptible de ser utilizada en la industria o en un campo técnico específico. La claridad y la suficiencia de descripción son igualmente esenciales; la solicitud de patente debe incluir una descripción detallada y comprensible que permita a cualquier persona con conocimiento en el campo reproducir la invención (OMPI, 2005).

La utilidad práctica y el beneficio real también son criterios cruciales. Una vez que se obtiene la patente, el titular adquiere el derecho de autorizar o conceder una licencia a terceros

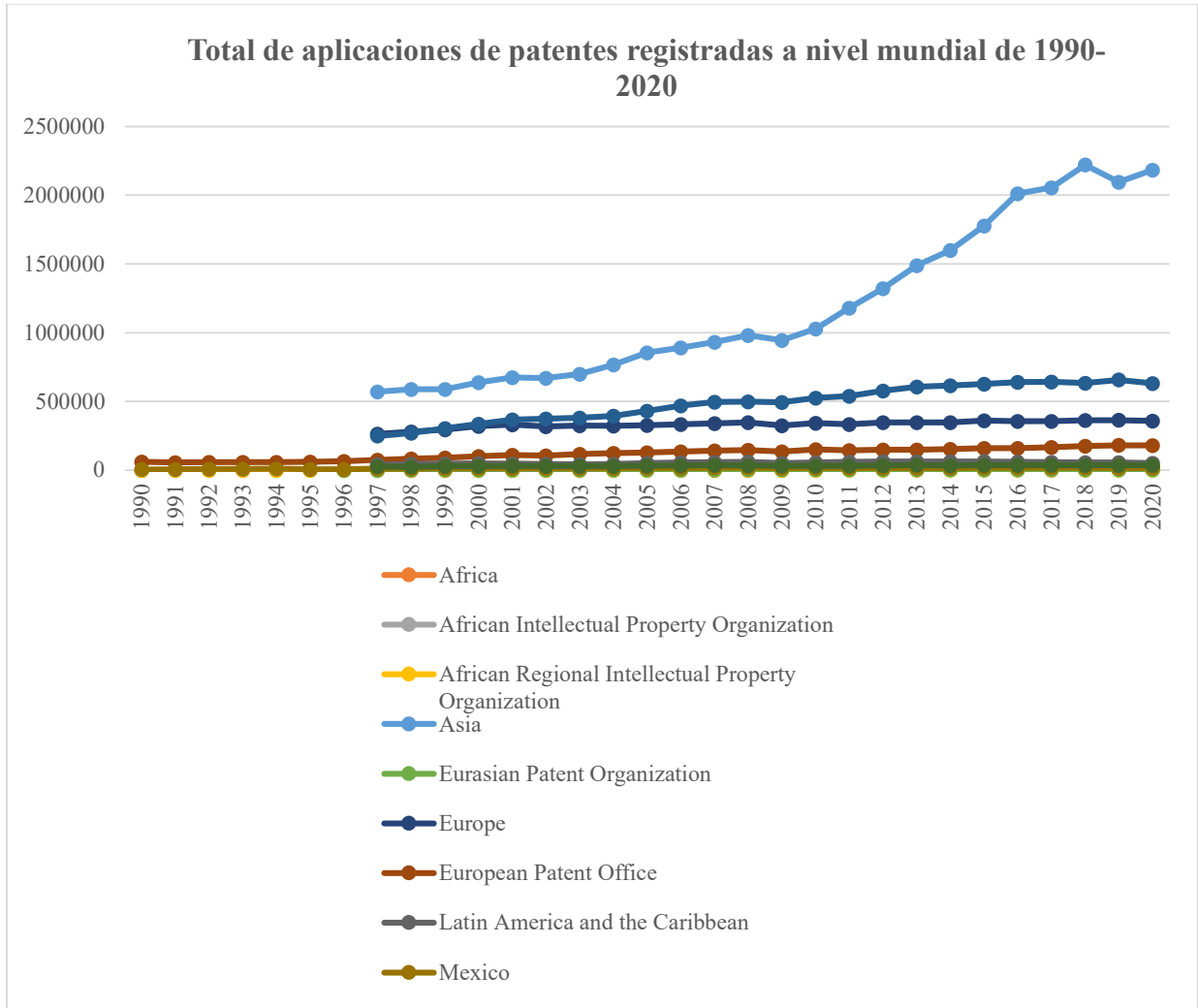
para hacer uso de la invención. Además, puede optar por ceder el derecho a la invención a un tercero, quien se convierte en el nuevo titular de la patente (OMPI, 2022).

Estos criterios establecen la base para evaluar la patentabilidad de una invención y varían en su aplicación según el sistema de patentes de cada jurisdicción, subrayando la necesidad de un análisis meticuloso y asesoramiento legal durante el proceso de solicitud de patentes.

Las patentes tienen un valor económico. No obstante, estas pueden ser un mecanismo que no tengan una utilidad productiva y solamente se utilizan para limitar la competencia en el mercado de ciertos productos o servicios (Beltrán-Morales et al., 2018).

En las últimas tres décadas, se ha incrementado el número de solicitudes de patentes a nivel mundial, como puede extraerse de los datos obtenidos de la OMPI. Asimismo, se observa que las regiones asiática y europea empezaron a tener un incremento a lo largo de los años, en contraste con países de América Latina y el Caribe.

Gráfico 3 Total de solicitudes de patentes registradas a nivel mundial de 1990-2020



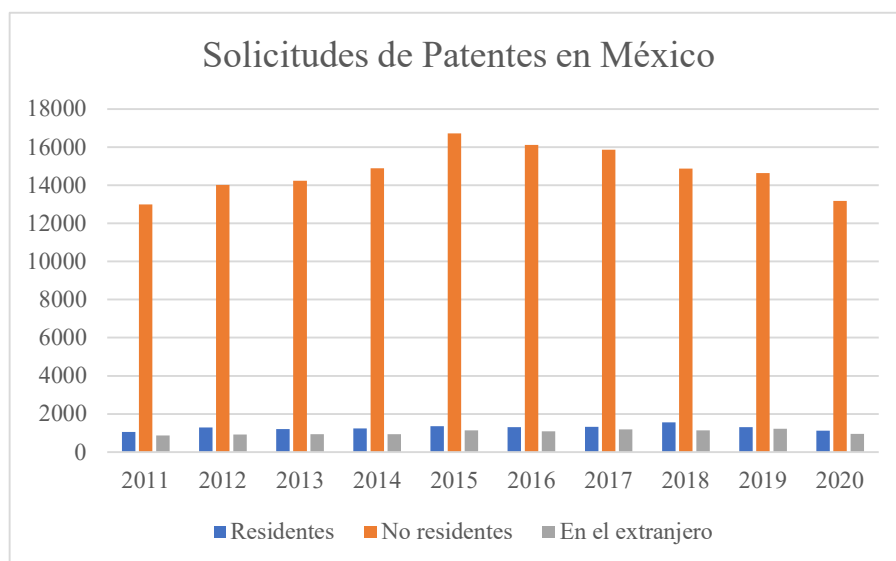
Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial, 2020

Los países centrales, especialmente Estados Unidos, han fortalecido su dominio en la creación y uso de patentes desde la década de 1990. Como resultado, los países periféricos, incluido México, han tenido que pagar altos costos por la compra de equipos y el licenciamiento de tecnologías, dependiendo de la mano de obra altamente calificada de países centrales para el uso y mantenimiento de dichos equipos, lo que perpetúa una dependencia (Gaspar Olvera & Caballero Anguiano, 2021).

Además, las patentes otorgadas a investigadores mexicanos han sido históricamente escasas en comparación con otros países debido a la falta de incentivos, el poco gasto en I+D y la escasa cultura de protección de la propiedad intelectual en México, lo que limita su capacidad para llevar sus innovaciones al mercado.

Guzmán y colaboradores (2018) sostienen que los grandes beneficiados del sistema de propiedad intelectual en México han sido corporaciones multinacionales, especialmente estadounidenses (Guzmán et al., 2018), como se muestra en los siguientes gráficos de estadísticas de las solicitudes de patentes y las patentes concedidas en México obtenidos de la OMPI.

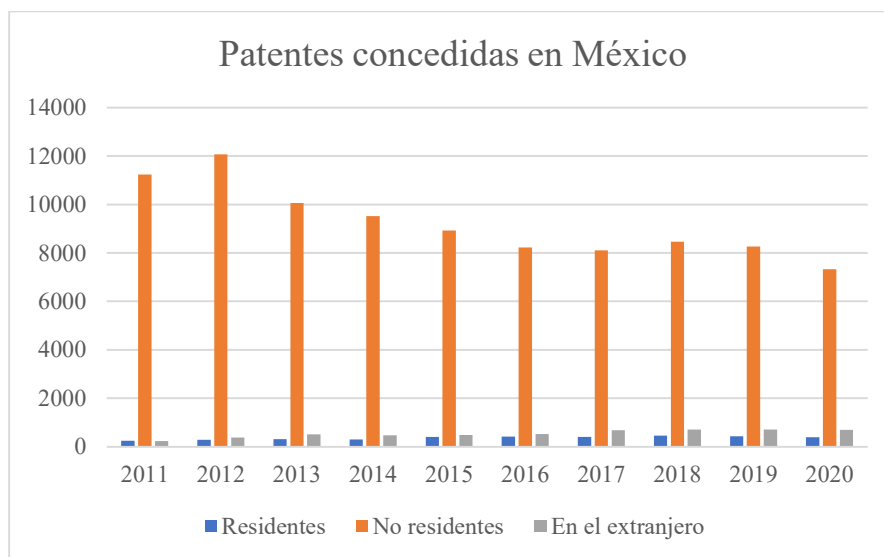
Gráfico 4 Solicitudes de Patentes en México



Fuente: Elaboración propia con datos estadísticos de la OMPI. Última actualización 11/2021



Gráfico 5 Patentes concedidas en México



Fuente: Elaboración propia con datos estadísticos de la OMPI. Última actualización 11/2021

Como se puede ver en las gráficas anteriores, aproximadamente 4% de las patentes concedidas son para mexicanos, mientras que el otro 96% son para no residentes o empresas extranjeras (OMPI, 2021). Esta desigualdad plantea interrogantes sobre la participación y el protagonismo de México en la generación y protección de innovaciones tecnológicas a nivel nacional e internacional.

En países latinoamericanos como Argentina, Costa Rica y México, la inversión en I+D con respecto al PIB no llega al 1% (Naciones Unidas-Cepal, 2016). Según Cimoli, los países latinoamericanos han basado su crecimiento en actividades de extractivismo de materias primas y exportaciones, mientras que los países centrales o industrializados han invertido en fortalecer especialistas para la generación de conocimiento (Cimoli, 2005).

De las pocas patentes que se solicitan y conceden en México, el sector que registra más es el educativo. De las patentes concedidas a este sector, algunas nunca se comercializan y otras se desarrollan por solicitud de empresas transnacionales (Secretaría de Economía, 2019). Como muestra de ello, se presentan las siguientes tablas con las solicitudes de patentes por Instituciones Educativas y Centros de Investigación.

De acuerdo con cifras reportadas por el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial (IMPI), de 2013 al 2020, estas fueron las 10 instituciones que más solicitudes de patentes presentaron:

*Tabla 1 Número de Solicitudes de Patente (2013-2020) de Instituciones de Educación Superior en México*

<b>Institución</b>	<b>No. Solicitudes de Patente (2013-2020)</b>
Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)	299
Instituto Politécnico Nacional (IPN)	248
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP)	169
Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)	150
Tecnológico Nacional de México (TECNM)	96
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM)	90
Universidad de Sonora	72
Universidad de Guanajuato (UG)	71
Universidad de Guadalajara (UdeG)	53
Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)	49

*Elaboración propia con datos del IMPI, 2021*

Durante el mismo periodo, estos fueron los 10 Centros de Investigación que más solicitudes de patente presentaron en México:

*Tabla 2 Número de Solicitudes de Patente (2013-2020) de Centros de Investigación en México*

<b>Centro de Investigación</b>	<b>No. Solicitudes de Patente (2013-2020)</b>
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV)	187
Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA)	125

Instituto Mexicano del Petróleo (IMP)	107
Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ)	79
Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV)	61
Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas (CIATEC)	46
Instituto Nacional de Astrofísica Óptica y Electrónica (INAOE)	37
Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica (CIDETEQ)	37

*Fuente: Elaboración propia con datos del IMPI, 2021*

Finalmente, es evidente que la mayoría de los beneficios derivados de las solicitudes y concesiones de patentes en México continúan favoreciendo en gran medida al capital extranjero. Esta situación plantea desafíos significativos en términos de dependencia tecnológica y control de la propiedad intelectual.

La producción en México requiere tecnologías protegidas por patentes con altas regalías y tarifas de licenciamiento. Sin embargo, el fortalecimiento excesivo de las patentes da lugar a monopolios y mercados cautivos que afectan negativamente el comercio. La protección de patentes combinada con capacidades tecnológicas limitadas impide aprovechar las ventajas de las tecnologías contenidas en las patentes. A menudo, estas tecnologías son demasiado complejas y requieren experiencia, habilidades y conocimientos complementarios que suelen ser adquiridos en otros países de mayor avance tecnológico.

En la mayoría de los casos, las empresas transnacionales son las dueñas de las tecnologías de punta, asegurando su ganancia por encima de la competencia. En el caso mexicano, es claro que la actividad exportadora y el crecimiento económico dependen en gran medida del capital extranjero, el cual acapara las esferas productivas más dinámicas del país (Figueroa Delgado & Nájera Solís, 2019).

Este control se extiende a la industria farmacéutica, donde las patentes se utilizan para proteger los derechos de propiedad intelectual sobre los medicamentos y tratamientos, lo que

resulta en precios demasiado altos y limita el acceso a los medicamentos. Por lo tanto, se puede decir que el empoderamiento de los países hegemónicos a través de las patentes afecta directamente al crecimiento económico y la actividad exportadora de países como México, lo que destaca la importancia de abordar este tema desde una perspectiva global y justa.

Esta dinámica ha sido preocupante en el contexto de la pandemia de la Covid-19, donde se ha demostrado que la colaboración y el intercambio de conocimientos son cruciales para encontrar soluciones efectivas a los problemas de salud global. Sin embargo, la retención de las patentes por parte de las empresas farmacéuticas ha impedido el acceso a las vacunas y los tratamientos a los países más pobres y vulnerables.

A continuación, se muestra en la Tabla 3 de los solicitantes o propietarios de las vacunas Covid-19, su estatus de registro y el país al que pertenece:

*Tabla 3 Solicitantes o propietarios de las patentes de vacunas Covid-19 en el Mundo*

<b>No. De solicitud o Patente</b>	<b>Nombre de la Patente</b>	<b>Propietario</b>	<b>País</b>
Patria WO2021229270A1 Estado: Pendiente	Vacuna recombinante contra covid-19 en vector viral (Patria)	Laboratorio Avi-Mex, SA De CV, Escuela de Medicina Icahn At Mount Sinai	México- Estados Unidos
WO2022195351A1 Estado: Pendiente	Vacunas para prevenir la covid19 basadas en sitios no glicosilados del dominio de unión al receptor (rbd) de la proteínas del virus sars-cov-2	Centro De Investigación Y De Estudios Avanzados Del Instituto Politécnico Nacional	México

Moderna US20210029095A1 Estado: Concedida	Vacuna para prevenir la infección por SARS-CoV-2	Moderna, Inc.	Estados Unidos
US20230002780A1 Estado: Pendiente	Expresión de secuencias de proteína SPIKE del Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) del síndrome respiratorio agudo severo en plantas y vacuna producida por plantas para la misma	Applied Biotechnology Institute Inc	Estados Unidos
CU2022000050 Estado: Pendiente	Vacunas contra el Coronavirus	Inovio Pharmaceuticals, INC.	Cuba
PCT/ES2021/070378 Estado: Pendiente	REPLICONES DE ARN DE CORONAVIRUS Y SU USO COMO VACUNAS	Consejo Superior de Investigaciones Científicas	España
PCT/CU2021/050014 Estado: Pendiente	Uso de composiciones vacunales basadas en el dominio de unión al receptor del virus SARS-CoV-2 en el desarrollo de una inmunidad protectora	Instituto Finlay de Vacunas y Centro de Inmunología Molecular	Cuba

Sanofi PCT/US2021/047152 Estado: Concedida	Vaccines against SARS-CoV-2 infections	Sanofi/GSK	Francia- Estados Unidos
17566901 Estado: Pendiente	Vacuna oral atenuada contra la Covid-19 y la fiebre tifoidea	Protein Potential, LLC	Estados Unidos
Pfizer BioNTech EP2672554B1 Estado: Concedida	Vacuna de ARNm para la prevención de la infección por SARS-CoV-2	Pfizer BioNTech	Estados Unidos
Astra Zeneca WO2020212979A1 Estado: Concedida	Vacuna contra el SARS-CoV-2	Astra Zeneca	Estados Unidos
Sputnik V RU20201102196 Estado: Concedida	Vacuna contra el Coronavirus SARS-CoV-2	Centro Nacional de Investigación de Epidemiología y Microbiología Gamaleya	Rusia
Johnson & Johnson US20210029094A1 Estado: Concedida	Vacuna para prevenir la infección por SARS-CoV-2	Johnson & Johnson	Estados Unidos
Novavax US20220064448A1 Estado: Concedida	Vacuna para prevenir la infección por SARS-CoV-2	Novavax, Inc.	Estados Unidos
US20220064447A1 Estado: Concedida	Vacuna para prevenir la infección por SARS-CoV-2	CureVac	Alemania
CN109992115A Estado: Concedida	Vacuna recombinante para prevenir la infección por SARS-CoV-2	CanSino Biologics	China

US20210029095A1 Estado: Concedida	Vacuna para prevenir la infección por SARS-CoV-2	BioNTech SE	Alemania
Soberana 01 WO2020120353A1 Estado: Pendiente	Vacuna para prevenir la infección por SARS-CoV-2	Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB), Cuba	Cuba
Soberana 02 WO2020120354A1 Estado: Pendiente	Vacuna para prevenir la infección por SARS-CoV-2	Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB), Cuba	Cuba
Soberana Plus WO2020120355A1 Estado: Pendiente	Vacuna para prevenir la infección por SARS-CoV-2	Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB), Cuba	Cuba
Abdalá WO2020120356A1 Estado: Pendiente	Vacuna para prevenir la infección por SARS-CoV-2	Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB), Cuba	Cuba
Mambisa WO2020120357A1 Estado: Pendiente	Vacuna para prevenir la infección por SARS-CoV-2	Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB), Cuba	Cuba
Sinopharm CN109992115A Estado: Concedida	Vacuna recombinante para prevenir la infección por SARS-CoV-2	Sinopharm	China
Bharat Biotech US20210029095A1 Estado: Concedida	Vacuna para prevenir la infección por SARS-CoV-2	Bharat Biotech International Limited	India

Valneva PCT/EP2020/078174 Estado: Pendiente	Vacuna atenuada para prevenir la infección por SARS-CoV-2	Valneva	Francia
---	--	---------	---------

*Elaboración propia con datos obtenidos de WIPO, 2023*

Es innegable que la desigualdad en la distribución de patentes para la tecnología y el conocimiento plantea un desafío significativo para el desarrollo equitativo y sostenible de los países periféricos. Esta desigualdad se ha agravado en el contexto actual de la pandemia de la Covid-19, ya que los países centrales, han logrado obtener un control casi exclusivo sobre las patentes de las tecnologías médicas utilizadas en la lucha contra el virus SARS-CoV-2. Como consecuencia, se ha generado una brecha considerable en la capacidad de los países periféricos para asegurar el acceso a las vacunas, medicamentos y tecnologías necesarias para hacer frente a la pandemia, lo que representa una amenaza para la salud pública a nivel global. En este sentido, es imperativo buscar soluciones innovadoras y promover la colaboración entre los países, a fin de facilitar la transferencia tecnológica y garantizar un acceso equitativo a la tecnología y al conocimiento, en beneficio de todos los actores involucrados. Esto permitiría fortalecer la capacidad de respuesta de los países periféricos ante desafíos sanitarios y promover una distribución más equitativa de los beneficios de la innovación tecnológica.

### **2.2.1. Desventajas de las patentes para los países periféricos en tiempos de la Covid-19**

La industria farmacéutica está sujeta al proceso y a las contradicciones del capitalismo, lo que puede ser analizado desde sus altas inversiones, su proceso de innovación y de apropiación social. El proceso de apropiación social es un mecanismo que utilizan las principales farmacéuticas para obtener el excedente creando desigualdad dentro del sector, independientemente del beneficio que se pueda aportar a la salud y lo hace principalmente mediante las patentes.



Una vacuna es una preparación biológica diseñada para estimular el sistema inmunológico de una persona y proporcionar inmunidad contra una enfermedad específica o patógeno. El objetivo principal de una vacuna es ayudar al cuerpo a reconocer y combatir un agente infeccioso, como un virus o una bacteria, de manera que cuando la persona esté expuesta posteriormente al patógeno real, su sistema inmunológico pueda responder de manera más efectiva y prevenir o mitigar la enfermedad (OMS, 2020a).

Existen varios tipos de vacunas (U.S. Documents of Health and Human Services, 2021), cada una de las cuales utiliza enfoques diferentes para lograr la inmunización. Los principales tipos de vacunas son:

1. **Vacunas de Virus Atenuados:** Contienen virus vivos debilitados o atenuados que no causan la enfermedad en individuos sanos, pero aún estimulan una respuesta inmunológica efectiva. Ejemplos incluyen la vacuna contra el sarampión, las paperas y la rubéola (MMR) y la vacuna contra la fiebre amarilla.
2. **Vacunas Inactivadas o Muertas:** Contienen patógenos que han sido inactivados o muertos para que no puedan causar enfermedades. Estimulan una respuesta inmunológica, pero a menudo requieren refuerzos periódicos. La vacuna contra la polio inactivada es un ejemplo.
3. **Vacunas de Subunidades o Proteínas:** Utilizan proteínas específicas del patógeno, como proteínas de superficie viral o fragmentos proteicos, para inducir una respuesta inmunológica. Ejemplos incluyen la vacuna contra la hepatitis B y la vacuna contra el virus del papiloma humano (VPH).
4. **Vacunas de ARN Mensajero (ARNm):** Utilizan fragmentos de ARN mensajero que codifican para una proteína del patógeno. Las células del cuerpo traducen este ARNm en la proteína, lo que desencadena una respuesta inmunológica. Las vacunas de ARNm se han utilizado ampliamente para combatir la Covid-19, como las vacunas Pfizer-BioNTech y Moderna.
5. **Vacunas de Vectores Virales:** Utilizan virus modificados como vectores para llevar genes que codifican para proteínas del patógeno. Estos virus no causan enfermedad, pero estimulan una respuesta inmunológica. La vacuna de vectores virales de AstraZeneca y Johnson & Johnson contra la Covid-19 es un ejemplo.

6. **Vacunas de Partículas VLP (Virus-Like Particles):** Utilizan partículas que imitan la estructura de un virus, pero no contienen material genético viral. Estimulan una respuesta inmunológica sin causar la enfermedad. Ejemplos incluyen algunas vacunas experimentales contra la malaria.
7. **Vacunas de ADN Plasmídico:** Utilizan ADN plasmídico para codificar proteínas del patógeno y estimular una respuesta inmunológica. Aunque están en desarrollo, no se utilizan ampliamente en humanos en la actualidad.

El objetivo de este subapartado es analizar la inequidad que ha existido en el sistema de patentes con la vacuna contra la Covid-19 y cómo este ha incrementado la desigualdad entre los países. Las patentes relacionadas con invenciones farmacéuticas y biotecnológicas han sido objeto de gran controversia y actualmente forman parte del conflicto sanitario y del impacto económico global y social de la pandemia del virus SARS-CoV-2.

Las patentes de las vacunas con nanotecnología contra la Covid-19 han generado un gran debate en el mundo, debido a que no han sido de fácil acceso especialmente en los países periféricos. Como se ha mencionado anteriormente, las patentes representan una herramienta para asegurar la apropiación privada y la exclusividad de la explotación de una innovación o desarrollo tecnológico y por este motivo generan distorsiones en el mercado que limitan la competencia y su acceso.

Para las empresas farmacéuticas, los objetivos de patentar son proteger los resultados de la investigación de las enfermedades, el desarrollo de agentes terapéuticos, buscar la aprobación de las instituciones gubernamentales especializadas, garantizar el retorno de la inversión ante los altos costos de investigación y comercialización del producto, así como controlar el tamaño del mercado en la industria para impedir el acceso de nuevos competidores.

Los expertos en la industria aseguran que los productos farmacéuticos destacan por sus altos costos para desarrollarse, además de los riesgos asociados con el proceso de pruebas. Una vez desarrollados y aprobados, la mayoría de los medicamentos son fáciles de imitar a través de la ingeniería inversa, razón por la cual los expertos y promotores justifican la necesidad de las patentes en la industria farmacéutica (González Merino & Castañeda Zavala, 2022).

El otorgamiento de patentes a las farmacéuticas ha contribuido a la inversión en las investigaciones de múltiples enfermedades, por los réditos que genera para estas últimas. Sin embargo, la histórica pandemia de la Covid-19, que continúa impactando al mundo, hace cuestionar hasta qué punto se antepone el interés propio típico del capitalismo a la verdadera solución de los graves problemas de salud. Esto debería tomarse en cuenta ante la normatividad actual en el tema de propiedad intelectual para que contribuya a la solución de problemas de salud como el caso del virus SARS-CoV-2.

En la actualidad, distintas reformas a los derechos de propiedad intelectual han generado un debate entre países centrales y periféricos. En los primeros, la protección industrial alienta a la innovación, pero en los países periféricos, estas medidas inhiben y retrasan su capacidad imitativa, en específico en el sector farmacéutico, lo cual impacta directamente al desarrollo social y de salud.

Las empresas transnacionales de los países industrializados han exigido proteger sus innovaciones de aquellos que buscan fabricar medicamentos más "accesibles" (económicamente hablando) para la sociedad y que por lo general son fabricados por las industrias farmacéuticas de los países periféricos; quienes se caracterizan por no contar con las herramientas tecnológicas necesarias y frenan sus estrategias imitativas a causa de las nuevas leyes de propiedad intelectual (Guzmán, 2004). Sin embargo, en situaciones de emergencia como la pandemia de la Covid-19, existen disposiciones como la cláusula Bolar, que permiten la autorización temporal de licencias obligatorias para la producción de medicamentos esenciales. A pesar de esto, en la pandemia de la Covid-19, se han impuesto restricciones que han dificultado la implementación efectiva de estas licencias obligatorias. Este freno afecta considerablemente a la población de los países periféricos, ya que no tienen acceso a medicamentos baratos para enfrentar graves pandemias (Senado de la República, 2019).

El 11 de marzo del 2020, la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró al virus SARS-CoV-2 como pandemia e inició trabajos de investigación y desarrollo de vacunas en distintas regiones del mundo, logrando en menos de un año 14 vacunas para hacer frente a la Covid-19 (Lamata Cotanda, 2021). Esto contrasta con el hecho de que antes se tardaban entre 15 y 20 años en el proceso de generar vacunas eficaces y seguras.

Algunos países se organizaron para el desarrollo, producción y distribución de vacunas, pero cedieron a pocas empresas privadas el monopolio del desarrollo y la fabricación, generando dos efectos: por un lado, que la empresa decidiera el volumen de producción; por el otro, que se crearan monopolios de las patentes con el poder para fijar los precios (Linder & Morante, 2020). Esas empresas han realizado la producción en plantas propias o subcontratadas, que son las que han tenido acceso al *know-how* y las tecnologías. Como resultado de estas acciones, se ha creado un embudo y retrasos en la producción y distribución de dosis. Según el *dashboard* de vacunas de la Covid-19 del Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), el precio de producción por dosis oscila entre \$2 y \$37 dólares (UNICEF, 2021), pero se han vendido a precios muy altos y, en muchos casos, abusivos.

A raíz de esto, muchos países de bajos y medianos ingresos solicitaron la suspensión temporal de las patentes de las vacunas para aumentar la producción y distribución de estas a todo el mundo. Quienes solicitaron esta suspensión temporal argumentaron que esta medida permitiría a los fabricantes de genéricos producir y vender vacunas a precios más bajos, lo que aumentaría el acceso a las vacunas en los países periféricos.

En 2020, la OMS puso en marcha un mecanismo para compartir las patentes y el *know-how* de todas las tecnologías de forma voluntaria para la lucha contra la Covid-19 mediante el C-TAP (Acceso Mancomunado a la Tecnología contra la Covid-19), haciendo un llamado a distintos gobiernos y empresas farmacéuticas para hacer efectivas las afirmaciones de que las vacunas deberían ser un bien público accesible para todos (de la Torre, 2021). Desafortunadamente, algunos países y empresas hicieron caso omiso a este llamado.

Los titulares de las patentes de las vacunas y los países que invirtieron en el desarrollo de vacunas y tecnologías para hacer frente a la Covid-19 argumentaron que dicha suspensión podría desincentivar la inversión en investigación y desarrollo de nuevas vacunas y tratamientos para futuras pandemias. Además, afirmaron que el problema ha sido de logística y de suministro, lo que ha limitado la distribución en todo el mundo (Navas, 2021).

Por su parte, la Unión Europea realizó una negociación para la compra anticipada de vacunas que cubriera a su población. De esto se observa que los países centrales buscaron

solucionar su problema de manera endógena, olvidando al resto de los países del mundo (Lamata Cotanda, 2021).

La historia parece repetirse, es decir, se abre un debate entre quienes apoyan los derechos de propiedad intelectual en los medicamentos y los que han pedido acceso para el desarrollo de fármacos a menor costo para salvar vidas. Se toma como referencia el caso del gobierno sudafricano en el tema del VIH, donde en 1997 múltiples empresas transnacionales del sector farmacéutico lucharon por la revocación de la Ley de Medicamentos y Sustancias Relacionadas, evitando que la ley entrara en vigor y procurando el monopolio privado en la ganancia (Sidley, 2004).

En el caso sudafricano, más allá de velar por la salud de la población que sufre esta terrible enfermedad (aproximadamente 4.2 millones de personas portadoras del VIH/SIDA), las empresas transnacionales han luchado porque no se introduzcan genéricos al país. La tendencia de estas ha sido innovar y usar el conocimiento acumulado para generar soluciones técnicas, en este caso una vacuna que cure esta terrible epidemia. Se observa en su contratendencia una forma en contra del desarrollo humano al utilizar esta vacuna como un instrumento orientado a la ganancia, en donde todo lo demás, incluyendo la vida humana, se subordina a esta.

La subordinación de la generación y acumulación del conocimiento al sistema capitalista ha llevado a una tendencia predominante de privatización de los beneficios tecnológicos, en lugar de un enfoque orientado al desarrollo de las fuerzas productivas en beneficio de la sociedad en general. Esta dinámica ha generado desigualdades significativas en el acceso y la distribución de los avances tecnológicos, ya que los intereses económicos privados tienden a prevalecer sobre las necesidades y demandas sociales más amplias. Como resultado, se ha limitado el potencial de desarrollo y progreso para sectores de la población que no cuentan con los recursos y la influencia necesarios para acceder a la tecnología y beneficiarse de ella.

En el contexto de la industria farmacéutica, la privatización del conocimiento se evidencia en la forma en que una empresa puede aprovecharse del conocimiento acumulado a lo largo de la historia, desde investigaciones sobre antibióticos hasta avances en biotecnología y desarrollo de compuestos para vacunas. Mediante el sistema de propiedad

intelectual actual, esta empresa puede patentar dicho conocimiento y controlar su socialización, devolviéndolo a la sociedad bajo un precio determinado. Esto no sólo implica una privatización del conocimiento, sino también una restricción en el acceso y un desafío para los grupos mayoritarios que no pueden beneficiarse plenamente de esos avances. La industria capitalista ejerce un control sobre la dirección del desarrollo de las fuerzas productivas, lo que afecta negativamente a la mayoría de la población y limita sus oportunidades de prosperidad y bienestar.

Un ejemplo emblemático es el caso de la talidomida, un sedante de libre venta que se comercializaba en 1960 en 46 países como un producto "100% seguro" para mujeres embarazadas, debido a su supuesto control de las náuseas. Sin embargo, se descubrió que su uso recurrente causaba focomelia en los recién nacidos, una enfermedad congénita rara en la cual los bebés nacen con extremidades muy cortas o malformadas. Esta tragedia llevó a la retirada del medicamento en varios países, ya que no se realizaron ensayos clínicos previos para evaluar las implicaciones de su uso. Este caso ilustra cómo la falta de regulación y la priorización de los intereses comerciales por encima de la seguridad y el bienestar de la población pueden tener consecuencias devastadoras.

A pesar de los efectos secundarios dañinos de este medicamento, la talidomida está aprobada por la *Food and Drug Administration* (FDA) para el manejo de la inflamación asociada con la enfermedad de Hansen (lepra) y como agente quimioterapéutico para pacientes con cáncer (Fintel, 2009). Con esto se observa cómo existe una cuestión estructural que motiva al capitalista a buscar una ganancia más allá de las complicaciones que pueda tener la comercialización de este medicamento en la sociedad, en este caso en la salud.

Otro punto importante son los efectos de las reformas de los derechos de propiedad intelectual que han afectado el desarrollo tecnológico en algunos países periféricos que basan su avance tecnológico en una estrategia imitativa. Sin embargo, existen países que han logrado desarrollar capacidades tecnológicas para aprovechar las externalidades del conocimiento tecnológico, caracterizados por una dinámica de ID-imitación-innovación, tal es el caso de China, India, Corea y Taiwán. Esto ha sido imposible en México, donde las reformas han obstaculizado el desarrollo basado en imitación, retrasando la incorporación de nuevos conocimientos y técnicas para producir moléculas y medicamentos.

Otro fenómeno es que los empresarios nacionales no han contado con oportunidades de desarrollar las capacidades necesarias para adaptarse a los cambios de propiedad intelectual que impone la globalización. A diferencia de la experiencia de los países centrales, donde los centros de investigación, universidades y otros organismos públicos efectúan una parte importante del proceso de innovación, apoyados por financiamiento público, en los países periféricos hay poco financiamiento. Se calcula que más de dos tercios de los medicamentos generados en Estados Unidos se producen con el apoyo del gobierno estadounidense (Guzmán, 2004).

En México, las principales empresas farmacéuticas son extranjeras y se han beneficiado de la reforma de patentes en el país. La patente farmacéutica es importante porque en esta industria es relativamente fácil imitar los componentes químicos hasta cierto nivel tecnológico. Desafortunadamente, son empresas de países hegemónicos las que han obtenido las ganancias en un país como México. Algunas de estas empresas son:

*Tabla 4 Número de patentes concedidas en México a empresas farmacéuticas multinacionales*

<b>Empresa</b>	<b>País de origen</b>	<b>Patentes Concedidas</b>
Pfizer Inc	Estados Unidos	610
Johnson & Johnson	Estados Unidos	1277
Novartis	Suiza	1005
Merck & Co.	Estados Unidos	163
Roche	Suiza	1909
Abbott Laboratories	Estados Unidos	563
AstraZeneca	Reino Unido	557
Bayer	Alemania	2400
Eli Lilly And Company	Estados Unidos	574
Bristol-Myers Squibb Company	Estados Unidos	416

*Fuente: Elaboración propia con información de Infopat*

En la Tabla 4 se observa que la mayoría de las patentes concedidas en el área farmacéutica en México pertenecen a empresas de Estados Unidos, seguido de poco más de la mitad a naciones europeas y el resto a Japón y otros países. Estas empresas registran patentes cuya actividad inventiva se realizó en centros de investigación con filiales en países centrales y,

en menor medida, en alianzas. La mayoría de los investigadores que participan en el desarrollo de estas patentes son estadounidenses, aunque también hay participación de investigadores europeos y de países periféricos como India, Corea, México y China (Guzmán, 2004).

Según Guzmán, las patentes son importantes porque aumentan los costos para los imitadores en términos de litigios, persecución legal, innovación y diferenciación de productos. Hay una competencia creciente en el sector farmacéutico antes y después de la expiración de las patentes (Guzmán, 2004).

En conclusión, la industria farmacéutica ha utilizado el proceso de apropiación social para obtener excedentes y crear desigualdades dentro del sector, lo que se ve reflejado en el sistema de patentes. La pandemia de la Covid-19 ha intensificado el debate sobre las patentes, ya que han impedido el acceso de los países periféricos a las vacunas y medicamentos necesarios.

Si bien las patentes protegen la inversión y la innovación, también limitan la competencia y el acceso a tratamientos efectivos. La protección industrial puede alentar la innovación en los países centrales, pero puede retrasar la capacidad imitativa de los países periféricos, lo que tiene un impacto directo en el desarrollo social y de salud. Por lo tanto, es necesario considerar la normatividad actual en el tema de propiedad intelectual para contribuir a la solución de los graves problemas de salud, como la pandemia de la Covid-19.

## **2.3 Ejemplos de la desigualdad en el uso de las patentes**

### **2.3.1 Las patentes sin utilidad productiva**

Feldman (2021) asegura que el sistema de patentamiento mundial es tan débil que las invenciones protegidas casi nunca se utilizan. Las leyes de protección de la propiedad intelectual de países centrales como Estados Unidos crean mercados limitados por los altos costos de transacción y los riesgos legales, excluyendo a la mayoría de las pequeñas y



medianas empresas. Como consecuencia, 95% de los descubrimientos patentados no se utilizan para generar nuevos productos y servicios (Feldman, 2021).

Las patentes han sido una herramienta importante para el progreso social de algunas regiones durante más de 200 años. Las empresas han alentado a los inventores para que realicen descubrimientos exitosos a cambio del derecho de excluir a otros del mercado por un tiempo determinado.

Por otra parte, las patentes presentadas por universidades generan muy pocos ingresos e incluso, en algunos casos, no se comercializan. Menos del 20% de los trabajos de las Oficinas de Transferencia Tecnológica de las Universidades llegan al punto de equilibrio (Key, 2017). En México, las patentes generadas por universidades pocas veces se convierten en productos o procesos tecnológicos específicos, y tampoco son un referente de toda la innovación tecnológica. Las patentes son solo una pequeña parte de los diversos fenómenos que confluyen en la complejidad de la innovación (García Galván, 2017).

El uso de patentes por parte del sector farmacéutico para proteger medicamentos exitosos no sólo les brinda la oportunidad de recuperar las inversiones realizadas en investigación y desarrollo, sino que también les otorga un período de exclusividad en el mercado. A través de este monopolio temporal, las compañías farmacéuticas pueden establecer precios más altos para sus medicamentos patentados, lo que les permite generar ingresos y cubrir las pérdidas que puedan haber incurrido en el desarrollo de otros estudios que resultaron en fracaso. Sin embargo, este enfoque ha generado debates sobre el acceso equitativo a los medicamentos y la necesidad de encontrar un equilibrio entre la protección de la propiedad intelectual y el interés público en la salud.

Rovira (2015) muestra un ejemplo de la farmacéutica Johnson & Johnson, que sugiere que el costo de un fármaco debe reflejar no sólo los costos de la investigación, sino también los de los prototipos fallidos durante su etapa de desarrollo. El sistema de incentivos a la innovación basado en patentes y otros privilegios de exclusividad ha limitado la competencia y convertido los mercados de medicamentos en auténticos monopolios (Rovira Forns, 2015).

Determinar el verdadero valor de una invención y cómo se genera el retorno de su valor es muy difícil. Contrario a la creencia general, una patente no protege una tecnología

de ser infringida por su competidor, sino que brinda las herramientas legales en caso de que alguien infrinja la ley replicando dicha tecnología (Key, 2017).

Lowe (2015), en su publicación de *Science*, menciona un artículo publicado en *The Economist* que lleva como subtítulo "Las patentes están protegidas por los gobiernos porque se mantienen para promover la innovación, pero hay muchas pruebas de que no es así". En él se afirma que el sistema de patentes produce fraude, induce a las personas a idear esquemas abusivos, crea conflictos entre inventores, provoca interminables demandas y recompensa a las personas equivocadas (Lowe, 2015).

Una invención patentada que no se comercializa no necesariamente afecta a la empresa que la patenta, ya que el objetivo principal de la patente no siempre es mejorar la producción o generar beneficios directos para la sociedad. En muchos casos, el propósito es limitar la entrada de nuevos competidores al mercado, protegiendo así la ventaja competitiva de la empresa. Aunque los investigadores o inventores reciben reconocimiento a través de la inclusión de su nombre en la patente, en muchas ocasiones también se les compensa mediante bonificaciones o salarios (Gaspar Olvera, 2021).

Este tipo de prácticas son realizadas principalmente por empresas transnacionales, lo que limita el desarrollo de la economía nacional y convierte a los países en proveedores o maquilas de dichas empresas, que luego reintroducen sus productos a altos costos. México es un país dependiente de las tecnologías desarrolladas en los países centrales y no ha participado activamente en ninguna revolución tecnológica de alto impacto.

### **2.3.2 Patentes y empresas transnacionales**

En el proceso de patentamiento, los inventores atraviesan un largo y costoso proceso burocrático, además de la investigación y desarrollo. Sin embargo, es importante distinguir entre el inventor y el titular de la patente. Generalmente, la empresa es la propietaria de los derechos de la patente y es quien tiene la capacidad de comercializar la invención. Solo en casos donde las invenciones provienen de universidades o centros de investigación, es posible que el inventor y el titular de la patente sean la misma persona (Gaspar Olvera & Caballero Anguiano, 2021).

El titular de la patente tiene derecho exclusivo de controlar la producción y venta de un determinado producto o proceso de fabricación por un periodo máximo de 20 años. De esta manera, una patente crea una relación de propiedad sobre el conocimiento científico o tecnológico aplicado (OMPI, 2022).

Henry (2018) señala que muchas personas confunden la invención de una patente con la propiedad de esa invención y piensan que son lo mismo. El titular de la patente es quien tiene todos los derechos y privilegios que le concede la patente, lo que significa que tiene el derecho exclusivo de fabricar, vender o utilizar la invención. Sin embargo, el inventor no siempre es el titular de la patente, por lo que en ocasiones no tiene el derecho de hacer uso de ella. Esto es importante porque en algunos casos, la persona que inventa algo no es la misma que tiene el derecho de explotar esa invención comercialmente (Michael K., 2018).

En México, como en muchos países, las invenciones se realizan tanto en empresas privadas como en instituciones públicas. En este contexto, existen datos oficiales que muestran que en los últimos tiempos se han realizado más invenciones en universidades, laboratorios y centros de investigación del Estado que en empresas privadas (Rangel Ortíz, 2007).

Existen diferencias entre los investigadores que trabajan para el Estado y los que trabajan para empresas privadas. Aunque las invenciones de los investigadores estatales son importantes, hay evidencia de que las normas que regulan estas invenciones no son bien conocidas entre los involucrados. A menudo se piensa erróneamente que las leyes que regulan las invenciones y las investigaciones de los trabajadores en empresas privadas son las mismas que se aplican a las invenciones y las investigaciones realizadas para el Estado (Kurczyn & Villanueva, 2009).

Es así como los investigadores de instituciones públicas prefieren utilizar la patente únicamente para su beneficio curricular y solo queda como un activo intangible de la institución que en la mayoría de los casos no genera algún beneficio social o productivo porque no tienen la cultura y formación para comercializar o sacar provecho social de dichas patentes.

Por otro lado, en el caso de las empresas privadas, se acelera el proceso de apropiación del conocimiento mediante la contratación directa de inventores para el beneficio de las grandes corporaciones. En la mayoría de los casos, las empresas hacen que sus empleados firmen acuerdos en donde asignan la propiedad de las invenciones a su negocio, de esta forma el inventor ya no tiene ninguna potestad sobre la patente (Michael K., 2018).

En conclusión, el proceso de patentamiento es largo, costoso y requiere cumplir ciertos requisitos para que la idea sea potencialmente comercializable. La patente confiere al titular el derecho exclusivo de controlar la producción y venta de un determinado producto o proceso de fabricación por un periodo máximo de 20 años, creando una relación de propiedad sobre el conocimiento científico o tecnológico aplicado. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el inventor no siempre es el titular de la patente y puede que no tenga derecho a explotar comercialmente su invención.

### **2.3.3 La confidencialidad**

Los contratos de confidencialidad surgieron debido a la competencia empresarial para generar y manejar información y conocimientos tecnológicos y comerciales. Actualmente, la información se ha convertido en un activo importante de las empresas y con este instrumento mantienen en resguardo lo que en ella se realice.

La confidencialidad se refiere al acuerdo entre el investigador y la institución, organización o persona con la que se realizará una investigación o un desarrollo científico o tecnológico sobre cómo se manejará, administrará y divulgará la información de identificación personal. Las propuestas de investigación deben describir las políticas para mantener la confidencialidad de los datos identificables, incluidos los controles sobre almacenamiento, el procesamiento y el intercambio de datos personales (CEPAL, 2020).

Este instrumento también se deriva de la Ley de Propiedad Industrial, que dedica el título 8º a la protección del secreto empresarial. Según el marco jurídico, el secreto se define como: *“todo conocimiento sobre productos o procedimientos industriales, cuyo mantenimiento en reserva proporciona a su poseedor una mejora, avance o ventaja*

*competitiva"* (artículo 86) (Diario Oficial de la Federación, 2020a). Como se puede observar, la norma sólo se aplica a productos o procesos industriales. Sin embargo, en la actualidad, las empresas limitan a sus trabajadores para que después no puedan trabajar en un área similar a la que pertenecieron en la organización o desarrollar por cuenta propia alguna tecnología semejante a las que se generen en la empresa. Esto limita la libertad de trabajo de un inventor.

### **2.3.4 Costos de las patentes**

En México el costo por la solicitud de una patente es de \$5,278.00 pesos M.N. y tiene una vigencia de 20 años. Además, es necesario sumar a esto los costos por las respuestas al IMPI por seguimiento, así como las anualidades que deben pagar en caso de que se conceda, estos costos pueden ascender a los \$60,000.00 pesos M.N. (IMPI, 2018). Los pagos se van realizando conforme se van requiriendo. Así mismo, el tiempo para que se evalúe y se pueda gestionar una patente oscila entre los dos y tres años como mínimo.

La ausencia de un producto en el mercado no garantiza que este pueda ser patentado. En ocasiones, se trata de prototipos que podrían no generar ganancias, llevando a los inventores o empresas a incurrir en gastos innecesarios. A menudo, los inventores o las empresas intentan navegar el proceso de patentes por sí mismos, sin la preparación especializada requerida para la correcta redacción de patentes, lo que puede aumentar los costos innecesariamente.

Las oficinas del IMPI cuentan con personal limitado que puede brindar capacitaciones a los inventores, por lo que éstos realizan un proceso inadecuado en el sometimiento al registro de una patente. Una parte fundamental del proceso para determinar la patentabilidad es la realización de un examen del estado de técnica por parte de un profesional.

De manera que, los inventores realizan una búsqueda de gestores, agentes de patentes, despachos de abogados o bufetes de propiedad intelectual los cuales manejan altos costos por la redacción (OMPI, 2006). En México no se cuentan con apoyos ni organismos de financiación que permita destinar parte de los fondos para sufragar los costos de

patentamiento e incluir en ocasiones los costos relacionados con la observancia y con la presentación de las solicitudes nacionales.

Por otro lado, en caso de ser concedida la patente, esta estará protegida únicamente en el país donde se gestionó inicialmente. Por lo tanto, si el inventor o la empresa que está gestionando la patente requiere protegerlo en otro país, tendrá que realizar un gasto adicional.

En conclusión, la solicitud de patentes en México implica altos costos y tiempo, lo que puede ser un obstáculo para los inventores y empresas que buscan proteger sus invenciones. Es importante contar con una preparación adecuada para la redacción de patentes y la realización de un examen del estado de la técnica, lo cual requiere la contratación de profesionales especializados lo que limita su uso.

## **2.4 Patentes como medio de obstrucción de la transferencia tecnológica hacia los países periféricos**

El régimen global de patentes, dominado por países del centro como Estados Unidos y la Unión Europea, actúa como un mecanismo de control que obstaculiza la transferencia de tecnología hacia México y otros países periféricos. La OMPI (2022) reporta que más del 80% de las patentes en el sector de alta tecnología están registradas en los países centrales, lo que limita la capacidad de los países periféricos de acceder a tecnologías avanzadas sin incurrir en costos prohibitivos de licencias y royalties. Este monopolio tecnológico refuerza la estructura de dependencia, donde México a menudo termina importando tecnología a un alto costo económico y social, minando su soberanía tecnológica y reforzando su rol periférico.

Como se ha dicho de manera reiterada, las patentes son instrumentos legales que otorgan a sus titulares un derecho exclusivo sobre una invención por un período determinado de tiempo. Aunque su objetivo principal es incentivar la innovación y la creatividad, en la práctica, las patentes pueden obstaculizar la transferencia tecnológica a los países periféricos.

La obtención de una patente es costosa y compleja, lo que limita el acceso de las empresas y los investigadores de los países periféricos a la propiedad intelectual. Los altos costos de registro y mantenimiento de patentes pueden disuadir a las empresas y a los

investigadores de los países periféricos de solicitar patentes (Gold, 2010). Además, la complejidad del sistema de patentes y la falta de conocimientos especializados en propiedad intelectual pueden dificultar la obtención de patentes y, en consecuencia, limitar la transferencia de tecnología.

Las empresas que poseen patentes pueden negarse a transferir tecnología a países periféricos a menos que se les paguen altas sumas de dinero por el uso de su propiedad intelectual. Esto puede ser particularmente problemático en el campo de la medicina, donde las empresas farmacéuticas pueden poseer patentes sobre medicamentos esenciales (Márquez, 2005). El alto costo de estos medicamentos limita el acceso a los mismos en los países periféricos, lo que tiene graves consecuencias para la salud pública. Por lo tanto, es importante buscar formas de equilibrar los derechos de propiedad intelectual con la necesidad de transferir tecnología a los países periféricos.

La lógica de expansión y dominio de las empresas transnacionales bajo el sistema capitalista ha mostrado limitaciones significativas en su aplicación en Latinoamérica, donde la promesa de desarrollo y bienestar se ha visto eclipsada por realidades de desigualdad y dependencia tecnológica. Estas corporaciones, en su búsqueda de maximizar beneficios, han operado en un marco que favorece la concentración de la riqueza y el conocimiento en manos de unos pocos, en detrimento de las economías locales.

Las políticas de libre comercio y la inversión extranjera directa, pilares de este modelo, han resultado en la exportación de ganancias y una mínima reinversión en las comunidades locales. Además, el énfasis en la protección de la propiedad intelectual ha reforzado barreras que dificultan el acceso a tecnologías clave, limitando la capacidad de innovación y desarrollo autónomo de la región. Este paradigma ha contribuido a un ciclo de dependencia tecnológica y económica que obstaculiza el progreso hacia una mayor igualdad y sostenibilidad. La evidencia de estos efectos llama a una reflexión crítica sobre la necesidad de modelos alternativos de integración económica y cooperación tecnológica que prioricen el bienestar colectivo y la soberanía de los países latinoamericanos.

## Conclusiones

En el contexto globalizado actual, el sistema de patentes ha sido utilizado por los países hegemónicos para consolidar su posición dominante en el mercado mundial. A través del control de la propiedad intelectual, estos países han logrado fortalecer sus empresas y su posición en la economía global.

La pandemia de la Covid-19 ha evidenciado las desigualdades en el acceso a los recursos necesarios para combatirla. Las patentes, en particular las relacionadas con medicamentos y vacunas, han obstaculizado la transferencia tecnológica a los países periféricos, limitando su capacidad para producir y distribuir los recursos necesarios. Esta situación ha agravado la crisis sanitaria en los países más vulnerables y ha expuesto la falta de solidaridad y cooperación entre los países más ricos y los más pobres.

Los documentos oficiales han sido utilizados para perpetuar la desigualdad y la exclusión de los grupos más vulnerables. En el contexto de las patentes, han consolidado la posición de los países hegemónicos en la economía mundial.

La desigualdad en el uso de las patentes se manifiesta en diversas formas. Por un lado, los países hegemónicos tienen un mayor acceso a la tecnología y los recursos necesarios para desarrollar y patentar sus inventos. Por otro lado, los costos asociados a la obtención y el mantenimiento de las patentes pueden ser prohibitivos para los países más pobres, lo que limita su capacidad para competir en el mercado global. Además, la confidencialidad asociada a las patentes también puede ser utilizada para proteger información estratégica y limitar el acceso de otros actores a los recursos.

En algunos casos, las patentes pueden utilizarse como herramientas para proteger invenciones que no tienen una utilidad productiva real. Esto puede llevar a situaciones en las que las patentes obstaculizan la innovación y la competencia en el mercado.

Es importante mencionar que existen iniciativas para abordar el problema de las patentes como mecanismos de obstrucción al conocimiento, como la transferencia de tecnología libre de patentes y la colaboración entre empresas y países para fomentar la innovación y el desarrollo tecnológico en los países periféricos. Sin embargo, se requieren



políticas y estrategias más amplias para abordar de manera efectiva las desigualdades en el acceso a la tecnología y la protección de la propiedad intelectual en el contexto global.

En este sentido, es necesario un enfoque más amplio que contemple la transferencia tecnológica como un aspecto fundamental del desarrollo económico y social de los países periféricos. Esto requiere una mayor cooperación entre los actores globales, incluyendo gobiernos, empresas, organizaciones internacionales y sociedad civil, para abordar las desigualdades en el acceso a la tecnología y promover la innovación y el desarrollo sostenible en los países periféricos.

### **CAPÍTULO III. MÉXICO EN LA GLOBALIDAD DE LA INNOVACIÓN Y EL DESARROLLO DE VACUNAS CON NANOTECNOLOGÍA CONTRA LA COVID-19**

La pandemia de Covid-19 ha sido uno de los mayores desafíos sanitarios y económicos de esta era, afectando a todos los países del mundo y dejando una marca profunda en la sociedad. Para hacer frente a esta crisis global, la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías se han convertido en herramientas vitales para combatir la enfermedad y proteger a la población mundial.

En este contexto, la nanotecnología ha emergido como una tecnología transformadora que tiene el potencial de mejorar la eficacia y la seguridad de las vacunas Covid-19, así como permitir su producción a gran escala y a bajo costo. Esta tecnología se enfoca en la manipulación de materiales a escala nanométrica y ha sido utilizada en diversas aplicaciones, desde la electrónica hasta la medicina.

La aplicación de la nanotecnología en el desarrollo de vacunas Covid-19 ha sido objeto de intensa investigación y ha generado resultados prometedores. Permite la encapsulación y el transporte eficiente de antígenos y adyuvantes, lo que puede mejorar la respuesta inmune del cuerpo a la vacuna y aumentar su eficacia. Además, ofrece la posibilidad de desarrollar vacunas multivalentes que protejan contra múltiples cepas de Covid-19.

Sin embargo, el desarrollo de vacunas con nanotecnología presenta desafíos importantes. La transferencia tecnológica, por ejemplo, es un aspecto clave que puede determinar el éxito o el fracaso de la implementación de estas vacunas en los países periféricos. Además, este proceso requiere una colaboración efectiva entre empresas, instituciones académicas y gobiernos.

La colaboración entre países también es crucial en la transferencia tecnológica de las vacunas con nanotecnología contra la Covid-19. La pandemia ha destacado la importancia de la cooperación internacional en la lucha contra enfermedades infecciosas, y la

transferencia de tecnología y conocimiento entre países puede ser un paso clave para lograr una respuesta global efectiva a la pandemia.

Para comenzar a revisar el tema de las vacunas, se presentan en la Tabla 5 las vacunas Covid-19 y algunas otras que hacen uso de nanotecnología en su desarrollo y fabricación (OMS, 2023).

*Tabla 5 Ejemplos de vacunas que utilizan nanotecnología en su desarrollo o fabricación*

<b>Vacunas que utilizan nanotecnología</b>	<b>Descripción</b>
Vacuna de ARNm de Moderna	Esta vacuna está compuesta por ARNm mensajero que codifica para la proteína S del virus SARS-CoV-2. Las nanopartículas lipídicas que transportan el ARNm están compuestas por fosfolípidos, colesterol y una proteína llamada glucoproteína 200.
Vacuna de ARNm de Pfizer-BioNTech	Esta vacuna también está compuesta por ARNm mensajero que codifica para la proteína S del virus SARS-CoV-2. Las nanopartículas lipídicas que transportan el ARNm están compuestas por fosfolípidos, colesterol y una proteína llamada ALC-0315.
Vacuna de nanopartículas lipídicas de la Universidad de Oxford	Esta vacuna utiliza nanopartículas lipídicas para transportar antígenos del virus SARS-CoV-2. Las nanopartículas están compuestas por fosfolípidos, colesterol y una proteína llamada glucoproteína 200.
Vacuna de nanopartículas de ADN de la Universidad de Hong Kong	Esta vacuna utiliza nanopartículas de ADN para transportar instrucciones genéticas que el cuerpo utiliza para producir proteínas del virus SARS-CoV-2. Las nanopartículas están compuestas por ADN, fosfolípidos y colesterol.
Vacuna de nanopartículas de ARN mensajero de la Universidad de California en San Francisco	Esta vacuna utiliza nanopartículas de ARN mensajero para transportar instrucciones genéticas que el cuerpo utiliza para producir proteínas del virus SARS-CoV-2. Las nanopartículas están compuestas por ARN mensajero, fosfolípidos y colesterol.
Vacuna de nanopartículas de proteínas de la Universidad de Pensilvania	Esta vacuna utiliza nanopartículas de proteínas para transportar antígenos del virus SARS-CoV-2. Las nanopartículas están compuestas por proteínas del virus SARS-CoV-2, fosfolípidos y colesterol.
Vacuna de nanopartículas lipídicas de la Universidad de Santiago de Compostela contra el VIH	Esta vacuna utiliza nanopartículas lipídicas para transportar antígenos del VIH. Las nanopartículas están compuestas por fosfolípidos, colesterol y una proteína llamada glucoproteína 200.

Vacuna de nanopartículas de dendrímeros contra el VIH de la Universidad de California en San Diego	Esta vacuna utiliza nanopartículas de dendrímeros para transportar antígenos del VIH. Las nanopartículas están compuestas por un polímero llamado dendrímero y un antígeno del VIH.
Vacuna de nanopartículas de ADN contra la malaria de la Universidad de California en San Francisco	Esta vacuna utiliza nanopartículas de ADN para transportar instrucciones genéticas que el cuerpo utiliza para producir proteínas del parásito <i>Plasmodium falciparum</i> , que causa la malaria. Las nanopartículas están compuestas por ADN, fosfolípidos y colesterol.
Vacuna de nanopartículas de proteínas contra la malaria de la Universidad de Pensilvania	Esta vacuna utiliza nanopartículas de proteínas para transportar antígenos del parásito <i>Plasmodium falciparum</i> . Las nanopartículas están compuestas por proteínas del parásito <i>Plasmodium falciparum</i> , fosfolípidos y colesterol.
Vacuna de nanopartículas lipídicas contra la tuberculosis de la Universidad de Nueva York	Esta vacuna utiliza nanopartículas lipídicas para transportar antígenos de la bacteria <i>Mycobacterium tuberculosis</i> , que causa la tuberculosis. Las nanopartículas están compuestas por fosfolípidos, colesterol y una proteína llamada glucoproteína 200.
Vacuna de nanopartículas de proteínas contra la tuberculosis de la Universidad de California en San Francisco	Esta vacuna utiliza nanopartículas de proteínas para transportar antígenos de la bacteria <i>Mycobacterium tuberculosis</i> . Las nanopartículas están compuestas por proteínas de la bacteria <i>Mycobacterium tuberculosis</i> , fosfolípidos y colesterol.

Fuente: Elaboración propia con datos de la OMS, 2023

La mayoría de las vacunas enumeradas se encuentran en una fase preclínica de desarrollo. La nanotecnología presenta un potencial revolucionario en la evolución de las vacunas. Las nanopartículas pueden transportar antígenos y estimular la respuesta inmunitaria de manera altamente eficiente, superando en eficacia a las vacunas tradicionales. Este avance tecnológico promete abrir nuevas perspectivas en la creación de vacunas más efectivas y adaptables a diversas enfermedades infecciosas, representando un paso significativo hacia la mejora de la salud pública a nivel global.

En el momento de la realización de este capítulo, dos vacunas basadas en la tecnología del ARN mensajero (ARNm) encapsulado en nanopartículas lipídicas ya están disponibles en el mercado. La empresa Moderna ha completado con éxito su fase de ensayos clínicos y ha lanzado su vacuna al público. Por su parte, la colaboración entre BioNTech, Fosun Pharma y Pfizer también ha superado las pruebas clínicas y ha comercializado su vacuna. Estos

avances representan un hito significativo en la investigación de vacunas y ofrecen nuevas opciones para la prevención de enfermedades infecciosas (OMS, 2023).

En este capítulo, se analiza el panorama global de los procesos de innovación en el desarrollo de vacunas con nanotecnología, incluyendo aspectos como la transferencia tecnológica y la colaboración entre instituciones y países. Se exploran los principales avances en el campo de la nanotecnología aplicada a las vacunas de Covid-19 y se examinan los desafíos y oportunidades que presentan estas tecnologías para la lucha contra la pandemia. Se espera que este análisis contribuya a una comprensión más profunda de la aplicación de la nanotecnología en el desarrollo de vacunas.

### **3.1 Dinámica de innovación mundial para el desarrollo de vacunas**

El desarrollo de la nanomedicina, incluyendo las vacunas con nanotecnología, ha transcurrido a través de avances teóricos y tecnológicos significativos distribuidos a lo largo de varias décadas. Richard Feynman, en 1959, propuso la idea de manipular materiales átomo por átomo, estableciendo así la base teórica para el desarrollo de tecnologías a escala nanométrica. En los años setenta y ochenta, con el acuñamiento del término "nanotecnología" por Norio Taniguchi en 1974 y la invención del microscopio de efecto túnel en 1981 por Binnig y Rohrer, se facilitó la visualización y manipulación precisa de átomos individuales, marcando un avance crucial para la manipulación a nanoescala (Drexler, 1986).

La década de los noventa vio la primera generación de nanomateriales, como el descubrimiento de los fullerenos en 1985 y la síntesis del primer dendrímero en 1993, que abrieron las puertas a nuevas formas de administración de fármacos (Kroto et al., 1985). Estos desarrollos proporcionaron estructuras sobre las cuales se podrían diseñar sistemas de entrega de medicamentos más eficientes y específicos. En el cambio de milenio, los primeros ensayos clínicos de nanopartículas para la entrega dirigida de quimioterapia en 2001 y el desarrollo de nanoshells para terapias selectivas contra el cáncer en 2005 mejoraron significativamente la precisión y eficacia de los tratamientos médicos, reduciendo efectos secundarios (Hirsch et al., 2003).

El período entre 2010 y 2020 marcó avances significativos en vacunas que utilizaban nanotecnología, especialmente con la creación de nanopartículas que mimetizan virus en 2016 para provocar una respuesta inmune sin utilizar patógenos vivos, culminando en el desarrollo y despliegue de las vacunas Covid-19 de Pfizer-BioNTech y Moderna en 2020, empleando tecnología de nanopartículas lipídicas. Este avance no sólo revolucionó la respuesta global a la pandemia, ofreciendo protección eficaz y rápida contra la Covid-19, sino que también subrayó el potencial de las nanotecnologías para revolucionar el campo de las vacunas, con aplicaciones extendidas a enfermedades más allá de las virales, como el cáncer y enfermedades autoinmunes (Baden et al., 2021; Mohsen et al., 2017; Polack et al., 2020).

El caso de México, con una participación limitada en estos desarrollos, destaca la importancia de invertir en investigación y desarrollo tecnológico local para no quedarse atrás en la innovación global y poder responder mejor a futuras crisis sanitarias. Esta secuencia histórica subraya la necesidad de un enfoque proactivo y estratégico en ciencia y tecnología, así como el potencial para que México se posicione no sólo como consumidor, sino como líder en la innovación nanotecnológica, particularmente en el área de nanomedicina y vacunas con nanotecnología.

La industria biofarmacéutica es de gran importancia para el bienestar de la población a nivel mundial. Su capacidad y desempeño para desarrollar soluciones terapéuticas eficaces están asociados a su capacidad de innovación y estrategia imitativa (Kale & Little, 2007). Es decir, el éxito de este sector depende de su capacidad para adaptarse y atender las necesidades del mercado y brindar soluciones seguras.

La existencia de nuevos tratamientos ha disminuido la cantidad de personas que mueren a causa de diversas enfermedades. El acceso a medicamentos seguros, efectivos y de alta calidad es fundamental para mejorar los servicios de salud, especialmente cuando se detectan medicamentos falsificados (Iñesta & Oteo, 2011). A pesar de ello, sigue siendo un desafío garantizar el acceso efectivo a los medicamentos en los países periféricos debido a los sistemas de propiedad intelectual existentes.

La pandemia de Covid-19 ha resaltado la necesidad crítica de desarrollar y distribuir vacunas efectivas de manera equitativa en todo el mundo. Sin embargo, la dinámica de

innovación y distribución de vacunas ha sido desigual y ha ampliado las brechas en el acceso a la salud entre los países centrales y periféricos. En este apartado, se examinará la dinámica global de innovación de vacunas, sus desigualdades y la inequidad en la lucha contra las enfermedades.

La innovación en el campo de la salud ha sido una de las principales fuerzas impulsoras de la ciencia y la tecnología en el siglo XXI. Las enfermedades y los virus han sido los principales catalizadores de la investigación en todo el mundo (OMS, 2013).

La pandemia causada por el virus SARS-CoV-2 ha acelerado la investigación y el desarrollo de nuevas terapias y vacunas para combatir la enfermedad. En este contexto, la nanotecnología ha surgido como una tecnología emergente que está siendo estudiada y desarrollada en el campo de las vacunas.

La atención hacia la nanomedicina ha ido en aumento debido a su potencial en el desarrollo de nuevos enfoques diagnósticos y terapéuticos para diversas enfermedades. La nanomedicina ofrece ventajas únicas en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades que no están disponibles a través de la medicina convencional (Bobo et al., 2016). Como se ha señalado anteriormente, esta disciplina abarca una amplia variedad de aplicaciones en nanotecnología, que incluyen la investigación y desarrollo de biofarmacéuticos y vacunas con nanotecnología, así como la creación de dispositivos médicos y la utilización de compuestos bioactivos de origen natural (Rodríguez et al., 2020).

La función de las vacunas se basa en el sistema inmunitario. En el pasado, la primera vacuna creada para la erradicación de la viruela fue desarrollada en 1796 por Edward Jenner. Sin embargo, la enfermedad fue oficialmente erradicada el 8 de mayo de 1980 (Campos-Macías & Vargas-Origel, 2018). En 1986, la nanotecnología revolucionó la creación de vacunas con el desarrollo de la primera vacuna VLP contra la hepatitis B (Vicente et al., 2009).

Las vacunas con nanotecnología son aquellas que utilizan nanopartículas como vehículos para transportar antígenos y adyuvantes a las células del sistema inmunológico. Estas nanopartículas pueden ser de diferentes materiales, como liposomas, polímeros, proteínas o ácidos nucleicos (Cárdenas-Vargas et al., 2016).

Se han desarrollado dos estrategias diferentes para la creación de vacunas. La primera utiliza agentes infecciosos vivos que son debilitados mediante diversos métodos para reducir su capacidad patógena. Este método puede llevar a formas atenuadas la enfermedad. La segunda estrategia utiliza agentes infecciosos inactivados para prevenir su capacidad de replicación, lo que implica que no se pueden producir formas atenuadas de la enfermedad (García, 1999).

Actualmente, también se pueden crear vacunas utilizando componentes virales, como proteínas y partículas, o mediante el uso de material genético como ADN o ARN (Bennett et al., 2015). Sin embargo, debido a que los factores que determinan la inmunogenicidad varían de persona a persona, puede ser difícil lograr una respuesta inmune efectiva y uniforme en toda la población vacunada.

La principal ventaja de las vacunas con nanotecnología es su capacidad para aumentar la respuesta inmunitaria del organismo. Esto se debe a que las nanopartículas son capaces de llegar a las células dendríticas, encargadas de activar la respuesta inmunitaria. Además, este tipo de vacunas pueden ser diseñadas para liberar el antígeno de forma controlada, lo que permite una mayor duración de la respuesta inmunitaria (Trujillo, 2021).

En el desarrollo de las vacunas con nanotecnología, uno de los principales desafíos es la selección del tipo de nanopartícula adecuada. Cada tipo de nanopartícula tiene sus propias ventajas y desventajas, por lo que es importante seleccionar la que mejor se adapte a las características de la vacuna y del patógeno (Bennett et al., 2015).

Otro desafío importante es la fabricación de las vacunas con nanotecnología a gran escala. Las técnicas de fabricación son complejas y requieren de un alto grado de especialización y control de calidad (OMS, 2020b). Además, este tipo de vacunas deben cumplir con los estándares de seguridad y eficacia establecidos por los organismos reguladores.

A pesar de estos retos, el desarrollo de vacunas que integran nanotecnología continúa avanzando a nivel mundial. Actualmente, se están investigando vacunas con nanotecnología para diferentes enfermedades, como el cáncer, la gripe, el VIH y la malaria, entre otras.



La pandemia de Covid-19 ha puesto de manifiesto la importancia de la investigación en vacunas, impulsando la inversión en este campo. Según Tripp, las vacunas con nanotecnología han despertado interés debido a su potencial para la administración dirigida de antígenos y adyuvantes, así como a su capacidad para estimular una respuesta inmunitaria más fuerte y duradera en comparación con las vacunas convencionales (Tripp, 2021).

La capacidad de la industria farmacéutica para desarrollar productos innovadores es crucial para la competitividad de los países, especialmente los industrializados, debido a la alta intensidad tecnológica de este sector. El financiamiento de la investigación y el desarrollo está íntimamente ligado a la capacidad de innovación de las empresas farmacéuticas (Ford, 2020). Además, la competitividad de esta industria también está vinculada a las políticas gubernamentales nacionales e internacionales, esenciales para impulsar la innovación en esta área (Agrawal, 2000).

La innovación en la investigación y desarrollo de vacunas refleja el interés global por encontrar soluciones novedosas en el ámbito de la salud. A pesar de ello, se ha observado que algunos países centrales son los principales impulsores de la nanotecnología en las vacunas, lo cual podría generar desigualdades en el acceso a la atención médica a nivel mundial, según señalan Diliuvienė y Tamašauskienė (Diliuvienė & Tamašauskienė, 2019).

Los avances en ciencias como la química, biología, biotecnología y nanotecnología han permitido la realización conjunta de I+D en laboratorios universitarios, centros de investigación y empresas farmacéuticas para la creación de nuevos productos terapéuticos. En este ambiente de innovación farmacéutica convergen diversas instituciones y agentes que fomentan la adquisición de habilidades de aprendizaje, tecnología e innovación.

Mientras que en los países centrales las políticas de propiedad intelectual incentivan los esfuerzos de innovación en empresas farmacéuticas, en los periféricos estas empresas basan sus esfuerzos en la imitación a través de la transferencia tecnológica y políticas públicas. A pesar de la armonización del sistema de propiedad intelectual de los países miembros de la Organización Mundial de Comercio (OMC) desde los años noventa, las capacidades tecnológicas siguen siendo fundamentales para la adquisición, adaptación y creación de tecnología y conocimiento para resolver problemas económicos y sociales reales (OMS, 2013).

Cohen y Levinthal (1990) delimitan la capacidad de absorción de una empresa como la habilidad que tiene la empresa para reconocer el valor de nueva información y aplicarla a sus objetivos comerciales, basándola en conocimiento previo de la empresa. Dentro de las empresas, existen diversos factores que favorecen el aprendizaje y la absorción del conocimiento externo, como la presencia de departamentos de investigación y desarrollo, la formación profesional de los empleados, su experiencia laboral y capacitación avanzada (Cohen & Levinthal, 1990).

Además, la movilidad del personal capacitado es un factor clave. Estas capacidades de absorción permiten a las empresas aprender de potenciales socios externos, como universidades, centros de investigación, proveedores y clientes, generando complementariedades entre el conocimiento interno y externo en el proceso de innovación (Bittencourt & Giglio, 2013). De esta forma, las empresas pueden desarrollar sus propias experiencias innovadoras y acumularlas en su producción y rutinas, lo que contribuye a su éxito en el mercado.

La construcción de habilidades tecnológicas dependerá de cómo una organización se comunica con el mundo exterior y de la experiencia acumulada dentro de la organización. En la literatura, se ha discutido cómo las filiales de empresas transnacionales pueden aprender y compartir conocimientos entre ellas, incluso si están geográficamente separadas. Este enfoque de red ayuda a dispersar las habilidades de la empresa a nivel global, pero también ayuda a que la transferencia de conocimiento entre las filiales favorezca el rendimiento general de la empresa (Zhang et al., 2019). A su vez, las grandes empresas farmacéuticas parecen no haber desarrollado sus habilidades de absorción a través de adquisiciones y alianzas.

Las patentes son una manera de medir la capacidad innovadora de empresas y otros agentes. Aunque no todas las invenciones son innovadoras y no todas las novedades se patentan, las patentes pueden ser un indicador parcial de la actividad innovadora. El registro de patentes revela tanto la dirección y naturaleza de la actividad innovadora como la forma en que los empresarios utilizan los derechos de propiedad intelectual para obtener beneficios en el mercado. Asimismo, las patentes son una fuente valiosa de información para estudiar diferentes fenómenos relacionados con la innovación, como los flujos de conocimiento. Los

datos en las patentes han sido útiles para analizar la difusión, las derramas, la localización geográfica de los conocimientos tecnológicos y el análisis de las capacidades tecnológicas y de competitividad, entre otros temas (Griliches & Mairesse, 1984).

Sin embargo, las patentes en torno a las vacunas con nanotecnología presentan otro desafío para la equidad mundial en el cuidado de la salud. Los países de altos ingresos que lideran el desarrollo de este tipo de vacunas pueden tener patentes y derechos de propiedad intelectual que limitan el acceso a estas vacunas en países de bajos y medianos ingresos (Alonso Ruíz, 2021). Por lo tanto, si bien el desarrollo de vacunas con nanotecnología representa un avance significativo en la tecnología e innovación de la atención médica, también destaca las posibles desigualdades globales en el acceso a la atención médica que deben abordarse.

La pandemia mundial de Covid-19 ha demostrado el papel esencial que desempeñan las vacunas en la salud pública. El desarrollo de vacunas ha sido fundamental para controlar la propagación y la gravedad de varias enfermedades infecciosas a lo largo de la historia. Con el fin de asegurar la producción de vacunas y lograr el avance en estos proyectos, se ha invertido una suma total de 5,6 billones de dólares por parte del sector público y la CEPI (The Coalition for Epidemic Preparedness Innovations). Si se incluyen los acuerdos previos a la aprobación regulatoria de las vacunas, la cifra se eleva a más de 51,1 billones de dólares. Según la OMS en 2021, se reportaron 107 proyectos de vacunas en fase clínica y 184 en fase preclínica (OMS, 2022a).

La inversión en el desarrollo de vacunas ha sido un tema de gran importancia en todo el mundo debido a la pandemia generada por el virus SARS-CoV-2. Sin embargo, en algunos casos se ha observado que esta inversión ha sido excluyente. Por ejemplo, en Estados Unidos, las empresas BlackRock y Vanguard han sido las principales beneficiarias de la inversión en el desarrollo de vacunas.

BlackRock y Vanguard son dos de las empresas de gestión de inversiones más grandes del mundo y han invertido en numerosas empresas farmacéuticas que han desarrollado vacunas contra la Covid-19. Para marzo de 2021, invirtieron alrededor de 16 billones de dólares. Estas empresas han obtenido grandes ganancias debido al éxito de las vacunas, lo

que ha generado críticas sobre la exclusividad en la inversión y la falta de acceso a las vacunas por parte de algunos países periféricos (Estañol, 2021).

Además, en países como Estados Unidos, se ha observado una exclusividad no sólo en la inversión en el desarrollo de las vacunas, sino también en el control de las patentes y la restricción del acceso a su territorio para quienes no fueron inoculados con una vacuna de origen estadounidense, todo ello en pro de garantizar su beneficio económico.

La exclusividad en la inversión en el desarrollo de vacunas resalta la necesidad de un enfoque más equitativo en la distribución de las vacunas y la inversión en su desarrollo. Por otro lado, el desarrollo de vacunas contra la Covid-19 y la subsiguiente protección de la propiedad intelectual plantean interrogantes sobre el uso de fondos públicos de mano de empresas como BlackRock y Vanguard para desarrollar tecnologías privatizadas.

Para enfrentar estos desafíos, es fundamental impulsar la innovación a nivel global en el desarrollo y distribución equitativa de las vacunas. Para lograr la equidad en la distribución, es necesario implementar enfoques inclusivos y sostenibles en la implementación de políticas y estrategias.

Uno de esos enfoques es el Fondo de Acceso Global a la Vacuna Covid-19 o la iniciativa COVAX. Este es un esfuerzo de colaboración global destinado a garantizar el acceso equitativo a las vacunas Covid-19 para todos los países, independientemente de su nivel de ingresos (Pasquale et al., 2021). La iniciativa busca proporcionar una asignación y distribución justa de vacunas mediante la agrupación de recursos de países industrializados para subsidiar la compra de vacunas para países de bajos y medianos ingresos. Sin embargo, esta iniciativa se ha enfrentado a una serie de reveses con algunos países centrales compitiendo por la compra de vacunas a precios más altos.

Lograr una distribución equitativa de las vacunas es igualmente importante para garantizar que las poblaciones vulnerables no se queden atrás. Desarrollar vacunas seguras y efectivas no es suficiente para poner fin a la pandemia. Según la Organización Mundial de la Salud, en septiembre de 2021, países como Estados Unidos, Reino Unido, Canadá, Alemania, Francia y Australia, entre otros, recibieron una cantidad desproporcionada de dosis de

vacunas anticipadas, mientras que algunos de los países de América Latina y el Caribe han tenido dificultades para asegurar suministros suficientes (UNDP, 2021).

Las barreras de entrada para el desarrollo de vacunas con nanotecnología son altas, incluida la necesidad de instalaciones de laboratorio avanzadas y experiencia en ciencia e ingeniería de materiales. Esto plantea un desafío importante para los países periféricos con recursos y capacidades limitados para invertir en tecnologías tan innovadoras. Por lo tanto, el desarrollo de vacunas con nanotecnología en países industrializados no significa necesariamente que serán accesibles para todas las poblaciones del mundo. Además, el alto costo potencial de las vacunas con nanotecnología puede exacerbar aún más las desigualdades en el acceso a la atención médica, especialmente para quienes viven en la pobreza o en países de bajos ingresos sin sistemas de atención médica adecuados (Pinto, 2015).

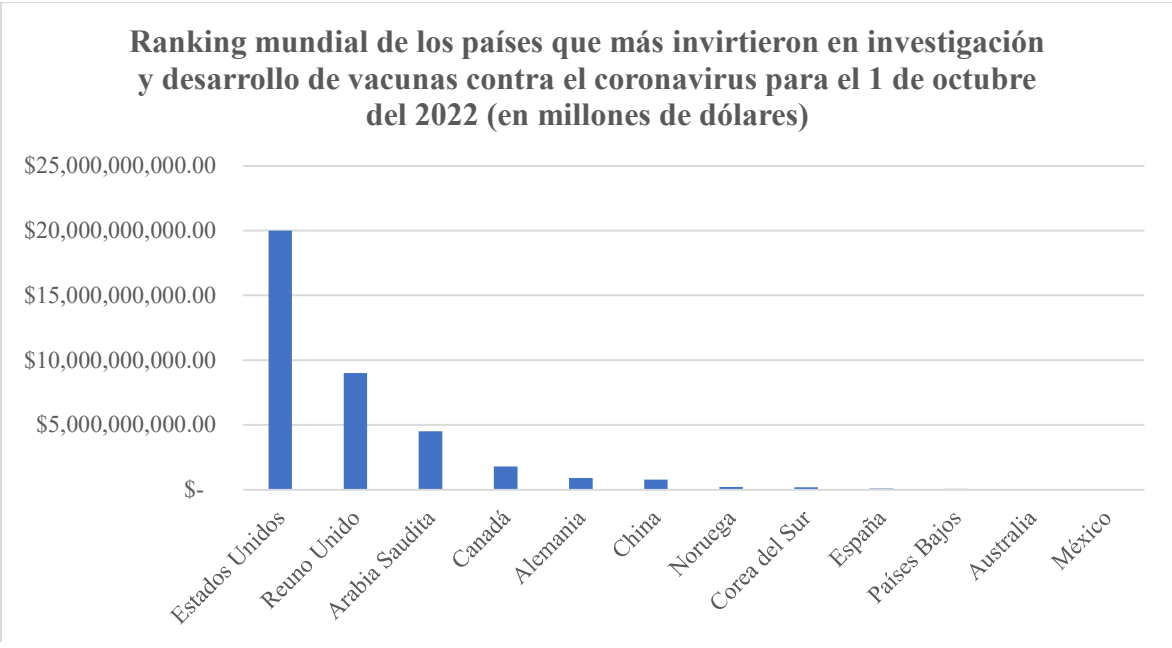
México apostó por el desarrollo "local" de vacunas como parte de su estrategia de combate al virus. Comenzó a desarrollar su propia vacuna contra la Covid-19 llamada "Patria". La vacuna fue creada en colaboración con científicos del sector público y privado, y el laboratorio mexicano Avimex, a través de una estrategia de inversión mixta y colaboración con el gobierno mexicano. En abril de 2021, se anunció que la vacuna había pasado con éxito las fases preclínicas y que se estaba preparando para realizar pruebas en 100 voluntarios humanos. Además, la autoridad sanitaria mexicana, Cofepris, ha certificado la seguridad de la planta, los primeros lotes de la vacuna y el diseño de la fase clínica 1 (Félix, 2022).

El proceso de creación de la vacuna "Patria" recibió un apoyo de 135 millones de pesos por parte de CONACyT, mientras que AMEXCID-SRE aportó 15 millones de pesos. Esto representa alrededor del 0.0043% del gasto total en el desarrollo de vacunas Covid-19 a nivel mundial (CONACyT, 2021). Esta cifra es muy inferior a la inversión de países como Estados Unidos, que invirtieron aproximadamente 157 mil millones de dólares en el desarrollo y distribución de las vacunas contra la Covid-19. Esta inversión provino tanto del sector público como del privado, incluyendo fondos gubernamentales, inversiones de empresas farmacéuticas y aportaciones de organizaciones sin fines de lucro.

Los proyectos de vacunación en países centrales y periféricos han avanzado rápidamente, contrastando con un sector biofarmacéutico local que depende fuertemente de la tecnología y un sistema de salud que presenta fragilidades en su estructura. Mientras que algunos países han logrado avances significativos en la investigación y desarrollo de vacunas, otros se encuentran en desventaja debido a una infraestructura de salud débil, una falta de acceso a tecnología de punta en la industria biofarmacéutica, y una baja inversión para fortalecer el sistema (Guzmán & Pérez, 2021).

En el siguiente gráfico se muestran las disparidades en la inversión que se tuvo a nivel mundial para el desarrollo de vacunas con nanotecnología contra la Covid-19, tomando en cuenta a los principales inversionistas a nivel mundial en contraste con la inversión del gobierno mexicano:

Gráfico 6 Ranking mundial de los países que más invirtieron en investigación y desarrollo de vacunas contra el coronavirus para el 1 de octubre del 2022



Fuente: Elaboración propia con datos de Statista 2023

La siguiente tabla muestra la distribución de las inversiones a nivel mundial en diferentes proyectos para el desarrollo de biológicos. Es importante destacar que la mayor parte de estas inversiones se destinaron a proyectos enfocados en la investigación y producción de vacunas

contra la Covid-19. Algunos de los proyectos más destacados incluyen la investigación de terapias basadas en anticuerpos, el desarrollo de vacunas de ARN mensajero, y la producción de antígenos recombinantes. Estos proyectos recibieron un gran impulso gracias a la colaboración entre empresas farmacéuticas, universidades y gobiernos de diferentes países. A pesar de los avances en la investigación y producción de biológicos, todavía existen desafíos importantes para garantizar un acceso equitativo a estas tecnologías a nivel global.

*Tabla 6 Financiación para vacunas contra la Covid-19*

<b>Financiación para vacunas contra la Covid-19</b>		
<b>País</b>	<b>Monto</b>	<b>Empresas</b>
Estados Unidos	\$ 2,678,030,000.00	Pfizer, Moderna, Johnson & Johnson, AstraZeneca
Reino Unido	\$ 473,003,000.00	Oxford/AstraZeneca, Pfizer/BioNTech, Moderna y Novavax
Arabia Saudita	\$ 150,000,000.00	COVAX
Canadá	\$ 154,000,000.00	COVAX
Alemania	\$ 997,190,000.00	BioNTech, CureVac, Bayer
China	\$ 157,210,000.00	Sinovac, Sinopharm y CanSino Biologics
Noruega	\$ 214,270,000.00	COVAX, Pfizer/BioNTech, Moderna y AstraZeneca
Corea del Sur	\$ 183,060,000.00	SK Bioscience y Genexine
España	\$ 81,660,000.00	COVAX
Países Bajos	\$ 54,290,000.00	COVAX
Australia	\$ 25,620,000.00	COVAX
México	\$ 8,523,841.18	Patria

*Fuente: Elaboración propia con datos de Statista, 2020*

Es relevante señalar que no todas las vacunas en la lista mencionada fueron desarrolladas utilizando nanotecnología. No obstante, estos datos proporcionan información sobre la

inversión de cada país en la investigación, desarrollo, fabricación y distribución de las vacunas contra la Covid-19.

Aunque el desarrollo de vacunas con nanotecnología es una prometedora herramienta para la prevención de enfermedades infecciosas, su impacto en el desarrollo desigual de los países es un tema preocupante. Los países con menos recursos y capacidades para desarrollar y producir vacunas con nanotecnología pueden quedar rezagados en la lucha contra enfermedades infecciosas, lo que agrava aún más las disparidades globales de salud. Además, el acceso a estas vacunas puede ser limitado para las poblaciones más vulnerables de estos países, lo que puede perpetuar la brecha en la salud global. Es importante que se aborde el desarrollo desigual de los países en el contexto de su dinámica de innovación actual, para garantizar que estas tecnologías sean accesibles y beneficiosas para todos, independientemente de su ubicación geográfica o nivel socioeconómico.

### **3.2 Capacidades científicas y tecnológicas de la industria farmacéutica para la I+D de vacunas con nanotecnología**

En el escenario actual, marcado por una pandemia global que ha exigido respuestas sanitarias rápidas y efectivas, el desarrollo de vacunas contra la Covid-19 utilizando nanotecnología emerge como una prioridad crítica. La nanotecnología, una disciplina emergente fundamental en el desarrollo de nuevas vacunas, ha demostrado ser un campo prometedor para mejorar la eficacia de las vacunas tradicionales mediante el uso de nanomateriales.

Para desarrollar este apartado, se realizó un análisis de varios estudios y artículos relevantes para tener contexto ante la situación actual que vive México en este campo de estudio. Oliver (2024) en una entrevista realizada a Sonia Contera destaca que la nanotecnología es incómoda para algunos sectores debido a su capacidad de reestructurar paradigmas existentes, obligando a repensar la manera en que se desarrollan y administran las vacunas. Su aplicación en la farmacéutica no sólo mejora la administración de los fármacos, sino que también puede incrementar la respuesta inmunológica al permitir una liberación controlada y dirigida de los antígenos (Oliver, 2024).



El Colegio de San Luis, en su análisis del desempeño in vitro de productos farmacéuticos basados en nanotecnología, muestra cómo los nanomateriales pueden mejorar significativamente la estabilidad y eficacia de las formulaciones vacunales (Colegio San Luis, 2022).

La Real Academia Nacional de Farmacia también ha abordado las expectativas en torno a la nanotecnología aplicada a la salud y cómo esta puede contribuir a aliviar problemas de salud en poblaciones en condiciones de vulnerabilidad. Los estudios preclínicos y clínicos están demostrando que las vacunas con nanotecnología pueden ofrecer soluciones más efectivas y accesibles, lo cual es crucial en regiones con limitaciones en infraestructura sanitaria (SAFYBI, 2022).

Glisoni y Czentner, investigadores de la Facultad de Farmacia y Bioquímica, desde 2019 han utilizado la nanotecnología para la mejora de las vacunas en el Instituto NANOBIOTEC (CONICET-UBA), desarrollando nuevas formas de administración de fármacos y vacunas que han demostrado ser más efectivas y con menos efectos secundarios (NANOBIOTEC, 2019).

En México, la capacidad de fomentar innovaciones locales en este campo podría ser significativamente mejorada a través de la reestructuración del modelo de transferencia tecnológica. Este modelo debe orientarse a fortalecer las sinergias entre universidades, centros de investigación y la industria farmacéutica, promoviendo un sistema de colaboración que no sólo aborde las necesidades inmediatas de salud pública, sino que también establezca una base robusta para la independencia tecnológica y el desarrollo sostenible en materia de innovación.

Es imperativo implementar políticas que fomenten una colaboración efectiva y sostenida entre estos actores clave. Estas políticas deberían incluir incentivos para la investigación y desarrollo en universidades, facilitar la transferencia eficaz de tecnologías hacia la industria farmacéutica y diseñar estrategias para apoyar la comercialización exitosa de innovaciones. Además, es crucial que dichas políticas se diseñen de manera que las innovaciones tecnológicas, en particular aquellas relacionadas con la nanotecnología aplicada a las vacunas, se alineen con las prioridades sanitarias del país. Así, no sólo se contribuirá a la seguridad y soberanía tecnológica de México, sino que también se mejorará

la capacidad nacional para responder a emergencias sanitarias futuras, potenciando la industria farmacéutica nacional como líder en la innovación de salud global.

Algunos países consideran al sector farmacéutico como un área estratégica, ya que puede abordar los problemas de salud de la población y contribuir al bienestar social y al crecimiento económico. A pesar de que las empresas farmacéuticas transnacionales tienen un dominio oligopólico en los mercados internacionales de medicamentos, algunos países periféricos han logrado desarrollar capacidades tecnológicas y de innovación. Sin embargo, en el caso del desarrollo de la vacuna con nanotecnología contra la Covid-19, esto no se ha visto reflejado.

Los modelos de innovación en México, especialmente en el sector farmacéutico, enfrentan desafíos significativos que limitan su capacidad para desarrollar vacunas con nanotecnología de manera autónoma. Tradicionalmente, estas limitaciones no sólo están enraizadas en la infraestructura tecnológica insuficiente, sino también en un modelo de innovación que favorece la dependencia de tecnologías y conocimientos externos (Dutrénit & Arza, 2010). Las empresas farmacéuticas mexicanas a menudo dependen de patentes y materiales biotecnológicos importados para la I+D, lo que compromete su capacidad para iniciar proyectos innovadores independientes. Este modelo de 'innovación dependiente' no facilita una verdadera autonomía en el desarrollo de tecnologías emergentes como las nanotecnologías aplicadas a vacunas, sino que perpetúa la subordinación tecnológica y científica a corporaciones y países con economías más desarrolladas (Silva et al., 2004).

El marco regulatorio y las políticas de innovación en México hasta ahora no han conseguido impulsar adecuadamente un entorno que promueva significativamente la innovación local en tecnologías avanzadas, incluyendo la nanomedicina. Esta deficiencia se refleja en la insuficiente financiación para la investigación y un enfoque gubernamental que favorece la adquisición de tecnología extranjera en lugar de fomentar un desarrollo tecnológico interno robusto. No obstante, iniciativas recientes como las promovidas por el CONACyT sugieren un cambio potencial hacia un modelo más autónomo y menos dependiente (Foro Consultivo, 2019).

A nivel mundial, países como Estados Unidos, Japón y algunos países europeos han invertido significativamente en investigación y desarrollo de vacunas con nanotecnología.

En estos países, se han establecido centros de investigación especializados en el desarrollo de estas tecnologías, con importantes avances en la creación de vacunas más eficaces y seguras (Durán Álvarez et al., 2020).

Dentro del contexto del desarrollo tecnológico en México, es relevante subrayar el papel central que desempeñan las grandes corporaciones multinacionales y el estado en la promoción y ejecución de proyectos tecnológicos avanzados. Estos actores dominan el panorama, moldeando las dinámicas de investigación y producción tecnológica, lo cual se refleja claramente en la esfera de la innovación en nanotecnología aplicada al desarrollo de vacunas, como se observa en el ámbito de respuesta a la pandemia de Covid-19.

Dentro del marco de la economía mundial, la industria farmacéutica mexicana se halla ante un desafío considerable. A pesar de haber logrado progresos en determinados campos tecnológicos, su papel en la cadena de valor global destaca por una marcada inclinación hacia actividades de bajo valor agregado, tales como el etiquetado, el embalaje y la distribución.

En particular, en lo que respecta al desarrollo y producción de vacunas con nanotecnología contra la Covid-19, México ha ocupado una posición secundaria, confinando su contribución a las últimas fases del ciclo productivo. Este enfoque revela una estructura económica más extensa en la que la investigación y el desarrollo tecnológico están mayormente concentrados en los países centrales, relegando a las economías emergentes a un papel periférico. Tal dinámica no sólo resalta las inequidades inherentes al sistema económico internacional, sino que también enfatiza los desafíos que enfrenta México en su esfuerzo por alcanzar una mayor independencia y liderazgo en el terreno tecnológico.

La limitación de México a actividades posteriores en la fabricación, como el etiquetado, el envasado y la distribución de vacunas contra la Covid-19, subraya el desequilibrio prevalente en el ámbito económico global. Este contexto pone de relieve los obstáculos significativos para el avance del país hacia la autosuficiencia y el dominio tecnológico, especialmente en un periodo donde las cadenas de valor adoptan un perfil más regional y se dirigen hacia mercados con ecosistemas más adecuados para el crecimiento empresarial.

La concentración de recursos y capacidades en manos de entidades específicas subraya la persistencia de una estructura económica global que distingue entre centros de innovación y periferias productivas. México, a pesar de sus avances en ciertas áreas de la tecnología, se encuentra en una posición periférica en este sistema, lo cual se evidencia en su rol en el desarrollo y producción de vacunas con nanotecnología contra el Covid-19.

El esquema de centro-periferia no sólo afecta la capacidad de México para avanzar hacia una mayor autosuficiencia y liderazgo en el desarrollo tecnológico, sino que también refleja las desigualdades inherentes al sistema económico globalizado. Aunque existe un potencial significativo en el país, la realización de este potencial se ve obstaculizada por la dependencia de inversiones extranjeras y la transferencia de tecnología, que a menudo vienen acompañadas de condiciones que perpetúan la posición subordinada de México en la cadena de valor global (Flores-Chávez, 2019).

A pesar del éxito potencial de las vacunas con nanotecnología, varias variables influyen en la localización de I+D dentro de la industria farmacéutica en relación con su producción. Un estudio de Bhaduri y Ray identificó la capacidad tecnológica, el esfuerzo de I+D y el tamaño de la empresa como determinantes esenciales que influyen en el rendimiento de las empresas farmacéuticas indias en los sectores eléctrico/electrónico y en ambas plantas químicas con licencia de la FDA de Estados Unidos (Bhaduri & Ray, 2004). De manera similar, Jommi et al. argumentan que la literatura actual sobre el caso italiano carece de un estudio exhaustivo de todas las variables que influyen en la localización de la I+D en las industrias farmacéutica y biotecnológica, pero su investigación se centra en dos variables esenciales: las capacidades de I+D internas y externas (Jommi et al., 2021).

La nanotecnología permite proteger las vacunas de la degradación, lo que prolonga su vida útil y mejora su eficacia (Cheng et al., 2020). Esta ventaja es particularmente importante en áreas donde las condiciones de almacenamiento son difíciles, como en zonas rurales o de difícil acceso. Otra ventaja importante de la nanotecnología es su capacidad para hacer que las vacunas sean más asequibles y accesibles para la población en general (Malam et al., 2009). La utilización de nanopartículas permite reducir los costos de producción y mejorar la eficacia de las vacunas, lo que puede contribuir a una mayor aceptación y uso de estas.

Estas ventajas han llevado a una creciente inversión en la investigación y desarrollo de vacunas con nanotecnología. Por ejemplo, los Institutos Nacionales de Salud de Estados Unidos han invertido más de mil millones de dólares en investigación de este tipo de vacunas (Villapol, 2021). La inversión en investigación y desarrollo de vacunas con nanotecnología es cada vez mayor, lo que podría llevar a importantes avances en la prevención y tratamiento de enfermedades en el futuro.

En los últimos años, México ha establecido varias instituciones de investigación que se enfocan en la nanotecnología y la biomedicina, como el Instituto Nacional de Medicina Genómica y el Instituto de Biotecnología (Jímenez et al., 2001). Además, existen varias iniciativas gubernamentales y colaboraciones académicas que tienen como objetivo promover la investigación en nanotecnología para aplicaciones farmacéuticas.

México ha contado con una larga e importante historia alrededor de la industria farmacéutica, en donde se contaban con significativas capacidades productivas, científicas y tecnológicas que le permitieron un sustancial nivel de competitividad en el tema de vacunas (Amaro Rosales, 2021).

Sin embargo, con la apertura económica, las empresas mexicanas enfrentaron una fuerte competencia en la producción y venta de insumos y productos, así como nuevos acuerdos de propiedad industrial, lo que las dejó en desventaja frente a la mayoría de las empresas que no estaban preparadas para adaptarse a las nuevas condiciones. La mayoría de ellas adoptaron una estrategia pasiva de compras tecnológicas y se convirtieron en distribuidoras de medicamentos (Dussel Peters, 1999).

La concentración de la industria en pocas empresas se profundizó con la llegada de la biotecnología moderna, lo que ha significado una reestructuración completa de la producción de insumos, medicamentos y dispositivos para la salud a nivel mundial (Guzmán & Pérez, 2021). Estas innovaciones demandan un alto nivel de especialización en I+D y grandes inversiones financieras, lo que ha dejado a las empresas trasnacionales a la cabeza en la producción de insumos y medicamentos.

Países como México han enfrentado retos significativos en el desarrollo de capacidades científicas y tecnológicas para la investigación y desarrollo de vacunas con

nanotecnología. Aunque existen algunos grupos de investigación enfocados en el desarrollo de estas tecnologías, la inversión y el apoyo gubernamental son limitados en comparación con otros países.

El desarrollo de capacidades científicas y tecnológicas para la investigación y desarrollo de vacunas con nanotecnología requiere una inversión significativa en recursos humanos y tecnológicos, así como en infraestructura.

Además, la falta de una política de fomento a la investigación y desarrollo en el sector farmacéutico y de biotecnología en México ha generado un ambiente poco propicio para el desarrollo de tecnologías innovadoras, incluyendo el área de las vacunas (Wirtz et al., 2008). Lo que ha llevado a que muchos investigadores y científicos mexicanos emigren a otros países en busca de mejores oportunidades y recursos para su investigación.

Es imperativo resaltar que, pese a los desafíos previamente mencionados, México goza de ventajas significativas en el ámbito de la investigación y desarrollo de vacunas con nanotecnología. Una de estas ventajas es la diversidad biológica del país, la cual proporciona una fuente potencialmente valiosa de moléculas y compuestos bioactivos que podrían ser empleados en la elaboración de vacunas más eficaces. La biodiversidad es considerada como una de las más extensas y diversas del mundo, lo que la hace altamente prometedora en la búsqueda de nuevos agentes terapéuticos.

Específicamente, México alberga una gran cantidad de especies animales y vegetales, muchas de las cuales son endémicas, y que contienen un amplio espectro de compuestos químicos con propiedades terapéuticas (López S., 2022). La diversidad biológica, junto con la experiencia y habilidades de los científicos e investigadores mexicanos, posicionan al país como un potencial actor en la investigación y desarrollo de vacunas.

Además, el acceso a la tecnología y el conocimiento en otros países, así como la colaboración con investigadores y empresas extranjeras, puede ser una estrategia importante para impulsar el desarrollo de capacidades científicas y tecnológicas en México.

La falta de financiamiento para investigación y desarrollo, así como la necesidad de inversión en infraestructura, son algunos de los desafíos que deben abordarse. Además, es

necesario desarrollar marcos regulatorios para la aprobación y comercialización de vacunas con nanotecnología.

A pesar de los desafíos, los estudios en curso tienen como objetivo desarrollar estrategias de orientación confiables y efectivas que permitan la administración de vacunas con nanotecnología centradas en células presentadoras de antígenos. Inversamente de algunas limitaciones derivadas de la laboriosa síntesis y funcionalización, biodegradabilidad limitada, citotoxicidad y propiedades inmunomoduladoras intrínsecas de tales formulaciones, varios nanomateriales funcionales como liposomas, nanopartículas inorgánicas y polímeros han promovido en gran medida el desarrollo de vacunas con nanotecnología (Garrido, 2021).

También se han realizado varios estudios preclínicos para explorar las posibles aplicaciones de las vacunas con nanotecnología en México. Por ejemplo, rHCA59 se utilizó como sistema de transporte adyuvante en un estudio que exploró la inmunogenicidad de las vacunas con nanotecnología en ratones modelo. El estudio demostró cómo polímeros como PLGA y quitosano como sistemas de transporte adyuvante pueden ayudar a la inmunogenicidad de rHCA59 contra las infecciones por *H. contortus*, comúnmente conocidas como infecciones por gusano barberpole o gusano del estómago, que afectan principalmente al ganado ovino y caprino (Bagheri-Josheghani et al., 2022).

En el marco de la I+D de vacunas con nanotecnología, el término "capacidades tecnológicas" comprende el conjunto de habilidades, conocimientos, competencias y recursos que una organización como la industria farmacéutica debe poseer para desarrollar, implementar y gestionar tecnologías eficazmente (Cohen & Levinthal, 1990). Las capacidades permiten no sólo la utilización de tecnologías existentes, sino también su mejora y adaptación a nuevos requerimientos productivos, lo que es crucial para fomentar la innovación y mantener la competitividad.

Las capacidades tecnológicas se manifiestan en tres niveles distintivos dentro de la industria farmacéutica: básico, intermedio y avanzado. A nivel básico, se incluye la operación eficiente de tecnología existente, tal como el uso competente de maquinaria estándar y procesos de fabricación convencionales para la producción de vacunas (Tidd & Bessant, 2011). El nivel intermedio, por su parte, involucra la modificación y mejora de estas

tecnologías para incrementar la eficiencia o adaptar los procesos productivos a demandas cambiantes, como ajustar las escalas de producción.

El nivel avanzado de capacidades tecnológicas refleja una independencia técnica y creatividad elevadas, caracterizadas por el desarrollo de nuevas tecnologías y productos. En el contexto de las vacunas con nanotecnología, esto implicaría la capacidad de investigar y desarrollar nuevas formas de vacunas que aprovechen los nanomateriales para mejorar la administración de fármacos y la respuesta inmunológica (Roco, 2003).

Establecer y cultivar estas capacidades tecnológicas es fundamental para que la industria farmacéutica no sólo compita en el mercado global, sino también para que contribuya significativamente al avance científico y tecnológico en la salud pública mundial, especialmente en el desarrollo innovador de vacunas como las que utilizan nanotecnología.

### **3.2.1 Capacidades educativas y de formación para el desarrollo de vacunas en México**

En México, los programas educativos en biotecnología, nanotecnología y ciencias farmacéuticas juegan un papel crucial en la formación de profesionales capacitados para el desarrollo de vacunas. Sin embargo, una evaluación crítica de estos programas revela varias limitaciones inherentes a las políticas educativas y científicas que han prevalecido en las últimas décadas.

Las universidades mexicanas ofrecen programas de licenciatura y posgrado en biotecnología. Instituciones como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Instituto Politécnico Nacional (IPN) cuentan con currículas que incluyen cursos sobre biología molecular, genética, microbiología y bioquímica. No obstante, la implementación de estos programas a menudo se ve restringida por un financiamiento insuficiente y una falta de infraestructura adecuada, lo que limita el potencial de los estudiantes para alcanzar un nivel competitivo a nivel internacional (Sánchez Mendiola et al., 2020).

La nanotecnología, una disciplina emergente fundamental en el desarrollo de nuevas vacunas, es otro campo donde las universidades como el Tecnológico de Monterrey y la Universidad de Guadalajara ofrecen programas especializados. Estos programas incluyen



cursos sobre síntesis de nanomateriales, técnicas de caracterización y aplicaciones biomédicas de la nanotecnología. A pesar de esto, la dependencia de tecnologías y conocimientos importados refleja una brecha significativa en la capacidad de México para desarrollar soluciones tecnológicas de manera autónoma (Agarwal et al., n.d.).

En el ámbito de las ciencias farmacéuticas, instituciones como la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) y la Universidad de las Américas Puebla (UDLAP) proporcionan formación en farmacología, toxicología y desarrollo de medicamentos. Estos programas están diseñados para capacitar a los estudiantes en la investigación y desarrollo de productos farmacéuticos, incluyendo vacunas. Sin embargo, la orientación de estos programas a menudo responde más a las demandas del mercado global que a las necesidades locales, perpetuando una estructura de dependencia tecnológica (Gaspari Cirne de Toledo & Cirne de Toledo Júnior, 2021).

El desafío de la dependencia tecnológica en la educación farmacéutica se ha observado en varios estudios. Un análisis de los programas educativos mostró que, aunque existe un interés creciente en integrar la nanotecnología y la farmacología en los currículos, la mayoría de estos programas aún dependen de tecnologías y conocimientos importados para la investigación y el desarrollo de medicamentos. Esta dependencia no sólo limita la capacidad de innovación autónoma, sino que también afecta la competitividad global de los programas de ciencias farmacéuticas en México (Quirino-Barreda, 2014).

La infraestructura disponible en las universidades mexicanas para la formación en estas disciplinas es diversa, pero generalmente insuficiente. Laboratorios equipados con tecnología de punta, acceso a bases de datos científicas y bibliotecas especializadas son comunes en las instituciones más destacadas, pero no están disponibles de manera uniforme en todas las instituciones educativas. Además, muchos centros de investigación se centran en la maquila de productos desarrollados externamente, limitando la capacidad de innovación propia del país.

Los programas educativos en México ofrecen diversas oportunidades de investigación para los estudiantes. Las universidades fomentan la participación en proyectos de investigación desde el nivel de licenciatura, y los estudiantes pueden involucrarse en investigaciones financiadas por el CONACyT y otras entidades nacionales e internacionales.

Sin embargo, estas oportunidades a menudo dependen de financiamientos externos y están sujetas a las prioridades de las agencias de financiamiento internacionales, lo que puede no alinearse con las necesidades de desarrollo nacional (Martínez-Martínez et al., 2012).

Las colaboraciones internacionales establecidas por las universidades mexicanas son esenciales para fortalecer sus programas educativos y de investigación. Sin embargo, estas colaboraciones a menudo reflejan relaciones asimétricas donde México actúa como receptor de tecnologías y conocimientos, en lugar de como un socio igualitario.

A pesar de los avances significativos en la formación de recursos humanos en biotecnología, nanotecnología y ciencias farmacéuticas, México enfrenta varios desafíos. La inversión en infraestructura educativa y en investigación científica sigue siendo insuficiente, reflejando una priorización de otras áreas en detrimento de la ciencia y la tecnología. Además, la vinculación entre las universidades y la industria farmacéutica es limitada, lo que dificulta la transferencia de conocimientos y tecnologías que podrían fortalecer la capacidad nacional para el desarrollo de vacunas.

### **3.3 Desarrollo de vacunas con nanotecnología para prevenir la Covid-19 y centros hegemónicos**

La pandemia de la Covid-19 ha exacerbado las disparidades en la capacidad de innovación entre los centros hegemónicos y países como México. A pesar de tener un aceptable sistema de salud pública en términos de infraestructura, México ha dependido significativamente de tecnologías extranjeras para responder a la pandemia. El desarrollo y producción de vacunas con nanotecnología ha estado concentrado en países como Estados Unidos, Alemania y el Reino Unido, que no sólo controlan las patentes sino también los procesos tecnológicos avanzados y el conocimiento científico. Esta concentración del conocimiento y capacidad tecnológica en países hegemónicos ha situado a México en una posición de dependencia, donde la capacidad para innovar y responder eficazmente a crisis sanitarias está limitada por políticas externas e internas, así como el control global de patentes.

La pandemia de la Covid-19 ha llevado a una carrera global para desarrollar vacunas seguras y efectivas que protejan contra el virus SARS-CoV-2. En este contexto, la

nanotecnología ha emergido como una herramienta prometedora para el desarrollo de vacunas.

A pesar de los incansables esfuerzos de investigadores y empresas farmacéuticas en todo el mundo, el desarrollo de vacunas contra la Covid-19 aún enfrenta importantes obstáculos. No obstante, la nanotecnología se ha creado como una vía prometedora para su desarrollo. Numerosos estudios han evidenciado el potencial de las nanopartículas en la protección y transporte del ARNm a las células, así como el uso de nanotransportadores para atacar células específicas del sistema inmunológico en las vacunas contra la Covid-19 (Khurana et al., 2021).

Las vacunas para prevenir esta enfermedad se basan en el uso de nanopartículas que imitan la estructura del virus SARS-CoV-2. Estas nanopartículas pueden ser diseñadas para ser reconocidas por el sistema inmunológico y provocar una respuesta inmunológica específica contra el virus. Además, la nanotecnología permite la carga de antígenos virales y la modulación de la respuesta inmunológica, lo que mejora la eficacia de la vacuna (AEMPS, 2021).

Diversas tecnologías han sido empleadas en el desarrollo de vacunas, incluyendo las nanopartículas lipídicas, las proteínas recombinantes y los virus sintéticos. Entre ellas, las nanopartículas lipídicas son una de las tecnologías más utilizadas en la actualidad, debido a su eficacia y seguridad demostradas en ensayos clínicos. Estas nanopartículas consisten en una estructura lipídica que encapsula ARN mensajero (ARNm) codificando para el antígeno viral. Una vez liberado en las células del huésped, el ARNm es utilizado para sintetizar la proteína viral, induciendo así una respuesta inmunológica específica (Garrido, 2021).

Otro enfoque para el desarrollo de vacunas con nanotecnología se basa en el uso de proteínas recombinantes que imitan la estructura del virus. Estas proteínas son encapsuladas en nanopartículas para mejorar su estabilidad y capacidad de respuesta inmunológica. Además, la nanotecnología permite la modificación de estas proteínas para mejorar su afinidad con el sistema inmunológico, lo que aumenta su eficacia (Gutiérrez Escolano, 2022).

Los virus sintéticos son otra tecnología prometedora para el desarrollo de vacunas con nanotecnología. Son diseñados para imitar la estructura del virus SARS-CoV-2 y

utilizados como vectores para la entrega de antígenos virales. Además, la nanotecnología permite la modificación de estos virus para mejorar su capacidad de respuesta inmunológica y reducir su toxicidad (Cairolí & Espinosa, 2021).

Las vacunas son sustancias que ayudan a preparar el cuerpo para identificar y combatir agentes extraños o peligrosos. Al estimular el sistema inmunológico, los biológicos generan anticuerpos y memorias de los patógenos que causan enfermedades para poder combatirlos si se vuelven a presentar en el futuro. Estas contienen pequeñas partes del microorganismo o instrucciones para producirlos, así como otros ingredientes seguros que han sido sometidos a pruebas rigurosas antes de ser utilizados en programas de vacunación (Gutiérrez Escolano, 2022).

En México, existen cuatro tipos de vacunas contra la Covid-19 disponibles, que se diferencian por la forma en que se diseñan y se producen. Estos incluyen el ARN mensajero, vectores virales, partículas inactivas de SARS-CoV-2 y proteínas virales producidas mediante técnicas de biología molecular. Además, México invirtió para el desarrollo de su propia vacuna, llamada "Patria", basada en un vector viral llamado Newcastle, el cual se ha utilizado en otras aplicaciones médicas como en el tratamiento del cáncer. Esta vacuna se desarrolló en colaboración con la empresa Avimex, que tiene 15 años trabajando con este vector viral (Poy Solano, 2023). Sin embargo, no es totalmente mexicana, ya que se ha hecho con la colaboración estrecha de la Escuela de Medicina Icahn de Monte Sinaí en Nueva York, Estados Unidos, quien licenció a la empresa mexicana su desarrollo para producirlo de forma masiva (Márquez Covarrubias, 2021).

A pesar de la aparente riqueza en recursos humanos calificados en México, existe una desconexión significativa en la articulación de estos recursos, lo cual se evidencia en diversas iniciativas actuales para desarrollar vacunas contra la Covid-19 en el país. La presencia de múltiples proyectos en este ámbito señala tanto una oportunidad como un reflejo de un desafío estructural más amplio, donde la capacidad de investigación y desarrollo se ve obstaculizada por sistemas de gestión que no logran integrar eficazmente las competencias existentes hacia objetivos comunes. Este fenómeno subraya la necesidad crítica de reevaluar y reformar las estrategias de colaboración y coordinación dentro del sector, con el fin de maximizar el potencial del talento nacional en la búsqueda de soluciones tecnológicas

avanzadas como las vacunas con nanotecnología. Tal desconexión no sólo impide el avance hacia la autosuficiencia y liderazgo tecnológico, sino que también refleja una manifestación de las desigualdades inherentes a un sistema que privilegia las inversiones y desarrollos centrados en el exterior, relegando a un segundo plano las capacidades endógenas.

El desarrollo de vacunas con nanotecnología para prevenir la Covid-19 ha sido liderado por centros hegemónicos en la industria farmacéutica y en la investigación biomédica, principalmente en los Estados Unidos y Europa. Por ejemplo, el desarrollo de la vacuna de ARNm de Pfizer-BioNTech y Moderna ha sido posible gracias a la inversión de miles de millones de dólares en investigación y desarrollo por parte de estas empresas. Esta inversión también incluye la colaboración con instituciones de investigación y el apoyo gubernamental (Kolata & Mueller, 2022). Además, estos centros hegemónicos tienen el poder económico y político para controlar el acceso a las patentes y la distribución de las vacunas, asegurando una posición dominante en el mercado global.

El uso de tecnología avanzada en la producción de vacunas, al igual que en la economía capitalista, conlleva beneficios competitivos y ganancias exorbitantes. Asimismo, están protegidas legalmente a través de patentes, lo que otorga un monopolio exclusivo a las empresas propietarias de la vacuna, permitiéndoles vender su producto en el mercado a un precio muy elevado, lo que les proporciona una rentabilidad tecnológica. Es decir, además de la ganancia empresarial superlativa, también obtienen una renta tecnológica, lo que tiene un efecto positivo en el aumento del valor de las acciones de la empresa, en la distribución de grandes utilidades entre los accionistas y en las altas remuneraciones de los directivos corporativos. Conjuntamente, hay una gran demanda de vacunas, lo que hace que se prolongue su uso y aumente la rentabilidad de las empresas propietarias de la tecnología (Lee Wynne, 2020).

El control de los derechos de propiedad intelectual y patentes de las vacunas con nanotecnología por parte de los centros hegemónicos ha sido objeto de controversia en el ámbito académico y político. Muchos argumentan que el acceso a las vacunas es un derecho humano básico, y que la concentración de poder en manos de unas pocas empresas y países es un obstáculo para lograr la equidad en la salud pública (González Merino & Castañeda Zavala, 2021).

Si bien las vacunas con nanotecnología ofrecen una solución prometedora para abordar la crisis de salud mundial actual, existen preocupaciones acerca del potencial de los países centrales y otros centros hegemónicos para controlar la distribución y el acceso a estas vacunas (Salamanca-Buentello & Daar, 2021).

La desigualdad en el acceso a las vacunas durante la pandemia de la Covid-19 ha sido evidente, con países del Norte Global asegurando una cantidad desproporcionada de vacunas disponibles. Es por lo que, resulta crucial garantizar que el desarrollo y la distribución de vacunas con nanotecnología para la Covid-19 se realicen de manera ética y equitativa. Si no se implementan correctamente, la distribución de vacunas podría perpetuar las disparidades de salud existentes y permitir que el virus continúe siendo un problema de salud mundial. Por lo tanto, es imperativo que la comunidad internacional trabaje en conjunto para garantizar que las vacunas estén disponibles para todos, independientemente de su lugar de origen o nivel económico, de manera justa y equitativa.

Desafortunadamente, la distribución y el acceso desiguales a las vacunas han sido un desafío importante en la lucha contra la Covid-19. Mientras algunos países ya han iniciado la vacunación de sus poblaciones, otros han inmunizado a un porcentaje muy bajo o incluso aún no han recibido ninguna dosis de vacuna. En este contexto, las vacunas con nanotecnología podrían convertirse en otra herramienta para que los centros hegemónicos mantengan el control y amplíen aún más las disparidades de salud global. Sin embargo, a pesar de estos riesgos y desafíos, es esencial priorizar la distribución de vacunas a países de bajos o medianos recursos, no sólo por razones de equidad, sino también porque la distribución desigual de vacunas podría dar lugar a nuevas variantes del SARS-CoV-2 (Alali et al., 2021).

En la actualidad, los países centrales se sitúan a la vanguardia de la carrera por la creación y adopción de nuevas tecnologías, como las vacunas basadas en ARNm, cuyo almacenamiento requiere condiciones especializadas que resultan difíciles de implementar en algunas áreas de bajos ingresos. Esto ha resultado en un suministro insuficiente de vacunas para las regiones menos privilegiadas, en donde la capacidad de producción sigue siendo limitada (The PLOS Medicine Editors, 2022).

### **3.4 Proceso de transferencia tecnológica en la industria farmacéutica**

La transferencia tecnológica en México, especialmente en el desarrollo de vacunas con nanotecnología, enfrenta desafíos estructurales significativos. Las teorías tradicionales de transferencia tecnológica no siempre se alinean bien con las necesidades del país, ya que frecuentemente favorecen a entidades extranjeras sobre el desarrollo local (Bozeman, 2000). Un enfoque más equitativo y adaptado podría permitir a México aprovechar mejor sus capacidades científicas locales, reduciendo así la dependencia y fomentando un sistema de innovación más robusto y autosuficiente.

La transferencia tecnológica es un proceso vital en la industria farmacéutica, ya que permite la implementación exitosa de procesos y productos en diferentes plantas de producción. Este proceso involucra la transmisión de conocimiento, información y experiencia de un lugar a otro. En la industria farmacéutica, se lleva a cabo cuando se desea producir un producto en una planta distinta de aquella en la que se ha desarrollado. Es crucial para la industria porque permite a las empresas replicar sus procesos en diferentes ubicaciones, reduciendo costos y aumentando las capacidades de producción.

Para llevar a cabo una transferencia tecnológica exitosa, es fundamental que la tecnología esté madura y lista para ser transferida, que la parte receptora esté preparada y cuente con los conocimientos técnicos necesarios para aplicar y desarrollar productos basados en la tecnología. Asimismo, es importante que haya un sólido proceso técnico para llevar a cabo la transferencia y que exista un claro acuerdo contractual que defina los términos y la ruta de la transferencia entre las partes involucradas. Es crucial que la propiedad intelectual asociada a la tecnología esté adecuadamente protegida y que se definan de manera clara los términos económicos, para garantizar el retorno de la inversión realizada por el generador de la tecnología (FIFARMA, 2023).

La transferencia de tecnología puede aplicarse a cualquier sector, pero su comprensión y ejecución son más desafiantes y complejas en industrias como la farmacéutica. Por ejemplo, si un laboratorio en cualquier parte del mundo quisiera fabricar un medicamento que requiere grandes esfuerzos técnicos, económicos, regulatorios y comerciales, simplemente acceder a la información contenida en una patente no sería

suficiente. El laboratorio también debe tener la capacidad técnica, las buenas prácticas de fabricación y la infraestructura necesaria para producir el medicamento. Por lo tanto, es necesario realizar procesos de transferencia de tecnología y elementos técnicos que permitan a la parte receptora comprender en detalle la tecnología y desarrollar o fortalecer sus capacidades de I+D+i hasta el punto de poder producirla con todos los requisitos técnicos y regulatorios necesarios para garantizar los estándares de calidad correspondientes (Sánchez Regla et al., 2019).

Una transferencia exitosa de tecnología implica un ecosistema de innovación efectivo que fomente la colaboración entre el gobierno, la industria y las instituciones de investigación. Además, se necesitan factores que habiliten la transferencia de tecnología, como un capital humano competente, estructuras adecuadas de transferencia de tecnología y una adecuación de las condiciones de negocio y mercado (FIFARMA, 2023).

En el sector farmacéutico a nivel mundial, se considera que la activación de escenarios de transferencia tecnológica es una estrategia importante para fortalecer la producción farmacéutica mediante la colaboración. Sin embargo, para que estos escenarios sean efectivos, se requiere el desarrollo de ecosistemas con suficientes capacidades de investigación, equipos de trabajo, recursos tecnológicos, protección de derechos de propiedad intelectual, seguridad jurídica y condiciones adecuadas para la explotación de la tecnología transferida (Pérez Cruz, 2019).

Es importante tener en cuenta que los procesos de transferencia tecnológica en el sector farmacéutico pueden ser de diferentes niveles y dimensiones, ya que la parte receptora puede tener capacidades limitadas para algunos componentes o fases del proceso de producción, o incluso solo para la fase de envasado del producto. Esto implica que se necesiten inversiones adicionales en I+D+i para desarrollar capacidades y madurar escenarios reales de producción farmacéutica, lo cual puede ser un proceso complejo y llevar mucho tiempo (Ministerio de Salud Pública, 2017).

La transferencia tecnológica en la industria farmacéutica enfrenta varios desafíos que deben superarse para garantizar el éxito en la implementación de nuevos procesos y productos. Uno de los principales desafíos es la complejidad de los procesos de producción y la variabilidad en la calidad de los productos. Además, las regulaciones gubernamentales



son cada vez más estrictas, y cualquier cambio en el proceso de producción debe cumplir con los requisitos regulatorios (Guzmán & Pérez, 2021).

Otro desafío importante es la necesidad de mantener la confidencialidad de la información, ya que la transferencia de conocimiento y tecnología puede involucrar la divulgación de información confidencial. La seguridad y protección de la propiedad intelectual son fundamentales en la industria farmacéutica, y cualquier violación puede tener consecuencias graves (van Rompaey, 2009).

El proceso de transferencia tecnológica en la industria farmacéutica consta de varias etapas. En primer lugar, se lleva a cabo una evaluación detallada del producto y el proceso de producción en la planta de origen (Musi, 2019). Esto incluye una evaluación de la calidad del producto, el proceso de fabricación, la capacidad de producción, la logística y los requisitos regulatorios.

Después de la evaluación, se establece un equipo de transferencia tecnológica que incluye representantes de la planta de origen y la planta de destino. El equipo se encarga de identificar los posibles riesgos y desafíos, y desarrollar un plan de transferencia tecnológica que incluya un cronograma, recursos necesarios y un plan de contingencia (Sánchez Regla et al., 2019).

Una vez que se establece el plan, se lleva a cabo una prueba piloto para validar el proceso de producción en la planta de destino. La prueba piloto debe incluir la producción de un lote completo del producto y la evaluación de la calidad del producto y la eficacia del proceso de producción (Hermida, 2016). Si se identifican problemas durante la prueba piloto, se debe hacer una evaluación de riesgos y desarrollar un plan de mitigación.

Posterior a que se completa la prueba piloto y se verifica que el proceso de producción en la planta de destino cumple con los requisitos regulatorios, se implementa el proceso de producción a gran escala. Es importante llevar a cabo una evaluación continua de la calidad del producto y el proceso de producción para asegurarse de que se cumplan los estándares de calidad.

Una de las prácticas más importantes es la formación de un equipo multidisciplinario que incluya expertos en el producto, proceso de producción, regulación y logística. Cada

miembro del equipo debe tener roles y responsabilidades claramente definidos y trabajar juntos para lograr los objetivos del proyecto. Otra práctica fundamental es la comunicación efectiva y transparente entre los equipos de origen y destino, lo que incluye la identificación y divulgación temprana de cualquier problema o desafío y la elaboración de un plan de contingencia para abordarlos (Solano et al., 2013).

La transferencia tecnológica es un proceso crítico en la industria farmacéutica, ya que permite la implementación de procesos y productos exitosos en diferentes plantas de producción. La evaluación detallada del producto y el proceso de producción, la comunicación efectiva y transparente, el establecimiento de un equipo multidisciplinario y la implementación de un sistema de gestión de calidad sólido son algunas de las mejores prácticas que pueden ayudar a garantizar el éxito en la transferencia tecnológica en la industria farmacéutica. Al seguir estas prácticas, las empresas pueden minimizar los riesgos y maximizar la eficacia del proceso de transferencia tecnológica, lo que les permite competir más eficazmente en el mercado global.

En respuesta a los desafíos presentados por la pandemia de la Covid-19, varios países de América Latina, como Brasil, México y Argentina, han establecido colaboraciones para impulsar la transferencia de tecnología en el sector farmacéutico. Estos esfuerzos se centran en el desarrollo de capacidades para la producción de vacunas, tecnologías médicas y productos farmacéuticos en general. Una de las iniciativas más destacadas es una plataforma para mejorar la disponibilidad de tecnologías médicas esenciales en la región de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) (Rodríguez et al., 2020)<sup>2</sup>.

Esta iniciativa ha promovido la participación de importantes centros de investigación latinoamericanos en un proyecto de transferencia de tecnología internacional para el desarrollo y producción de vacunas de ARNm. La inversión previa en investigación y desarrollo de cada país ha sido crucial para avanzar hacia la habilitación de escenarios de transferencia tecnológica, ya que han desarrollado y madurado capacidades instaladas en laboratorios locales.

---

<sup>2</sup> Véase en <https://prais.paho.org/es/inicio/>

En el ámbito de la industria farmacéutica, la transferencia tecnológica no se limita únicamente a la transferencia de los componentes necesarios para la producción de medicamentos o vacunas. Implica la transmisión de habilidades, conocimientos especializados entre los equipos de investigación, la capacitación del personal de la empresa receptora para la comprensión y aplicación de la tecnología, la utilización de recursos tecnológicos y, en general, la divulgación de información, conocimientos, técnicas y procesos relacionados con la tecnología en cuestión. Es esencial contar con un capital humano calificado en el país receptor para absorber con éxito la tecnología y el *know-how*.

Empero, muchos países latinoamericanos se encuentran en desventaja debido a la emigración de investigadores altamente capacitados a otros países. Para superar este obstáculo, los países pueden invertir en la formación especializada de un capital humano interno y fortalecer las capacidades de investigación y desarrollo. Además, la transferencia de tecnología en el sector farmacéutico también implica la transferencia de instrumentos, equipos y elementos necesarios para la fabricación y envasado de los productos farmacéuticos.

América Latina ha desarrollado capacidades productivas y de investigación, pero aún requiere de mayores inversiones para fortalecer estas áreas y atraer la atención de actores importantes del sector farmacéutico. Estas inversiones adicionales son esenciales para fomentar la integración regional en materia de regulación, estándares, y cadenas de producción y distribución (CEPAL, 2022).

En conclusión, la transferencia tecnológica es un proceso vital para la industria farmacéutica, porque permite la implementación exitosa de procesos y productos en diferentes plantas de producción. Durante la pandemia de la Covid-19, la transferencia tecnológica ha sido aún más importante, ya que ha permitido a las empresas farmacéuticas aumentar la capacidad de producción de vacunas y otros productos necesarios para hacer frente a la crisis sanitaria mundial.

### **3.4.1 Análisis de la Dinámica de Dependencia Tecnológica en la Farmacéutica en México**

Antes de abordar el estado actual del desarrollo de vacunas con nanotecnología en México, es fundamental examinar las bases de la dependencia tecnológica del país en este ámbito. Históricamente, México se ha distinguido por su capacidad de innovación en el desarrollo de tecnología médica y vacunas, posicionándose como líder regional en diversas etapas del siglo XX. No obstante, el giro hacia un modelo de desarrollo que promueve la integración global y la liberalización de mercados ha derivado en un desmantelamiento progresivo de estas capacidades autónomas. Este cambio ha sido documentado en estudios que resaltan cómo las políticas de apertura económica han afectado sectores estratégicos de la economía mexicana (Loser & Kalter, 1992).

La falta de inversión sostenida en investigación y desarrollo en México, combinada con políticas de austeridad, ha afectado negativamente la innovación y el desarrollo tecnológico del país. La inversión en ciencia y tecnología ha fluctuado alrededor del 0.4% del PIB durante las últimas dos décadas, lo que es significativamente bajo. Además, la educación en México ha enfrentado desafíos, incluyendo un sistema educativo que ha permanecido sin cambios significativos durante décadas, lo que limita la capacidad del país para formar nuevos talentos en campos como la nanotecnología (Gutiérrez, 2014). Al mismo tiempo, las capacidades tecnológicas preexistentes han sido sistemáticamente marginadas o subutilizadas, alineándose con un modelo de desarrollo que prioriza las alianzas con corporaciones multinacionales en detrimento de las inversiones en infraestructura científica local (Farrell et al., 2003).

Este análisis detallado busca profundizar en cómo la dinámica de dependencia en el desarrollo de vacunas con nanotecnología es consecuencia directa de políticas y decisiones históricas. Cabe preguntarse si esta situación fue una evolución inevitable dada la estructura global de la industria farmacéutica, o si fue el resultado de una serie de decisiones políticas y económicas específicas que podrían haberse adoptado de manera diferente. Comprender esto es crucial no sólo para evaluar el estado actual, sino también para orientar futuras políticas de desarrollo tecnológico y científico en México (Kheirollahpour et al., 2020).

Además, es importante considerar el papel de la cooperación internacional en este contexto. Mientras que países como India y Brasil han logrado desarrollar capacidades tecnológicas propias en el campo de la biotecnología, México ha quedado rezagado, lo que refleja una falta de estrategias eficaces para negociar transferencias tecnológicas que realmente beneficien al desarrollo nacional (UNCTAD, 2021).

Para superar la dependencia tecnológica en México, es crucial adoptar un enfoque proactivo que incluya políticas que fomenten la inversión en I+D. Esto incluye fortalecer las instituciones educativas y de investigación y desarrollar un marco regulatorio que promueva la innovación en el sector farmacéutico y biotecnológico. La creación de alianzas estratégicas, tanto a nivel local como internacional, que prioricen el desarrollo tecnológico local sobre los intereses comerciales inmediatos, es fundamental.

Una estrategia efectiva podría implicar la creación de un entorno económico que recompense la verdadera innovación. Esto podría incluir reformas en la fijación de precios de los medicamentos para asegurar que los precios reflejen el valor social de las innovaciones, fomentando así que el sector privado coadyuve en mejorar la salud de la población y garantizar la viabilidad comercial de los innovadores. Además, el aumento de la inversión pública en ciencia básica es crucial, ya que proyectos como el Proyecto Genoma Humano han demostrado cómo la ciencia básica puede conducir a avances significativos en la medicina y la tecnología (Conti et al., 2021).

Estas medidas deben estar integradas en un marco más amplio que defina las prioridades de salud, las posibilidades científicas y las necesidades sociales del país. Lo que puede ser coordinado por entidades como la Secretaría de Salud en colaboración con instituciones como el CONACyT.

### **3.5 El desarrollo de vacunas con nanotecnología en México**

Las vacunas han sido uno de los mayores logros en la historia de la medicina, contribuyendo a la erradicación de enfermedades que antes causaban millones de muertes en todo el mundo. Sin embargo, a pesar de su efectividad, las vacunas tradicionales tienen algunas limitaciones,

como la necesidad de dosis repetidas, la necesidad de refrigeración y efectos secundarios. Por lo tanto, en los últimos años, la nanotecnología ha surgido como una alternativa prometedora para la fabricación de vacunas más seguras y efectivas.

México es un país ubicado en América del Norte con una población de más de 126 millones de personas. Como parte de su compromiso con la salud pública, el gobierno mexicano ha realizado importantes inversiones en investigación y desarrollo de vacunas para combatir diversas enfermedades infecciosas. Un ejemplo notable son los esfuerzos del país para desarrollar una vacuna contra el rotavirus, una causa común de diarrea severa en bebés y niños pequeños. Otro logro significativo es el registro de la vacuna Dengvaxia por parte de Sanofi Pasteur, que protege a preadolescentes y adultos contra los cuatro serotipos del virus del dengue (Salles et al., 2018).

Durante los siglos XVII y XVIII, México enfrentó varias epidemias devastadoras, incluyendo la peste, el tifo y la viruela, que provocaron la muerte de una gran cantidad de personas (Trujillo Aguirre & González Flores, 2013). Estas enfermedades llegaron como resultado de la conquista europea, y a lo largo de esos siglos, ocasionaron la pérdida de más de 20 millones de habitantes.

A pesar de esta devastación, México ha logrado avances en el campo de la salud pública, especialmente en la aplicación y desarrollo de vacunas. Un ejemplo significativo fue en 1804, cuando el Dr. Francisco Xavier de Balmis introdujo la innovadora técnica de vacunación brazo a brazo contra la viruela. No obstante, en tiempos más recientes, la población mexicana aún enfrenta riesgos significativos debido a diversas enfermedades infecciosas, lo que subraya la continua necesidad de vigilancia y desarrollo en el área de salud pública (Hurtado & Matías, 2006).

A finales del siglo XIX, México comenzó a fabricar vacunas contra diversas enfermedades. En 1885, el Dr. Eduardo Liceaga introdujo la vacuna antirrábica en el país, convirtiéndose en uno de los pioneros de la medicina preventiva en México. En 1955, el Dr. Guillermo Soberón desarrolló la vacuna antipoliomielítica, lo que permitió reducir significativamente los casos de esta enfermedad en el país. También en esta década, se inició la producción de la vacuna BCG contra la tuberculosis en México (INEHRM & Secretaría de Salud, 2017).

Estas innovaciones médicas marcaron un antes y un después en la prevención y control de enfermedades infecciosas en México. Además, sentaron las bases para la investigación y desarrollo de nuevas vacunas, incluyendo las vacunas con nanotecnología.

A finales del siglo XIX, la técnica brazo a brazo fue reemplazada en México por métodos más seguros y eficientes para la vacunación contra la viruela. La introducción de nuevas técnicas como la vacuna de escarificación, que consiste en la aplicación directa de la vacuna en la piel, permitió reducir el riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas como la sífilis.

En 1868, Ángel Gaviño Iglesias introdujo en México un virus vacunal importado de Francia, que permitía la producción masiva de biológicos sin los riesgos asociados a la técnica brazo a brazo. En 1912, se estableció en Mérida, Yucatán, el primer laboratorio de vacunas linfáticas bovinas a gran escala. La vacuna desarrollada en este laboratorio fue aprobada a nivel nacional en 1915 y comenzó a producirse en el Instituto Bacteriológico (Rodríguez Chávez, 2021).

En la década de 1920, la viruela se convirtió en una de las principales causas de muerte en México, generando una grave preocupación en la población y en las autoridades sanitarias. En 1926, se estableció la primera vacuna obligatoria en México para combatir la propagación de esta enfermedad (Franco-Paredes et al., 2004).

A partir de entonces, se inició un proceso de desarrollo y producción de vacunas en México que fue ganando impulso con el tiempo. En 1939, se publicó el primer informe sobre la producción de vacunas para uso nacional, pero fue en 1973 cuando se estableció un programa nacional de vacunación, que fue precedido por el famoso Programa Anual Ampliado de Inmunización de la OMS (GSK, 2012).

Este programa fue fundamental para el control y prevención de diversas enfermedades infecciosas en México, y dio origen a la cartilla nacional de vacunación, un método de registro de biológicos que ha sido un elemento clave en la promoción y el seguimiento de la vacunación en todo el país (Tamez et al., 2016).

Es importante destacar que el desarrollo de las vacunas en México ha sido un proceso largo y complejo, que ha requerido de la colaboración y el esfuerzo de numerosos expertos

en el campo de la medicina y la investigación científica. Gracias a su dedicación y compromiso, hoy en día México cuenta con una amplia gama de vacunas disponibles para prevenir y controlar diversas enfermedades infecciosas.

En 1986, se estableció la Jornada Nacional de Vacunación liderada por el investigador Albert Sabin, quien ayudó a desarrollar la vacuna oral contra la poliomielitis en nuestro país (Fernández de Castro, 1997). Esta iniciativa fue creada con el objetivo de combatir la poliomielitis, una enfermedad altamente contagiosa que afecta principalmente a los niños y puede causar parálisis o incluso la muerte. Gracias a la labor de la Jornada Nacional de Vacunación, México logró reducir drásticamente el número de casos de poliomielitis y, en 1990, se convirtió en uno de los países con mejor cobertura de vacunación en América Latina.

Sin embargo, en 1989, un brote de sarampión puso en evidencia la necesidad de aumentar la cobertura de vacunación en todo el país. Este brote también impulsó la realización de la Cumbre Mundial a favor de la Infancia, en la cual México y otros 71 países se comprometieron a mejorar las condiciones de vida y la protección de los derechos de los niños. Estos eventos llevaron a que el Programa Nacional de Inmunizaciones se fortaleciera y se ampliara para incluir nuevas vacunas (Vargas-Almanza et al., 2019).

En 1998, México perdió su autosuficiencia en la producción de vacunas cuando se introdujo la vacuna SRP, que protege contra el sarampión, la rubéola y la parotiditis. A partir de entonces, México comenzó a importar esta vacuna (Santos, 2014). A pesar de esto, el país ha mantenido su compromiso con la vacunación, y actualmente cuenta con un Programa Nacional de Vacunación que ofrece vacunas contra diversas enfermedades, como el virus del papiloma humano, la hepatitis B y la influenza.

La Jornada Nacional de Vacunación liderada por Albert Sabin, junto con el brote de sarampión y la Cumbre Mundial a favor de la Infancia, fueron eventos clave en la historia de la vacunación en México. Gracias a estos eventos, México logró mejorar la cobertura de vacunación y se convirtió en uno de los países con mejores índices de vacunación en la región.

En 1999, BIRMEX fue creada como una empresa estatal encargada de la fabricación, importación, distribución y comercialización de vacunas, sueros y reactivos en México.



Desde su creación, BIRMEX ha sido uno de los proyectos fundamentales en la historia del desarrollo de vacunas y una de las mayores prioridades del país. La empresa ha sido clave para garantizar el acceso de la población mexicana a una amplia gama de vacunas y otros productos biológicos de alta calidad (Tamez et al., 2016).

En el mismo año, México se convirtió en el primer país de la región en introducir la vacuna pentavalente (DPT/Haemophilus influenzae B/HB), durante la gestión del secretario Juan Ramón de la Fuente. La vacuna pentavalente supuso un gran avance en la salud pública, ya que permitió la administración de varias vacunas biológicas a la vez sin aumentar el número de inyecciones, mediante la introducción de dos productos biológicos complementarios a una inyección de DPT tradicional (GSK, 2012). Esto significó una reducción en el número de visitas al centro de salud para los padres y una mejora en la cobertura de vacunación en México. La introducción de la vacuna pentavalente fue un paso importante para la mejora de la salud pública en México y un ejemplo para otros países de la región en el uso de estrategias innovadoras para mejorar la cobertura de vacunación.

En México, los esquemas de producción de vacunas e inoculación han evolucionado significativamente a lo largo de los años. En el año 2000, durante la gestión del Dr. Julio Frenk Mora, se llevaron a cabo importantes avances en la implementación de nuevas vacunas. Gracias a esto, México pudo contar con esquemas completos y complejos de vacunación, al igual que otros países miembros de la OPS (Gutiérrez-Robledo et al., 2017).

Entre las vacunas introducidas durante esta gestión se encuentra la vacuna contra la hepatitis A, que se incluyó en el esquema de vacunación para niños de un año. Asimismo, se introdujo la vacuna contra el neumococo, la cual se convirtió en parte de los programas de vacunación en algunos estados de la República Mexicana en 2003, y posteriormente se extendió a todo el país (Tamez et al., 2016a).

La accesibilidad a las vacunas ha evolucionado en México con el paso del tiempo. En 1973, un régimen básico de seis medicamentos biológicos costaba \$13.00 pesos. En 2003, el programa básico que incluía medicamentos pentavalentes y diez medicamentos biológicos costaba \$169.00 pesos. En el año 2014, el programa básico de vacunación incluye 13 biológicos, con un costo estimado de alrededor de \$1 786 pesos, aunque se espera que este

costo sea cubierto por el gobierno y que las vacunas sean gratuitas para la población (Santos, 2014).

Es importante destacar que el costo de las vacunas puede ser un obstáculo para muchas personas, especialmente para aquellas en situaciones económicas desfavorecidas. El gobierno mexicano ha implementado varios programas de subsidios y financiamiento para ayudar a mejorar la accesibilidad a las vacunas. Además, existen organizaciones no gubernamentales que ofrecen programas de vacunación gratuitos o a bajo costo en áreas de bajos recursos. A pesar de estos esfuerzos, todavía hay desafíos en la sociabilidad a las vacunas en algunas áreas del país.

El programa publicado en el Diario Oficial de la Federación en 2007 para fortalecer la producción nacional de biológicos fue un paso importante en la reactivación de esta industria en México. Este programa delineó una estrategia clara y acciones específicas dentro de las reformas y políticas gubernamentales para aumentar la capacidad del país en la producción de vacunas y otros biológicos. La iniciativa buscó reducir la dependencia de México en la importación de estos productos y asegurar su disponibilidad constante para la población mexicana (BIRMEX, 2022).

La reactivación de la producción nacional de biológicos no sólo garantiza la disponibilidad de vacunas y medicamentos, sino que también impulsa el desarrollo científico y tecnológico del país y contribuye a la generación de empleos y la creación de industrias locales. Además, la producción nacional de biológicos también puede ser una herramienta útil en situaciones de emergencia sanitaria, como la que vivimos actualmente con la pandemia de la Covid-19. Desde la implementación de esta estrategia operativa multisectorial, México ha avanzado en la reactivación de la producción nacional de biológicos a través de BIRMEX y otros organismos e instituciones del sector salud.

A pesar de la larga trayectoria de México en la producción y aplicación de vacunas, el país ha dependido en gran medida de la producción extranjera. Actualmente, en México se realizan tareas de envasado, etiquetado, almacenamiento y distribución de tres vacunas con nanotecnología contra la Covid-19: Cansino en Querétaro, AstraZeneca en Ocoyoacac, Estado de México (a través de los laboratorios Liomont y Drugmex, subsidiaria mexicana de

la empresa argentina Grupo Dromex) y Sputnik V a través de las alianzas comerciales de BIRMEX, el laboratorio mexicano manejado por el Estado (Secretaría de Salud, 2021).

Esto demuestra que México tiene la capacidad de distribuir y almacenar vacunas, pero todavía no cuenta con la capacidad para desarrollarlas. Sin embargo, en fechas recientes, México ha iniciado los ensayos clínicos de su propia vacuna contra la Covid-19, denominada Patria, en colaboración con el CONACyT y desarrollada originalmente en los Estados Unidos (Conacyt, 2021).

El 3 de mayo de 2023, se anunció que la empresa mexicana AVIMEX había obtenido la licencia de la Escuela de Medicina Icahn de Monte Sinaí de Nueva York para producir en masa la vacuna contra la Covid-19 denominada Patria. Aunque esto representa un avance en la capacidad de producción de vacunas de México, es importante destacar que el país aún no cuenta con la infraestructura necesaria para obtener una soberanía tecnológica y hacer frente a problemas de salud pública como la pandemia ocasionada por el virus SARS-CoV-2. Esto plantea la incógnita sobre cuánto tiempo más dependerá el país de las soluciones de otros países. México ha sido un ejemplo mundial en desarrollo y esquemas de vacunación, pero la actual crisis sanitaria ha puesto en evidencia la necesidad de fortalecer la capacidad científica y tecnológica del país para garantizar la salud de su población y su soberanía sanitaria.

La transferencia tecnológica ha tenido un impacto significativo en la industria farmacéutica y en la producción de vacunas en México. En el caso específico de las vacunas para la Covid-19, la transferencia tecnológica ha sido fundamental para que México pueda contar con las vacunas necesarias para inmunizar a su población.

María Elena Álvarez-Buylla, directora del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias, Tecnologías e Innovación, antes CONACyT, anunció que la vacuna Patria estaría disponible para la población que necesitara refuerzos (CONACyT, 2022). Esta vacuna llega tres años después del inicio de la pandemia de coronavirus en todo el mundo (Zerega, 2023). Además, señaló, que de septiembre a diciembre del 2023 se tendría la capacidad para producir hasta cuatro millones de vacunas y que la vacuna cumple con los lineamientos de la Organización Mundial de la Salud, tanto en términos de seguridad, como en su capacidad protectora, pero esto no sucedió.

## Conclusiones

En este capítulo se abordaron diversos aspectos relevantes para entender la dinámica de la innovación mundial en el desarrollo de vacunas, con un enfoque específico en el papel que juega México en este proceso. Se destacó la importancia de las capacidades científicas y tecnológicas de la industria farmacéutica, especialmente en el ámbito de las nanotecnologías.

Asimismo, se analizó el proceso de desarrollo de vacunas con nanotecnología para prevenir la Covid-19, la transferencia tecnológica en la industria farmacéutica y su impacto en la producción y distribución de vacunas a nivel mundial.

México tiene una larga historia en la producción local y distribución de vacunas, lo que lo ha convertido en un pionero en la implementación de uno de los programas de inmunización más completos de América Latina, que incluye la prevención de 15 enfermedades. Sin embargo, en el contexto de la crisis sanitaria actual, surge la pregunta de por qué México tuvo un desarrollo tardío de su propia vacuna, a pesar de su experiencia en el desarrollo de biológicos.

Uno de los factores que pueden haber influido en esta situación es la complejidad y los altos costos de la investigación y desarrollo de ese tipo de vacunas, que requieren una sólida capacidad científica y tecnológica, así como inversiones significativas en infraestructura y recursos humanos altamente capacitados. Además, la mayoría de los países periféricos, incluido México, dependen en gran medida de la importación de materias primas, equipos y tecnologías de países centrales, lo que limita su capacidad para producir vacunas propias.

En general, el capítulo abordó un tema de gran relevancia en el contexto actual de la pandemia de la Covid-19 y proporciona información sobre la dinámica de la innovación mundial en la industria farmacéutica y su impacto en la salud pública a nivel global. Sin embargo, es importante señalar que aún hay desafíos que deben ser abordados, como la desigualdad en el acceso a las vacunas y la necesidad de fortalecer las capacidades científicas y tecnológicas de los países periféricos para garantizar su soberanía sanitaria y hacer frente a problemas de salud pública en el futuro.

## **CAPÍTULO IV. EL DESARROLLO DE VACUNAS CON NANOTECNOLOGÍA, EL LABERINTO DEL INTERCAMBIO DESIGUAL**

La crisis pandémica provocada por el SARS-CoV-2 ha subrayado la urgencia de canalizar recursos hacia la I+D en nanomedicina. Hasta el 1 de marzo de 2021, se concibieron 308 propuestas de vacunas contra la Covid-19. De este compendio, 12 ya están siendo distribuidas: cinco derivadas de virus inactivados, cuatro de vectores virales no replicativos, dos de ARN y una de subunidades proteicas. Sin embargo, 212 vacunas todavía están en etapas preclínicas, lo que sugiere que su plena integración en la batalla contra el virus tomará tiempo. Además de las vacunas, hay más de 300 tratamientos en evaluación globalmente, incluidos 80 basados en anticuerpos, 35 en intervenciones celulares y 32 antivirales (González García, 2021).

La inversión en el desarrollo de vacunas con nanotecnología ha generado un desequilibrio, con países centrales dominando la vanguardia y dejando a naciones periféricas en una posición desventajosa, reflejando un intercambio desigual en el mundo de la medicina. Las naciones con economías avanzadas cuentan con los recursos, la infraestructura y el capital humano necesarios para liderar la innovación en nanomedicina. En contraste, los países periféricos enfrentan obstáculos que limitan su capacidad de contribuir y participar equitativamente en este campo emergente. La concentración de patentes, la expertise técnica y las instalaciones de producción en países centrales intensifican la dependencia tecnológica y científica de las naciones con recursos limitados. Esto resulta en una reducida soberanía médica y un acceso limitado a los últimos avances en tratamientos.

En el desarrollo de vacunas con nanotecnología contra la Covid-19, las Asociaciones Público-Privadas (APPs) emergen como catalizadores cruciales en la intersección de la inversión y la colaboración. Sin embargo, esta cooperación se inscribe en un modelo de acumulación capitalista que, aunque promueve la innovación y el desarrollo tecnológico, también revela una serie de desafíos y contradicciones inherentes al sector salud. La estructuración de las APPs refleja un paradigma donde la eficiencia operativa y la rentabilidad económica a menudo se priorizan sobre la accesibilidad universal y la equidad

en la salud. La inversión privada en la investigación y desarrollo de vacunas, en este contexto, no sólo es un vehículo para el avance científico, sino también un medio para asegurar posiciones de mercado y retornos financieros significativos. Esta dinámica contribuye a la configuración de un entorno donde el valor de una vacuna trasciende su impacto sanitario, para convertirse en un activo estratégico en la economía global (Strasser et al., 2021).

Este enfoque en la acumulación capitalista a través de las APPs tiene implicaciones profundas en la gobernanza del sector salud. Mientras que la colaboración entre el sector público y privado puede acelerar el desarrollo y distribución de vacunas, también puede conducir a una dependencia del sector público hacia entidades privadas. La dependencia no sólo se manifiesta en términos de financiamiento y recursos, sino también en la orientación de las agendas de investigación y políticas de salud hacia intereses comerciales. Además, la concentración del poder de decisión y de los beneficios económicos en manos de un número reducido de actores privados plantea preguntas críticas sobre la equidad y la justicia en el acceso a las vacunas. La capacidad de las APPs para responder a las necesidades de salud pública se ve así mediatizada por estructuras de mercado que pueden no alinearse necesariamente con los principios de equidad y bienestar colectivo.

Por lo tanto, es esencial considerar las APPs no sólo como mecanismos de eficiencia y progreso tecnológico, sino también como constructos sociales y económicos que reflejan y perpetúan las dinámicas de poder y desigualdad en el sector salud. Un análisis crítico de estas asociaciones revela la necesidad de reevaluar y rediseñar los marcos de colaboración para garantizar que el desarrollo y distribución de vacunas sirvan efectivamente a los objetivos de salud pública, equidad y acceso universal.

El capítulo IV profundiza en el análisis de cómo las APPs, bajo su modelo de acumulación capitalista, afectan tanto la viabilidad técnica y económica como la accesibilidad de las vacunas con nanotecnología contra la Covid-19. Se evalúa, asimismo, la influencia de estas asociaciones en la orientación de las políticas de salud a nivel global y nacional. Se aborda la importancia de forjar una capacidad autónoma para el desarrollo de vacunas con nanotecnología como un asunto de equidad global y una urgencia para la salud pública internacional. Se discuten las dinámicas de poder económico y científico que configuran el ámbito de la investigación biomédica, examinando cómo las estructuras

económicas prevalentes y la distribución del capital científico global inciden en la distribución y accesibilidad de las innovaciones médicas. El análisis se centra en las estrategias y políticas que podrían reforzar la cooperación internacional y la transferencia de conocimiento, así como el desarrollo de infraestructuras de I+D en los países periféricos, cuestionando las normativas y prácticas que mantienen la jerarquía global actual en la salud y la medicina.

#### **4.1 Inversión privada y alianzas público-privadas en la investigación y desarrollo**

La inversión privada destinada al desarrollo de vacunas ha experimentado un notable crecimiento en años recientes, especialmente en los países más desarrollados. Según un informe de la Organización Mundial de la Salud, esta inversión ascendió de 10 000 millones de dólares en 2015 a 25 000 millones de dólares en 2020 (OMS, 2022b). Esta tendencia destaca el creciente interés del sector privado en impulsar avances en inmunización y salud global.

El incremento en la inversión en el ámbito de las vacunas responde a varios factores críticos. Primero, la emergencia de enfermedades infecciosas, especialmente la Covid-19, ha resaltado el papel esencial de las vacunas en la protección de la salud pública global. Además, la creciente demanda de vacunas en países periféricos representa un mercado emergente, ofreciendo a las empresas farmacéuticas nuevas oportunidades. Por último, los avances tecnológicos en la producción de vacunas han optimizado los procesos, resultando en una reducción significativa de los costos asociados al desarrollo y fabricación.

Aunque el auge en la inversión privada y las alianzas público-privadas han acelerado el desarrollo y la disponibilidad de vacunas, es imperativo reflexionar sobre los beneficios y desafíos que esta dinámica ha generado para el sector farmacéutico y la salud pública global. Las empresas farmacéuticas han experimentado un crecimiento exponencial en sus inversiones, ampliando su impacto y presencia en el mercado mundial. Este fenómeno ha propulsado la innovación en biotecnología y nanotecnología aplicada a vacunas. Sin embargo, este crecimiento plantea cuestiones críticas sobre la equidad en el acceso a las

innovaciones sanitarias, especialmente en la periferia. Aunque se han salvado innumerables vidas gracias a estas inversiones, la distribución y el acceso equitativo a tales avances permanecen como desafíos fundamentales, destacando la necesidad de mecanismos más inclusivos y equitativos que garanticen que los beneficios de la ciencia y la tecnología lleguen a todos los rincones del planeta, independientemente de las barreras económicas y geográficas.

Las dificultades de saturación en los hospitales, la falta de medicamentos y la calidad deficiente de la atención en el sector público han provocado que la población, a pesar de los elevados costos, prefiera optar por servicios privados; muchas veces, estos servicios privados son financiados parcialmente por recursos provenientes de programas sociales del propio Estado. Esta situación revela que, en un escenario de recortes presupuestarios en los servicios estatales y el deterioro de sus capacidades, una porción significativa de las transferencias destinadas a mejorar los ingresos de las familias termina siendo utilizada para compensar la degradación de los servicios públicos. Sin inversión en las capacidades e instituciones estatales, la política social basada en transferencias directas promueve un proceso de privatización de facto (Sepúlveda et al., 2024).

Existe una notable disparidad en la inversión privada para el desarrollo de vacunas entre los países centrales y los países periféricos. A pesar de que los países centrales albergan sólo una fracción de la población mundial, atraen la vasta mayoría de la inversión privada en este campo. Esta concentración de recursos puede atribuirse a varios factores: mercados más consolidados y expansivos para las vacunas, infraestructura y recursos financieros más robustos, lo que les permite asumir los riesgos inherentes al proceso de investigación y desarrollo de nuevas soluciones inmunológicas.

Más allá de los avances logrados, persiste una preocupación fundamental en torno a las APP y su capacidad para asegurar un acceso universal y equitativo a las innovaciones en salud. A pesar de las inversiones y esfuerzos conjuntos, las APP no han logrado cumplir de manera íntegra con la promesa de garantizar el derecho a la salud para todas las personas. La concentración de recursos en economías centrales ha generado una dinámica en la cual los beneficios de la investigación y desarrollo de vacunas no se distribuyen equitativamente a



nivel mundial. Esto ha resultado en un acceso limitado a vacunas esenciales en regiones periféricas, donde las necesidades de salud pública son más acuciantes (CEPAL-OPS, 2021).

Esta situación refleja un desafío inherente a las APP: la dificultad de alinear los intereses comerciales de las empresas farmacéuticas con los objetivos de salud pública global. Aunque estas colaboraciones han facilitado avances significativos en la respuesta a emergencias sanitarias, como la pandemia de la Covid-19, el modelo actual plantea interrogantes sobre la sostenibilidad y la justicia en el acceso a los resultados de dichas innovaciones.

Se debe reconsiderar el enfoque de las APP en el ámbito de la salud, buscando formas de fortalecer la gobernanza y la rendición de cuentas, para que la inversión y la innovación se traduzcan en beneficios tangibles para la salud de la ciudadanía global. Para este replanteamiento se requiere un compromiso renovado por parte de los actores involucrados, de manera que el derecho a la salud se sitúe en el centro de las políticas y prácticas de desarrollo e implementación de vacunas.

En el ámbito global de la inversión en salud, se observa una disparidad notoria entre los países centrales y periféricos. Las naciones periféricas perciben una proporción considerablemente reducida de la inversión privada destinada al desarrollo de vacunas (CEPAL, 2021). Esta tendencia puede atribuirse a múltiples factores interrelacionados:

- La incipiente consolidación de los mercados de vacunas en estos países, que todavía se encuentran en fases iniciales de desarrollo y madurez.
- Una capacidad limitada en términos de resiliencia financiera y técnica para asumir los inherentes riesgos y desafíos que conlleva la innovación y producción de nuevas vacunas.
- Las persistentes barreras en el acceso a tecnologías avanzadas y la infraestructura esencial que respalda la investigación, desarrollo y distribución de inmunizaciones.

La insuficiente inversión privada en la investigación y desarrollo de vacunas en naciones periféricas genera repercusiones de amplio alcance y severidad. En primera instancia, el vacío financiero limita notoriamente el acceso a inmunizaciones para la población de dichos

países, creando barreras en la cobertura sanitaria. Adicionalmente, tal insuficiencia puede postergar significativamente la innovación y desarrollo de vacunas específicamente dirigidas a enfermedades endémicas predominantes en estas regiones. Además, este fenómeno puede perpetuar las inequidades sanitarias existentes entre naciones centrales y periféricas, con consecuencias tangibles en la calidad y expectativa de vida de sus habitantes (OMS, 2021).

En México, el compromiso por superar las brechas de inversión y acceso a vacunas se ha visto reflejado en la formación de asociaciones públicas específicas, centradas en el desarrollo de soluciones inmunológicas. Destaca el papel de instituciones como el CONACyT y el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), los cuales han canalizado recursos hacia la investigación y el desarrollo de vacunas, incluyendo iniciativas de nanotecnología contra la Covid-19. Estos esfuerzos son indicativos de un intento por parte del sector público de mitigar las limitaciones impuestas por la lógica de mercado, buscando asegurar una cobertura sanitaria más amplia y equitativa dentro del territorio nacional. Aun así, el desafío persiste en equilibrar las urgencias de salud pública con las exigencias de un marco económico global que favorece la concentración de la innovación en centros de poder económico (IMSS, 2022).

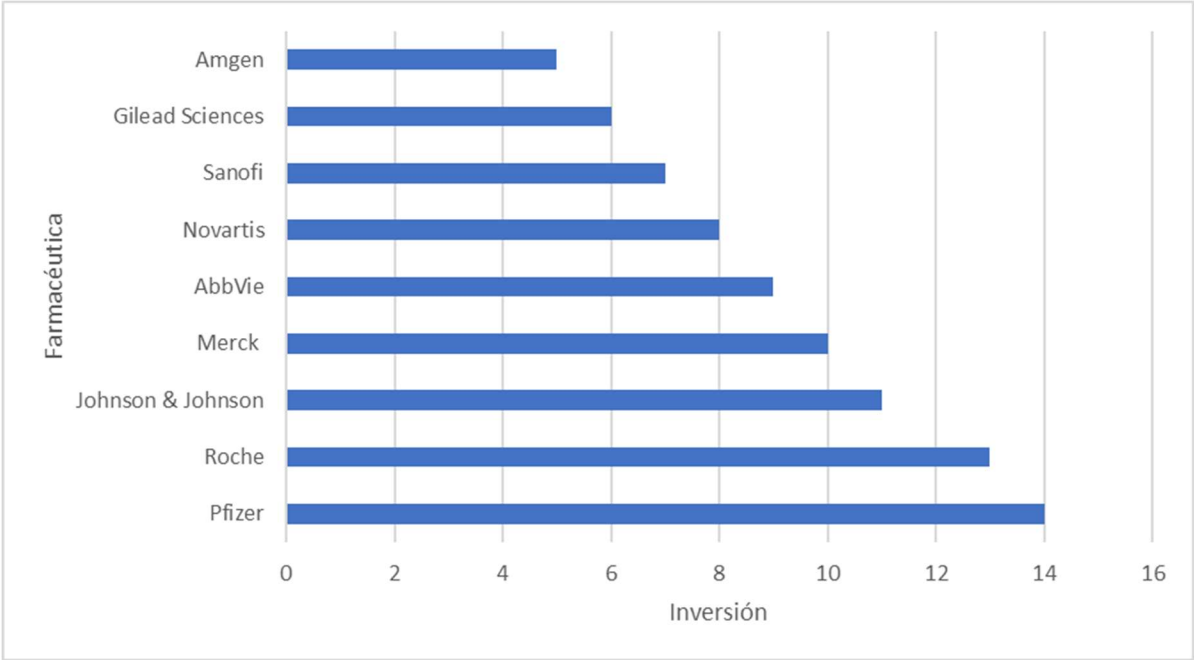
Para enfrentar la palpable desigualdad en la inversión destinada al desarrollo de vacunas entre países centrales y periféricos, es necesario implementar estrategias que promuevan una mayor inversión privada en estas últimas naciones. Entre las tácticas a considerar se encuentran (Miranda, 2021):

1. El establecimiento de estímulos económicos dirigidos a entidades farmacéuticas que se dediquen a la innovación y producción de vacunas para enfermedades endémicas en regiones periféricas.
2. El fortalecimiento y patrocinio de programas de investigación y desarrollo de vacunas originados y establecidos en los propios países periféricos, fomentando la creación de un ecosistema científico robusto en la región.
3. La optimización y expansión del acceso a tecnologías de vanguardia, así como al desarrollo de infraestructuras esenciales, para facilitar la producción y distribución de vacunas en estas áreas geográficas.

La adopción y promulgación de estas medidas podrían ser determinantes para asegurar que cada individuo, sin importar su procedencia geográfica, cuente con acceso equitativo a las vacunas necesarias para garantizar su bienestar y salud integral.

La siguiente gráfica con datos de un estudio de *Pharmaceutical Executive*, presenta las empresas farmacéuticas que más invirtieron en investigación y desarrollo a nivel mundial en 2021:

Gráfico 7 Inversión (en millones de dólares) de las empresas farmacéuticas



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de *Pharmaceutical Executive*, 2021

Durante el 2021, las empresas farmacéuticas a nivel global destinaron una suma cercana a los 203 ,000 millones de dólares para la investigación y desarrollo, cifra que equivale aproximadamente al 16% del Producto Interno Bruto (PIB) total de México en ese mismo periodo (IFPMA, 2021). El incremento en la inversión en I+D en el sector farmacéutico en años recientes puede atribuirse a la creciente prevalencia de patologías crónicas, como el cáncer, afecciones cardíacas y la diabetes, así como a la emergencia de tecnologías innovadoras como la edición génica y las terapias celulares.

Las alianzas estratégicas entre entidades farmacéuticas y organismos gubernamentales en relación con las vacunas contra la Covid-19 reflejan la persistente interdependencia entre el capital privado y el poder público. Si bien estas sinergias han propiciado una rápida respuesta en el desarrollo de inmunizantes, también revelan la predominancia de los intereses comerciales en las decisiones de salud pública. El argumento de la "optimización de costos" a menudo oscurece la realidad de las ganancias corporativas, mientras que la retórica del "acceso equitativo" se enfrenta a la desigual distribución de vacunas a nivel global. Estas alianzas, lejos de ser simplemente altruistas, subrayan las complejidades y contradicciones del neoliberalismo en el escenario sanitario global.

Es evidente que las alianzas entre entidades farmacéuticas y organismos gubernamentales, surgidas en respuesta a la pandemia de la Covid-19, no son simples actos de colaboración desinteresada. Estas uniones, aunque presentadas como esfuerzos conjuntos en pro del bienestar global, pueden también interpretarse como reflejo de las tensiones y negociaciones inherentes al modelo económico neoliberal dominante. Entre estas alianzas, sobresalen:

- El Fondo de Acceso Global para Vacunas Covid-19 (COVAX), una colaboración entre la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Coalición para la Innovación en Preparación para Epidemias (CEPI) y la Alianza para las Vacunas (GAVI). Esta iniciativa ha canalizado fondos significativos hacia el desarrollo y producción de inmunizantes contra la Covid-19 (Berkley, 2020).

- El Programa de Cooperación para Vacunas (PCV) de los Estados Unidos, centrado en la aportación financiera para la creación y fabricación de vacunas en países clasificados como de bajos y medianos ingresos (Klobucista, 2022).

- La Comisión Europea, que ha destinado fondos para respaldar investigaciones y manufactura de vacunas contra el virus en territorio de la Unión Europea (Consejo de la Unión Europea, 2022).

- El Reino Unido, que ha hecho contribuciones financieras para impulsar tanto el desarrollo como la producción de estas vacunas dentro de sus fronteras (DW, 2020).

La significativa inversión gubernamental en el desarrollo de vacunas contra la Covid-19 es notablemente reveladora de las dinámicas económicas y políticas. Según un análisis de la Organización Mundial de la Salud, las arcas estatales han desembolsado cifras que superan los 100 ,000 millones de dólares en la concepción y manufactura de inmunizantes contra la Covid-19 (OMS, 2022b).

Si bien esta inversión ha facilitado una distribución global de las vacunas, con una administración que excede los 12 ,000 millones de dosis a nivel internacional para finales de 2022, emerge una cuestión ineludible: ¿en qué medida esta financiación estatal ha favorecido o, irónicamente, se ha subordinado a los intereses de grandes conglomerados farmacéuticos en detrimento del bienestar colectivo? La rapidez y amplitud de la respuesta frente a la pandemia, aunque loable, no exime de una reflexión crítica sobre las posibles contradicciones del neoliberalismo en la arena sanitaria global.

Las colaboraciones entre corporaciones farmacéuticas y gobiernos para el desarrollo de vacunas revelan tanto oportunidades como posibles dilemas éticos y económicos. Los beneficios declarados de tales alianzas incluyen:

- **Aceleración del Desarrollo:** Si bien es cierto que estas alianzas pueden catalizar el proceso de investigación y desarrollo al compartir recursos y conocimientos, emerge la inquietud sobre si tales colaboraciones aceleradas sacrifican la profundidad y rigor científico en aras de resultados rápidos.

- **Reducción de Costes:** Mientras que las sinergias entre el sector público y privado pueden generar economías de escala y reducir costes de producción, cabe preguntarse hasta qué punto esta reducción se traduce en ahorros para el consumidor final o si, por el contrario, engrosa los márgenes de beneficio de las corporaciones.

- **Acceso Equitativo:** Aunque la retórica subyacente a estas alianzas sugiere un acceso equitativo a las vacunas a nivel global, la realidad práctica desvela discrepancias. El neoliberalismo, en su esencia, puede favorecer la maximización de ganancias, lo que plantea la cuestión: ¿Se aseguran realmente estas alianzas de que las poblaciones más vulnerables, particularmente en naciones de bajos ingresos, tengan un acceso genuino y asequible a estos inmunizantes?

Este panorama obliga a una revisión profunda sobre la naturaleza, intenciones y resultados palpables de estas alianzas en el contexto sanitario globalizado actual. A continuación, se muestra una tabla con el monto de financiamiento público destinado para el desarrollo de vacunas.

Tabla 7 Alianzas Público-Privadas para el desarrollo de vacunas Covid-19

<b>Empresa privada</b>	<b>Gobierno</b>	<b>Monto de financiamiento público</b>
Pfizer	Estados Unidos	1 950 millones de dólares
Moderna	Estados Unidos	1 000 millones de dólares
AstraZeneca	Reino Unido	1 200 millones de libras esterlinas
Johnson & Johnson	Estados Unidos	1 000 millones de dólares
Novavax	Estados Unidos	1 600 millones de dólares
Sinovac	China	500 millones de dólares
CanSino Biologics	China	300 millones de dólares
Bharat Biotech	India	200 millones de dólares
Sputnik V	Rusia	1 200 millones de rublos

*Fuente: Elaboración propia con datos de la OMS, 2022*

Las alianzas público-privadas en el desarrollo de vacunas contra la Covid-19 ejemplifican la habilidad del mercado para adaptarse y responder con celeridad a desafíos de salud pública sin precedentes. La colaboración intersectorial ha catalizado un desarrollo y disponibilidad de inmunizantes en tiempo récord, optimizando la capacidad innovadora del sector privado con la extensión y el alcance del sector público.

Sin embargo, se reconoce que la intersección del mercado con la salud global ha traído consigo retos considerables. La distribución de las vacunas ha destacado diferencias económicas preexistentes entre naciones, con las economías centrales teniendo acceso más rápido y eficiente. Esta situación no es un reflejo de una ineficacia del sistema neoliberal per se, sino que pone en evidencia la necesidad de construir marcos de colaboración más

efectivos y estrategias de distribución más equitativas, aun dentro de un paradigma de mercado.

El dominio corporativo en las APP ha potenciado la rapidez en la producción y distribución, pero también presenta desafíos significativos en cuanto a la orientación de las investigaciones. El mercado, naturalmente, tiende a dirigirse hacia áreas con mayor potencial de retorno de inversión. Esta tendencia puede resultar en una cierta negligencia hacia las enfermedades predominantes en países periféricos, lo que subraya la necesidad de replantear cómo se establecen las prioridades y se incentiva la investigación en áreas menos lucrativas.

Finalmente, la gestión de los fondos y la rendición de cuentas son de suma importancia. Las APP deben ser vistas como inversiones orientadas primordialmente a satisfacer un bien público, aunque también generen beneficios económicos. Por ello, es esencial establecer mecanismos de supervisión robustos y transparentes que aseguren la correcta utilización de recursos. Esto incluye garantizar un retorno de la inversión que se mida no sólo en términos financieros, sino también en beneficios tangibles para la salud global y el bienestar de las comunidades afectadas.

Dicho esto, al adentrarse en la discusión de los aspectos éticos y de gobernanza en la inversión de vacunas con nanotecnología, es esencial ponderar no sólo las críticas sino también las oportunidades que estas alianzas ofrecen para reconfigurar el escenario de la salud global en el siglo XXI.

#### **4.1.1 Aspectos éticos y de gobernanza en la inversión y colaboración para las vacunas con nanotecnología**

Las alianzas público-privadas que han emergido en respuesta a la crisis de la Covid-19, vistas por muchos como un triunfo de la cooperación mundial, han evolucionado en reflejos tangibles de las disparidades inherentes al neoliberalismo en el ámbito de salud internacional. En vez de facilitar un acceso equitativo, estas alianzas han profundizado una distribución asimétrica de las vacunas. Es evidente que las naciones con infraestructuras económicas

robustas han aprovechado estos acuerdos para monopolizar el acceso a las vacunas, relegando a los países periféricos a una posición de notable vulnerabilidad frente a la enfermedad.

La inequidad no es fortuita, sino que ha sido alimentada por varios factores intrínsecamente vinculados a las dinámicas del neoliberalismo. Uno de estos factores es la estructura de precios, regida por la lógica de mercado de maximización de beneficios, que ha posicionado las vacunas fuera del alcance de muchas naciones periféricas. Un claro ejemplo de esto es la disparidad entre el costo de la vacuna Pfizer-BioNTech, que ronda los 20 dólares por dosis, y la de AstraZeneca, cuyo precio es aproximadamente 4 dólares por dosis (Pilkington et al., 2022). Esta diferencia no sólo representa una mercantilización de la salud, sino también una estratificación económica que favorece a las élites.

Por otro lado, los acuerdos de compra anticipada, lejos de ser benignos, se han transformado en herramientas de exclusividad para los países centrales. Bajo estos acuerdos, los países han asegurado grandes lotes de inmunizantes, dejando en desventaja a los países periféricos, las cuales enfrentan situaciones de escasez (Thornton et al., 2022). Además, la centralización productiva de las grandes farmacéuticas juega un papel crucial en esta ecuación. En lugar de actuar como meros intermediarios comerciales, estas empresas consolidan y perpetúan estructuras de poder, relegando al Sur Global. Al optimizar costos y maximizar beneficios, las farmacéuticas han centralizado sus operaciones productivas en los países centrales, complicando el acceso equitativo a las vacunas para el resto del mundo.

Dentro del contexto de las APP para el desarrollo de vacunas contra la Covid-19, es pertinente analizar las complejidades y tensiones desde una perspectiva neoliberal. Una preocupación central es la influencia de las empresas farmacéuticas en estas alianzas, que podría priorizar la rentabilidad sobre las urgencias sanitarias globales (Rodríguez et al., 2023). Bajo la lógica de maximizar ganancias, las compañías farmacéuticas se inclinan hacia enfermedades que afectan principalmente a los países centrales, dada la solvencia económica de estos mercados y los retornos prometedores sobre la inversión. En contraste, enfermedades prevalentes en los países periféricos, aunque con un alto impacto sanitario, podrían ser relegadas por un potencial de rentabilidad menor.

Acentuando el enfoque económico, estas empresas podrían favorecer el desarrollo de vacunas para enfermedades que requieren tratamientos prolongados o recurrentes,



asegurando así una demanda constante, contrastando con afecciones que demandan intervenciones esporádicas (CEPAL, 2020). Las APP orientadas al desarrollo de vacunas contra la Covid-19 presentan desafíos en cuanto a su transparencia. Dicha opacidad, resultado en parte de acuerdos de confidencialidad, restringe el acceso público a datos cruciales, como los términos contractuales entre las corporaciones farmacéuticas y los entes gubernamentales. Esta situación obstaculiza la capacidad de evaluar de manera adecuada el empleo de recursos públicos y los beneficios tangibles derivados de tales alianzas (Apuzzo & Gebrekidan, 2021). Sin una visión clara de los detalles, surge la incógnita sobre la cantidad exacta de inversión pública en el desarrollo de las vacunas y el valor real que aportan a la sociedad.

Las empresas farmacéuticas han obtenido ganancias exorbitantes por la venta de vacunas entre 2020 y 2021. Según un estudio del Centro para la Investigación de las Corporaciones Multinacionales (SOMO) realizado en febrero de 2023, los montos de estas ganancias se detallan en la tabla 8 (de Haan & ten Kate, 2023).

*Tabla 8 Alianzas Público-Privadas para el desarrollo de vacunas Covid-19*

<b>Empresa</b>	<b>País de origen</b>	<b>Ganancia por venta de vacunas (millones de dólares)</b>
Pfizer/BioNTech	Estados Unidos/Alemania	40 000
Moderna	Estados Unidos	20 000
Sinovac	China	19 000
AstraZeneca	Reino Unido	4 000
Johnson & Johnson	Estados Unidos	2 400
Novavax	Estados Unidos	1 100
Bharat Biotech	India	1 000
Sanofi/GSK	Francia/Reino Unido	900
Janssen	Estados Unidos	800

*Fuente Elaboración Propia con datos de SOMO, 2023*

La tabla muestra las ganancias estimadas de las principales empresas farmacéuticas derivadas del desarrollo y venta de vacunas contra la Covid-19 entre 2021 y 2022. Es importante señalar que estas cifras pueden variar según las fuentes consultadas. De acuerdo con la información recopilada, Pfizer/BioNTech, Moderna y Sinovac encabezaron la lista en términos de

beneficios (de Haan, 2023). Estas compañías produjeron algunas de las vacunas más eficaces y seguras contra el virus. No obstante, las significativas ganancias de las farmacéuticas han generado críticas, pues hay quienes argumentan que se están beneficiando desmesuradamente de una crisis de salud global.

La canalización de inversión pública hacia empresas privadas para el desarrollo de vacunas refleja confianza en la eficiencia e innovación del sector privado, pero conlleva interrogantes éticos. Uno de los dilemas más prominentes es la equidad en el acceso a las vacunas. La intervención gubernamental, al otorgar derechos exclusivos de propiedad intelectual, permite que las empresas establezcan precios según las dinámicas del mercado, lo cual puede ser un obstáculo para economías emergentes. La transparencia en la relación entre gobiernos y empresas también es motivo de preocupación. Los acuerdos de confidencialidad, aunque protegen la propiedad intelectual, limitan la visibilidad sobre el uso de fondos públicos, entorpeciendo la rendición de cuentas.

Desde una perspectiva internacional, las naciones centrales, al invertir en investigación, buscan mecanismos que beneficien tanto a sus propias economías como a las periféricas. Sin embargo, emergen críticas relacionadas con la eficiencia del mercado frente a la accesibilidad global. El control gubernamental puede chocar con la autonomía empresarial y la protección de la propiedad intelectual puede entrar en conflicto con la transparencia cuando el bienestar público está en juego. En cuanto a la colaboración internacional, garantizar una distribución equitativa de las vacunas es desafiante. Las naciones centrales, pese a tener mayores medios, deben equilibrar sus responsabilidades con las de las naciones periféricas. Más allá de la equidad, surge la tensión de garantizar eficiencia en la distribución. Es vital que las colaboraciones busquen fomentar la autosuficiencia en países menos desarrollados, permitiendo no sólo recibir asistencia, sino también fortalecer sus propias capacidades.

La colaboración entre el sector público y privado en el desarrollo de vacunas puede verse como un reflejo de cómo la dinámica de mercado se adapta a los desafíos globales de la salud. Estas alianzas, al unir la capacidad innovadora y eficiente del sector privado con la responsabilidad y el alcance del sector público, tienen el potencial de abordar de manera efectiva las disparidades en el acceso a las vacunas, especialmente en regiones periféricas.

La equidad en el acceso a bienes esenciales, como las vacunas, no sólo es una cuestión de justicia social, sino que también contribuye a la estabilidad y sostenibilidad del mercado a largo plazo. Un acceso amplio tiende a fortalecer el sistema económico. Sin embargo, este acceso no implica necesariamente que los servicios sean gratuitos. Es crucial que los precios estén estructurados de manera que reflejen el valor y la inversión en investigación y desarrollo, pero también que sean accesibles para diferentes regiones, tomando en cuenta su capacidad adquisitiva (López et al., 2021).

La innovación es esencial en este contexto, con el sector privado motivado a innovar y mejorar constantemente en la búsqueda de soluciones efectivas y rentables. La protección de la propiedad intelectual juega un papel fundamental aquí, asegurando que las empresas puedan obtener un retorno de su inversión, lo que a su vez incentiva la investigación y el desarrollo continuo.

La sostenibilidad de las alianzas público-privadas es un tema crítico. Para que estas alianzas sean exitosas y sostenibles, deben asegurar beneficios a largo plazo para todas las partes involucradas. Esto requiere una visión donde las inversiones iniciales generen rendimientos continuos, fomentando un ciclo virtuoso de inversión y beneficio mutuo.

No obstante, es vital recordar que las soluciones uniformes rara vez se aplican a desafíos globales complejos. Las particularidades de cada región, sus necesidades y capacidades, deben ser tomadas en cuenta. En última instancia, aunque las alianzas público-privadas presentan desafíos, también ofrecen oportunidades significativas para mejorar la salud global, y ello se logra mejor cuando se equilibran los imperativos del mercado con las demandas éticas de acceso y equidad.

Las APPs, al funcionar dentro de marcos de acumulación capitalista, no sólo facilitan el desarrollo y distribución de innovaciones médicas como las vacunas con nanotecnología contra la Covid-19, sino que también pueden propiciar una tendencia hacia la privatización de bienes esenciales y derechos ciudadanos. Este fenómeno se manifiesta claramente en el ámbito de las patentes, donde la protección de la propiedad intelectual se convierte en una barrera para el acceso equitativo a tratamientos vitales. Al concentrar la propiedad y el control de las innovaciones en manos de unas pocas entidades privadas, se limita la capacidad de los

estados y la comunidad global para garantizar una distribución justa y accesible de las vacunas, especialmente en momentos de crisis sanitaria.

Además, esta concentración de poder y control no sólo afecta la accesibilidad, sino que también puede influir negativamente en la dirección de la investigación y el desarrollo, priorizando las ganancias sobre las necesidades de salud pública. Por ende, se hace imperativo cuestionar y revisar las estructuras actuales de las APPs, promoviendo un mayor equilibrio entre los intereses privados y el bienestar público. Esto incluye impulsar reformas en el sistema de patentes y en los mecanismos de distribución de vacunas para asegurar que los derechos y bienes ciudadanos estén protegidos y sean accesibles para todos, reflejando un compromiso con la equidad y la justicia en el ámbito de la salud global.

#### **4.2 Patentes de las vacunas con nanotecnología contra la Covid-19**

Las patentes actúan como pilares esenciales, promoviendo la innovación y el desarrollo al garantizar a las empresas e individuos un retorno sobre su inversión en investigación. La pandemia de la Covid-19 ha resaltado la tensión entre la protección de la propiedad intelectual y la necesidad de proporcionar acceso equitativo a soluciones sanitarias cruciales. Aunque el sistema de patentes incentiva la innovación mediante beneficios económicos también plantea cuestiones sobre la accesibilidad y asequibilidad de las tecnologías fundamentales.

Dentro de esta dinámica, las patentes asociadas a las vacunas con nanotecnología contra la Covid-19 revelan cómo el sistema económico internacional favorece a las corporaciones farmacéuticas líderes, como Pfizer, Moderna, AstraZeneca y Janssen (González Merino & Castañeda Zavala, 2021). Las patentes otorgan a dichas compañías un monopolio legal sobre la producción y distribución, dando lugar a una significativa influencia en la fijación de precios y, por ende, en el acceso global a estas vacunas.

El monopolio otorgado por las patentes ha resultado en elevados precios para las vacunas contra la Covid-19, obstaculizando su accesibilidad en los países periféricos. Según Martonosi et al., el precio de una dosis de la vacuna de Pfizer/BioNTech asciende a 20 dólares, y el de la vacuna de Moderna es de 25,50 dólares (Martonosi et al., 2021). Estas

patentes complican la producción autónoma de vacunas en naciones en desarrollo, restringiendo la oferta global y presionando un aumento en los precios. La dinámica resalta una preocupante disparidad económica: las grandes corporaciones farmacéuticas, ubicadas en países centrales, disfrutaban de beneficios excepcionales gracias a las patentes, mientras las naciones periféricas enfrentan el desafío de costear estos inmunizantes a precios exorbitantes.

Siguiendo la perspectiva de Prebisch, esta situación evidencia cómo el sistema económico internacional, mediante el régimen de patentes, perpetúa las ventajas para los países centrales en detrimento de las economías emergentes. Las consecuencias de las patentes en el contexto de las vacunas para la Covid-19 se manifiestan con fuerza en los países periféricos, complicando el acceso a los inmunizantes y amenazando con graves implicaciones para la salud pública de estas naciones. Esta dinámica refuerza una alarmante tendencia: los países periféricos se encuentran en una posición de creciente dependencia respecto a las grandes corporaciones farmacéuticas de las naciones centrales.

A medida que se intensifican las dinámicas de dependencia y desafíos económicos, es esencial desglosar y entender los instrumentos legales que las sustentan. En este escenario, las patentes emergen como documentos cruciales que esbozan no sólo la ciencia detrás de los inmunizantes, sino también las estructuras de poder y comercio que los rodean. Para aportar claridad a esta complejidad, se abordarán detalladamente las principales patentes de vacunas contra la Covid-19, revelando las particularidades, actores involucrados y las implicaciones económicas y sanitarias que cada una conlleva.

*Tabla 9 Las 20 principales patentes de vacunas Covid-19*

<b>Empresa</b>	<b>Nombre de la patente</b>	<b>Fecha de la patente</b>	<b>Número de dosis aplicadas</b>
Pfizer/BioNTech	Vacuna de ARNm BNT162b2	2020-04-15	12.000 millones
Moderna	Vacuna de ARNm mRNA-1273	2020-03-16	8.000 millones
AstraZeneca/Oxford	Vacuna vectorial ChAdOx1 nCoV-19	2020-03-30	6.000 millones
Johnson & Johnson	Vacuna vectorial Ad26.COVS.2	2020-05-18	2.000 millones

Sinovac	Vacuna de virus inactivado CoronaVac	2020-05-01	5.000 millones
Bharat Biotech	Vacuna de virus inactivado Covaxin	2020-07-20	2.000 millones
Novavax	Vacuna de proteína recombinante NVX-CoV2373	2020-08-24	1.000 millones
Sanofi/GSK	Vacuna de prefusión Covid-19	2020-09-14	900 millones
CanSino Biologics	Vacuna de vector viral Ad5-nCoV	2020-04-13	1.000 millones
Jiangsu Sinopharm	Vacuna de virus inactivado BBIBP-CorV	2020-04-12	2.000 millones
China National Pharmaceutical Group Corporation	Vacuna de virus inactivado Inactivated SARS-CoV-2 Vaccine	2020-07-01	1.000 millones
Novavax	Vacuna de proteína recombinante recombinant protein-based Covid-19 vaccine	2021-05-25	500 millones
Gamaleya Research Institute	Vacuna de vector viral Gam-Covid-Vac	2020-08-11	1.000 millones
Instituto Butantan	Vacuna de virus inactivado Butantan	2020-07-29	1.000 millones
Valneva	Vacuna de virus inactivado VLA2001	2020-07-30	200 millones
EpiVacCorona	Vacuna de ARNm EpiVacCorona	2020-08-07	100 millones
Sputnik V	Vacuna de vector viral Gam-Covid-Vac	2020-08-11	1.000 millones

Fuente Elaboración Propia con datos de OMPI, 2022

De acuerdo con los datos de la tabla 9, las farmacéuticas que encabezan la lista en cuanto a la posesión de patentes de vacunas contra la Covid-19 son Pfizer/BioNTech, Moderna y AstraZeneca/Oxford. Estas corporaciones también se destacan por ser las principales en producción y distribución de dosis de los inmunizantes a nivel mundial (WIPO, 2022).

Las patentes actúan como salvaguardas de la propiedad intelectual, garantizando a las empresas los derechos exclusivos sobre las vacunas que han concebido y desarrollado. No obstante, las mismas patentes pueden erigirse como barreras, complicando un acceso

equitativo a las vacunas en diversas regiones. Una solución viable que mitiga los desafíos son los acuerdos de licencia voluntaria y la transferencia de tecnología, los cuales poseen el potencial de moderar los precios y asegurar una distribución más equitativa de las vacunas a escala global.

#### **4.2.1 Marco legal de las patentes: contexto de las vacunas con nanotecnología contra la Covid-19**

El panorama legal en torno a las patentes de las vacunas contra la Covid-19 está configurado principalmente por el Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual Relacionados con el Comercio (ADPIC), instrumentado por la OMC. Según las disposiciones del ADPIC, los titulares de patentes tienen derechos exclusivos para fabricar, utilizar, comercializar, importar y exportar la invención patentada durante dos décadas (Motari et al., 2021).

En el ámbito particular de las vacunas contra la Covid-19, se destaca que las patentes no solamente engloban la fórmula precisa de la vacuna —*en la que se integran elementos tan variados como el virus, vectores virales, adyuvantes, entre otros*—, sino también el específico método de producción y los dispositivos especializados utilizados para su administración (Heinz & Stiasny, 2021).

La relevancia de las patentes radica, en gran medida, en su capacidad para influir en el acceso a las vacunas. Dado que las empresas que arrojan patentes tienen la prerrogativa de establecer precios, se corre el riesgo de que dichas vacunas se vuelvan inaccesibles para naciones con restricciones económicas. Ante tal escenario, la OMS puso en marcha el Acceso Equitativo a las Vacunas Covid-19 (C-TAP). Esta medida promueve la concesión de licencias voluntarias, facilitando así que una mayor cantidad de países y regiones puedan producir la vacuna (L. P. A. da Silva & Rapini, 2022).

Más allá de este esquema de patentes, hay otras facetas legales intrínsecas a las vacunas contra la Covid-19. Por ejemplo, los derechos de propiedad intelectual atados a los datos de investigación tienen un papel protagónico, al igual que las normativas que buscan garantizar la seguridad y eficacia de las vacunas. Adicionalmente, las políticas de precios

adoptadas por las empresas farmacéuticas añaden otra capa de complejidad al entramado legal que rodea la producción y distribución de estas vacunas (Ballano, 2022).

Desde una perspectiva que valora la eficiencia y la libre competencia en los mercados globales, es evidente que las patentes relacionadas con las vacunas contra la Covid-19 representan una manifestación lógica del sistema de propiedad intelectual y un incentivo para la innovación y la inversión en investigación y desarrollo.

En el contexto de las vacunas contra la Covid-19, compañías líderes en el sector farmacéutico como Pfizer, Moderna, AstraZeneca y Janssen invirtieron enormes recursos en el desarrollo de soluciones médicas innovadoras. A cambio, obtuvieron patentes que les conceden derechos exclusivos sobre la producción y comercialización de las vacunas. El sistema de patentes permite que las empresas recuperen sus costos de inversión y generen ganancias, lo que a su vez las motiva a seguir investigando y desarrollando nuevas terapias y tratamientos (Ugalde et al., 2022).

La consecuencia del sistema no es sorprendente: los precios de las vacunas contra la Covid-19 reflejan los costos de investigación, desarrollo y producción, lo que puede resultar en precios elevados. Sin embargo, es importante señalar que estos precios también reflejan la calidad y la eficacia de estas vacunas, que han demostrado ser altamente efectivas en la prevención de la enfermedad.

El sistema de patentes no impide que otros actores desarrollen sus propias vacunas, pero requiere que lo hagan a través de la obtención de licencias o acuerdos con las empresas titulares de las patentes. Esto puede fomentar la colaboración y la transferencia de tecnología entre países centrales y periféricos.

Prescindir de la protección de las patentes no constituye una solución completa por sí sola. Lo que se requiere con suma urgencia es una amplia iniciativa destinada a transferir tecnología, aumentar la capacidad de producción y coordinar eficazmente las cadenas de suministro para alinear la producción de vacunas con la demanda global. Eliminar las patentes no elimina la necesidad de que los gobiernos desempeñen un papel fundamental en la financiación y supervisión de este esfuerzo.



Hasta hace poco, la cuestión relacionada con la regulación de los sistemas de propiedad intelectual existentes y su posible influencia en el contexto de una pandemia global no había sido debidamente abordada por expertos en derecho y economía, a excepción del brote de SARS en 2002. Como Santos Rutschman señala, este escaso enfoque académico contribuyó a decisiones subóptimas y a la generación de ineficiencias significativas en este ámbito (Santos Rutschman, 2020a). Argumenta que la preparación global para futuros brotes de enfermedades, en términos de disponibilidad de vacunas y regulaciones de propiedad intelectual, es insuficiente. También se resalta la carencia de incentivos que impulsen a las empresas a desarrollar medicamentos y vacunas. Santos Rutschman sugiere que se debe aumentar la inversión en la investigación de vacunas y tratamientos para enfermedades cuando estas tienen una baja incidencia, en tiempos de paz, en lugar de esperar a que se produzca un brote. Además, se examina el rol y las funciones de la Coalición para la Innovación en la Preparación para Epidemias (CEPI) (Santos Rutschman, 2020a).

Halabi, Rourke y Katz analizaron los brotes de Mers-CoV en 2012 y de Ébola en 2014-2015, identificando diversas deficiencias en las respuestas políticas de esos momentos. Destacan que una cantidad significativa de información crucial no se compartió debido a problemas de asimetría informativa, atribuibles en parte a las limitaciones de las leyes de patentes (Halabi et al., 2019). En respuesta a estas limitaciones, proponen soluciones como el financiamiento y recompensa por la recopilación de datos útiles, el establecimiento de una base de datos internacional confiable y la promoción de la participación de más investigadores.

Tietze y su equipo han realizado un análisis exhaustivo de las patentes relacionadas con el coronavirus. Su estudio destaca que la mayoría de estas patentes se enfocan en el campo de la química orgánica y en el desarrollo de técnicas y medicamentos para la prevención, diagnóstico y tratamiento del virus. Además, han identificado un retraso entre el momento en que se descubre una innovación y cuando se otorgan las patentes, una situación que concuerda con los procedimientos de la Oficina de Patentes del Reino Unido. Esto, según su análisis, sugiere la imperante necesidad de que los científicos compartan información de manera más rápida y accesible, especialmente dado que se observa un aumento en las referencias a la literatura científica en lugar de patentes después de la aparición de brotes, lo

que resalta la importancia de una difusión ágil de conocimientos en momentos de crisis sanitaria (Santos Rutschman, 2020b; Tietze et al., 2020).

Uno de los desafíos fundamentales en el ámbito de la propiedad intelectual, tanto en la pandemia actual como en situaciones generales, radica en la disponibilidad de datos abiertos que permitan llevar a cabo un análisis exhaustivo de la evolución del virus (L. Aristodemou et al., 2017) y las diversas metodologías de investigación implementadas (L. Aristodemou & F. Tietze, 2018). En una crisis sanitaria tan significativa como la provocada por la Covid-19, con un número de casos reportados que ha superado el millón de casos a nivel global, cualquier conjunto de datos disponible se vuelve potencialmente valioso para adquirir una comprensión más profunda de la enfermedad.

Por otro lado, Xue y Ouollette argumentan que la escasez de desarrollo de vacunas se debe a factores más allá de las oportunidades científicas. Señalan dos aspectos clave que influyen en el desarrollo "anémico" de las vacunas: en primer lugar, son preventivas en lugar de tratamientos, y, en segundo lugar, son bienes duraderos con efectos a largo plazo en lugar de productos comprados repetidamente. Esto hace que las vacunas sean menos rentables que los tratamientos de compra repetida, incluso cuando se les brinda una protección de propiedad intelectual comparable (Xue & Ouellette, 2020).

En el análisis de patentes relacionadas con los coronavirus, Tietze y su equipo han empleado un conjunto de datos abiertos proporcionado por Lens.org para enriquecer la comprensión de las estrategias preventivas, diagnósticas y terapéuticas utilizadas contra este tipo de virus. Se enfocaron en esta investigación en el espectro más amplio de los coronavirus con el objetivo de identificar patrones y lecciones aprendidas de brotes anteriores que puedan ser aplicados al contexto de la Covid-19. En la Tabla 10 se presentan estadísticas descriptivas del conjunto de datos de patentes, mientras que la Ilustración 1 exhibe resultados preliminares del Análisis de Patentes sobre los Coronavirus.

*Tabla 10 Estadísticas y correlaciones para el Coronavirus: Patentes basadas en palabras clave amplias (Patentes = 6896, Familias de Patentes = 2670)*

	<b>Año de Publicación</b>	<b>Año de Aplicación</b>	<b>Año de Prioridad</b>	<b>Número de Aplicantes</b>	<b>Número de Inventores</b>	<b>Citas Posteriores</b>	<b>Número de Citas</b>
<b>Media</b>	2010	2008	2007	1.99	3.78	4.78	5.62
<b>Error Estándar</b>	0.08	0.08	0.08	0.02	0.03	0.2	0.23
<b>Mediana</b>	2011	2008	2006	1	3	0	0
<b>Moda</b>	2005	2004	2003	1	2	0	0
<b>Desviación Estándar</b>	6.33	6.55	6.53	1.99	2.48	16.81	19.27
<b>Min.</b>	1975	1973	1972	0	2	0	0
<b>Máx.</b>	2020	2020	2020	18	22	555	342

*Fuente Elaboración Propia con datos de Lens.org 2020*

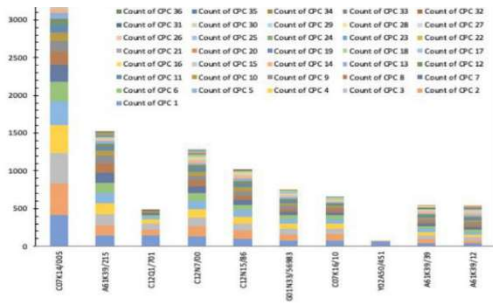
En la tabla anterior, se puede observar que, en el período comprendido entre 1975 y 2020, la mayor concentración de patentes relacionadas con el término "coronavirus" se sitúa en el intervalo de tiempo entre 2007 y 2013. Esto se refleja en un promedio que se ubica en el año 2010, aunque con una desviación estándar significativa de 6.33. En cuanto al año de solicitud de patentes, es notable que suele ser anterior, con un intervalo de dos años antes del promedio.

Asimismo, se destaca que el promedio de inventores por patente se sitúa en aproximadamente 4 personas, y que las citas posteriores promedio por patente ascienden a 4.78. Este conjunto de datos, que abarca un total de 6,896 registros de patentes, sugiere una estrategia empleada por las empresas farmacéuticas, caracterizada por la obtención de patentes en gran cantidad, abarcando compuestos, procedimientos y metodologías. El objetivo de esta estrategia es acaparar todo el conocimiento relacionado y restringir el acceso a estos elementos, lo que puede dificultar su disponibilidad para abordar diversas enfermedades, tanto desde países periféricos como por parte de pequeñas empresas.

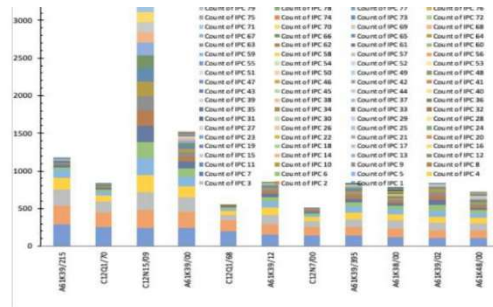
Tietze emplea las siglas CPC para hacer referencia a la Convención sobre los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio, parte de los Acuerdos de Marrakech, que dieron origen a la Organización Mundial del Comercio. Esta convención establece estándares internacionales en lo que respecta a la propiedad intelectual, incluyendo patentes, derechos de autor, marcas comerciales y denominaciones de origen (L. Aristodemou & F. Tietze, 2018).

El planteamiento de Tietze en su escrito gira en torno a cómo la TRIPS (Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights, por sus siglas en inglés) ha contribuido a la inequidad en el acceso a las vacunas contra la Covid-19. Las patentes, en virtud de este acuerdo, confieren a las empresas farmacéuticas un monopolio legal sobre las vacunas, lo que les permite fijar precios elevados. Lo que ha obstaculizado la disponibilidad de las vacunas en naciones periféricas, en las que los sistemas de atención médica tienden a ser menos robustos (L. Aristodemou et al., 2017; Tietze et al., 2020). Lo anterior se puede observar en la Ilustración 1.

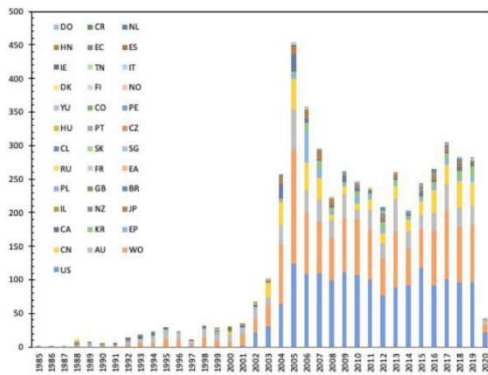
# Ilustración 1 Resultado del Análisis de patentes de Coronavirus



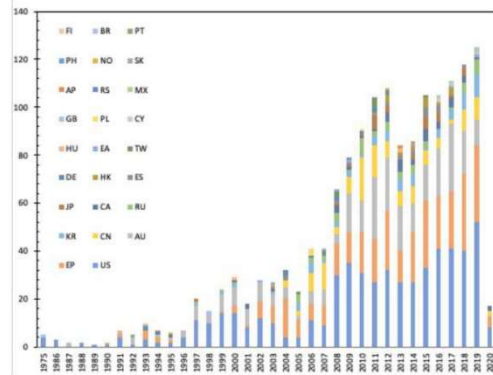
(a) Distribución de la clasificación de las 10 principales CPC (clasificadas en orden descendente por grupo principal de CPC principal)



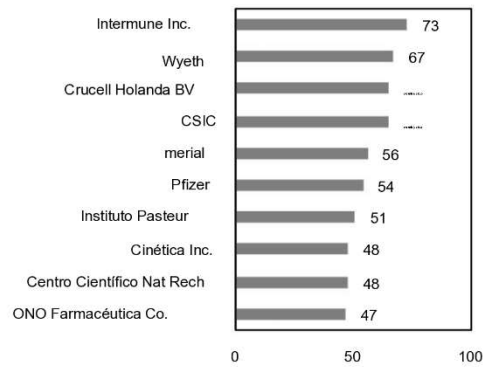
(b) Distribución de la clasificación de los 10 principales IPC (clasificadas en orden descendente del grupo principal primario de IPC)



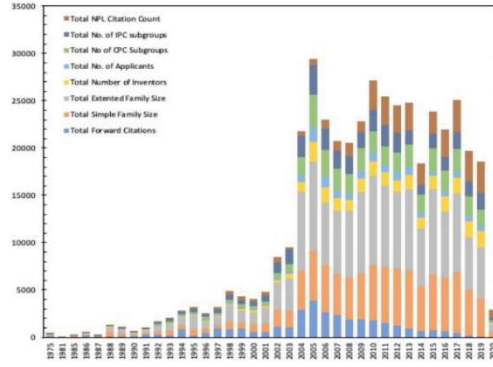
(c) Distribución de solicitudes de patente versus año de publicación (filtrar por jurisdicción)



(d) Filtro de distribución de patentes concedidas versus año de publicación por jurisdicción



(e) Los 10 principales solicitantes (las cosolicitudes también se incluyen en los datos anteriores)



(f) Distribución de las características de las patentes frente al año de publicación

Fuente: *lens.org*, 2020

La ilustración 1a muestra la distribución de las principales 10 clasificaciones del sistema CPC (Cooperative Patent Classification, por sus siglas en inglés) en términos de subgrupos. Las patentes que se incluyen en la categoría de subgrupo primario de la CPC se encuentran en la clasificación C07K14/005. Esta corresponde a la subcategoría de química orgánica que aborda péptidos con más de 20 aminoácidos, específicamente relacionados con virus que comprenden proteínas virales. A continuación, se encuentran los subgrupos A61K39/215, que se refieren a preparaciones medicinales que contienen antígenos o anticuerpos, así como materiales para inmunoensayos relacionados con coronavirus, y C12Q1/701, que engloba procesos de medición o pruebas que involucran enzimas, ácidos nucleicos o microorganismos con sondas de hibridación específicas para virus. También están presentes C12N7/00, relacionado con la preparación de composiciones de bacteriófagos de virus y composiciones medicinales de antígenos o anticuerpos virales; G01N1, que se refiere a procesos de investigación para medir o probar diferentes aspectos a los inmunoensayos, involucrando enzimas; C07K16/08, que se relaciona con la investigación de inmunoglobulinas de virus de ARN. Además de estas clasificaciones principales, se encuentra una subclase en la sección Y (Tecnología transversal emergente) con Y02A50/451, específicamente orientada al cribado genético o molecular de patógenos. Esto sugiere que, dentro de las patentes otorgadas, existen algunas relacionadas con la vacunación.

Las 10 clasificaciones de mayor relevancia en el sistema CPC se centran exclusivamente en aspectos químicos relacionados con la prevención, diagnóstico y tratamiento del virus. También es notable la alta precisión en las solicitudes de patentes en estos ámbitos, ya que algunas de ellas se desglosan en hasta 50 subcategorías dentro del sistema CPC.

La ilustración 1b exhibe la distribución de las 10 clasificaciones principales del IPC (International Patent Classification, por sus siglas en inglés) a nivel de subgrupo, y es importante notar que se hacen referencia a 103 subgrupos únicos en estas patentes. Aunque el subgrupo principal de IPC más destacado es A61K39/215, que aborda la preparación de productos médicos y dispositivos especialmente diseñados para diversas aplicaciones, incluyendo aspectos químicos relacionados con coronavirus, el número más significativo de referencias colectivas corresponde al subgrupo C12N15/09. Este último se refiere a

microorganismos y composiciones enzimáticas utilizados en la propagación, preservación o mantenimiento de microorganismos, así como en la mutación o ingeniería genética, medios de cultivo, pruebas microbiológicas y tecnología de ADN recombinante.

Adicionalmente, un 64% de los 10 subgrupos principales del IPC se encuentran en la subclase A61K, que aborda el tema de composiciones de mezcla o procesos de preparación de composiciones y tratamientos. Esto incluye fármacos y otras sustancias biológicas capaces de prevenir, aliviar, tratar o curar condiciones anormales o patológicas en el cuerpo humano. Los tratamientos pueden involucrar la destrucción de organismos parásitos, la regulación de enfermedades o la modificación de funciones fisiológicas del cuerpo, así como el diagnóstico de condiciones o estados fisiológicos mediante pruebas en vivo o in vitro.

Por otro lado, las subclases restantes están agrupadas bajo la clase C12, que considera microorganismos como virus, células humanas, animales o vegetales no diferenciados, protozoos, tejidos y algas unicelulares. Tanto en la ilustración 1a como en la ilustración 1b, se hace evidente que la mayoría de las patentes se centran en procesos químicos relacionados con la identificación, composición y desarrollo de vacunas para la familia de los coronavirus.

La figura 1c representa cómo se distribuyen las solicitudes de patentes en distintas jurisdicciones, mientras que la figura 1d muestra cómo se distribuyen las patentes que han sido concedidas en esas jurisdicciones. Se nota inmediatamente que el número de patentes concedidas está rezagado en comparación con el número de solicitudes de patentes. Aunque hay algunas patentes concedidas que datan de antes de 1975 y están relacionadas con el análisis sobre el desarrollo de vacunas, las solicitudes de patentes previas a 1975 no forman parte de los datos disponibles.

La mayoría de las solicitudes de patentes se realizan en los Estados Unidos, seguidas por solicitudes bajo el Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT). Le siguen Australia, China, la Unión Europea, Canadá, Corea del Sur y Japón en ese orden. La distribución de las patentes concedidas muestra un aumento, aunque en cifras significativamente menores en comparación con las solicitudes de patentes (con un pico de alrededor de 120 patentes concedidas en 2019, en contraste con un promedio de 300 solicitudes de patentes según la figura 1c. En cuanto a la distribución de estas patentes concedidas en las diferentes jurisdicciones, destacan los Estados Unidos, la Unión Europea,

Australia, China, Corea del Sur, Rusia y Japón. También es interesante notar que la tasa de conversión de solicitudes de patentes en patentes concedidas es del 32%.

En la figura 1e, se presenta a las principales empresas que han optado por solicitar patentes en esta área particular. Es interesante notar que, en este contexto, resalta la presencia destacada de Intermune Inc., una empresa estadounidense de biotecnología que ha decidido invertir sus recursos en el desarrollo de tratamientos destinados a abordar las complejas cuestiones relacionadas con las enfermedades pulmonares y hepáticas. Este enfoque empresarial refleja la importancia de la propiedad intelectual y la innovación en la búsqueda de soluciones a desafíos de salud tan apremiantes. Además, subraya cómo la competencia y la búsqueda de oportunidades en el mercado pueden impulsar a las empresas a liderar en la creación de avances médicos que beneficien a la sociedad en su conjunto.

La figura 1f revela una tendencia general de crecimiento en las características de las patentes a lo largo del tiempo. Se observa un aumento significativo en varios indicadores clave. El número total de citas a patentes de otros países, así como el número total de subgrupos de la Clasificación Internacional de Patentes (IPC) y de la Clasificación Cooperativa de Patentes (CPC), han experimentado un crecimiento notable. Aunque de manera más moderada, también se ha registrado un aumento en el número total de solicitantes de patentes y en el número total de inventores. Además, tanto el tamaño de la familia de patentes extendida como el tamaño de la familia de patentes simples han mantenido un crecimiento constante. Destaca el aumento significativo en el número total de citas a patentes posteriores en los últimos años.

Estos hallazgos muestran una clara tendencia hacia el incremento de la innovación tecnológica con el paso del tiempo. Empresas e inventores están patentando un mayor número de invenciones, las cuales tienden a ser más complejas y tienen un alcance más amplio en términos de su influencia. Asimismo, el hecho de que las patentes estén siendo citadas con mayor frecuencia por otras patentes sugiere que desempeñan un papel más relevante en el progreso tecnológico y en la consolidación del conocimiento en diversos campos. Esta dinámica refleja la importancia de la propiedad intelectual en el fomento de la innovación y la competencia en el ámbito tecnológico.



El análisis de patentes relacionadas con el coronavirus muestra la correlación entre la propiedad intelectual y la innovación en el contexto de la Covid-19. Sin embargo, es imperativo enfocarse en los aspectos que emergen de este estudio, los cuales plantean preocupaciones cruciales desde una perspectiva crítica al neoliberalismo.

En primer lugar, el análisis subraya la relevancia de la propiedad intelectual, pero no se puede pasar por alto la amenaza de la monopolización del conocimiento. El sistema de patentes a menudo permite a empresas farmacéuticas ejercer un control desmedido sobre precios y acceso a productos cruciales, lo que conlleva dilemas éticos sobre priorizar ganancias por encima de la salud pública.

En segundo lugar, a pesar de los avances tecnológicos destacados, es esencial resaltar las desigualdades en el acceso a tratamientos y vacunas relacionados con el coronavirus. Las empresas farmacéuticas suelen centrarse en los mercados más rentables, dejando a las poblaciones más vulnerables sin acceso a tratamientos esenciales.

En el contexto actual de la pandemia de Covid-19, es importante abordar el riesgo de que la investigación y desarrollo se centren en exceso en productos farmacéuticos y tratamientos médicos altamente rentables. Este enfoque puede llevar a la falta de inversión en áreas de investigación menos lucrativas, lo que a su vez podría perjudicar la capacidad de la sociedad para abordar de manera efectiva y sostenible los desafíos de salud pública a largo plazo.

Por otro lado, la dependencia de grandes corporaciones, como se ilustra con la presencia de una empresa de biotecnología estadounidense en el análisis, plantea inquietudes sobre la concentración de poder en manos de unas pocas empresas. Esto podría limitar la competencia y la diversidad de enfoques en la búsqueda de soluciones médicas.

El análisis revela que durante la pandemia de la Covid-19, varios fabricantes de productos que no se consideran críticos para situaciones de crisis (denominados "productos no críticos para crisis" o "productos CC") incursionaron en sectores esenciales durante una crisis (conocidos como "sectores críticos para crisis" o "sectores CC"). En estos sectores críticos, empresas previamente involucradas en el desarrollo, producción y suministro de productos esenciales en tiempos de crisis (referidos como "productos críticos para crisis" o

"productos CC") antes de la pandemia se encontraron con capacidades de producción insuficientes para satisfacer la enorme demanda en un momento crítico. Esto resultó en una escasez de suministro para los clientes.

Para abordar esta escasez de productos CC, empresas originarias de sectores que no se consideran críticos para situaciones de crisis, como la impresión 3D, la industria automotriz, la aeroespacial, los electrodomésticos, la moda y los artículos de lujo, se movilizaron rápidamente hacia los sectores CC. Su objetivo era contribuir a superar la falta de suministro de productos esenciales durante la pandemia.

La Ilustración 1 proporciona una perspectiva general de las consideraciones relacionadas con la propiedad intelectual en el contexto de la Covid-19, resaltando (i) las acciones dirigidas a prevenir la propagación de la enfermedad y el desarrollo de vacunas para evitar futuros brotes; (ii) el proceso de diagnóstico, que comprende tanto pruebas realizadas por profesionales de la salud como autoevaluaciones; y (iii) el tratamiento, que engloba no sólo la creación de medicamentos específicos, sino también la gestión de los síntomas y la disponibilidad de equipamiento médico crítico para el cuidado de pacientes, como ventiladores y camas de cuidados intensivos.

La familia de virus conocida como coronavirus incluye el SARS-CoV-2, el causante de la Covid-19, y aunque existe protección de propiedad intelectual para diversas formas de coronavirus, el SARS-CoV-2 en particular carece de dicha protección. Este vacío legal se evidencia en un retraso entre el surgimiento del brote y la concesión de patentes, junto con un alto número de referencias a literatura científica en lugar de patentes, lo que subraya la necesidad de compartir información en el dominio público de manera más oportuna.

La urgencia que caracteriza el abordaje de pandemias a menudo desvía la atención de los tomadores de decisiones hacia desafíos inmediatos y enormes. Sin embargo, este análisis subraya que la propiedad intelectual debe considerarse tempranamente durante una pandemia para evitar retrasos que puedan obstaculizar la movilización de recursos críticos necesarios para la investigación, desarrollo y producción masiva de productos esenciales.

Este análisis resalta la importancia de la propiedad intelectual y la innovación en la lucha contra la pandemia de la Covid-19. No obstante, también pone de relieve aspectos

cruciales vinculados a la equidad en el acceso a la atención médica, la concentración de poder en grandes empresas y la posibilidad de que el sistema de patentes priorice las ganancias sobre el bienestar público. Estos aspectos deben ser considerados críticamente para garantizar que la innovación tecnológica beneficie a toda la sociedad en lugar de favorecer únicamente a intereses privados.

Las patentes relacionadas con nanotecnología en vacunas son cruciales, ya que representan avances significativos en la eficacia y administración de tratamientos médicos. Estas innovaciones tienen el potencial de transformar la salud pública, especialmente en el contexto de enfermedades infecciosas globales. Sin embargo, su análisis también revela profundas desigualdades en la distribución y acceso a estas tecnologías avanzadas, lo que plantea serios desafíos para la equidad global en salud.

El análisis de patentes realizado a través de Google Patents se centró en identificar innovaciones clave en el campo de las vacunas con nanotecnología. Se seleccionaron estas patentes debido a su relevancia en la mejora de la eficacia y administración de vacunas, así como por su potencial impacto en la salud global.

La patente US9539210B2 describe una plataforma tecnológica que utiliza nanotecnología para mejorar la eficacia y administración de vacunas. Aunque esta innovación ofrece mejoras significativas, está impulsada por intereses económicos dominantes, lo que restringe su accesibilidad en regiones periféricas (Ulrich et al., 2013).

La patente US9492525 se enfoca en mejorar la entrega de antígenos para combatir el virus sincitial respiratorio mediante nanopartículas. Estas soluciones, diseñadas para optimizar la salud pública, no son accesibles universalmente. Los principales beneficiarios son los mercados que pueden costear las últimas innovaciones, mientras que las poblaciones de los países periféricos, que podrían beneficiarse enormemente, carecen de acceso a estas tecnologías (Baker et al., 2016).

Las patentes US10874737B2, que se centra en composiciones proteicas sensibles a las condiciones ambientales, y US10206996B2, que se enfoca en el uso de nanopartículas para presentar antígenos de manera más eficaz al sistema inmunológico, potenciando así la respuesta inmune, demuestran mejoras en la estabilidad y eficacia de las vacunas,

beneficiando principalmente a poblaciones en áreas con acceso a tecnologías de punta. Aunque estas mejoras son cruciales, su implementación en países con infraestructura limitada sigue siendo un desafío (Baker et al., 2019; Legge et al., 2020).

La patente CN112220919A destaca el uso de óxido de grafeno en vacunas desarrolladas durante la pandemia de Covid-19. Este avance promete mejorar significativamente la eficacia de las intervenciones médicas, pero también plantea serias interrogantes sobre la distribución equitativa de estos beneficios. Las políticas actuales no aseguran que las innovaciones en nanotecnología lleguen de manera justa a todas las regiones del mundo (Cui et al., 2021).

En conclusión, las patentes relacionadas con nanotecnología en vacunas, las innovaciones y las dinámicas económicas representan avances notables en la medicina moderna, pero también evidencian una disparidad significativa en la distribución y accesibilidad global.

#### **4.3 Desarrollo desigual en las vacunas con nanotecnología**

El desarrollo desigual de las vacunas con nanotecnología en el contexto de la Covid-19 pone de manifiesto las limitaciones y desafíos inherentes al enfoque neoliberal en la atención de la salud y la gestión de crisis globales. En medio de una pandemia que ha afectado a millones de personas en todo el mundo, la lógica de mercado ha predominado sobre la equidad y la solidaridad, agravando las disparidades en la distribución y el acceso a las vacunas.

Previo a esta crisis sanitaria, algunos académicos acuñaron el término "epidemias neoliberales", sustentando la idea de que la salud puede ser mejor interpretada como un resultado directo de la dispar distribución del poder y los recursos. En distintos lugares, las políticas económicas y sociales de orientación neoliberal han acentuado las inequidades en materia de salud y, en ocasiones, han menoscabado los avances previos en el bienestar de las personas. Estos efectos están asociados con un conjunto de factores interconectados que se propagan ágilmente en el espacio y el tiempo, al punto de considerarse una epidemia si fueran patógenos identificables (Schrecker & Bamba, 2015).

En un enfoque análogo, se ha formulado la categorización de la Covid-19 como una "sindemia" en la investigación de la salud global, con un énfasis particular en su solapamiento con otras enfermedades que generan una carga significativa para las poblaciones. Hasta la fecha, no se ha establecido de manera explícita una vinculación entre la sindemia de la Covid-19 y el concepto preexistente del "neoliberalismo viral", que ha sido objeto de definición y análisis durante un período sustancial (Courtin & Vineis, 2021).

La idea de la sindemia, introducida por Merrill Singer en la última etapa de los años noventa, tuvo como propósito inicial la articulación de los conceptos de comorbilidad e interacción para una mejor comprensión del fenómeno de la pandemia de VIH/sida. En su origen, este enfoque teórico se planteó con el fin de elucidar las diferencias en la exposición y riesgo al VIH que se observaban en diversas comunidades, particularmente en grupos afectados por trastornos relacionados con el consumo de sustancias, quienes también habían experimentado situaciones de exposición a la violencia. En una etapa posterior, se aplicó el enfoque sindémico para abordar las intrincadas relaciones entre la comorbilidad, la depresión y la diabetes, así como la interacción entre la inmigración y la violencia en la ciudad de Chicago, Estados Unidos (Singer M., 1996).

Más recientemente, la teoría de la sindemia ha emergido como una fuente de propuestas innovadoras para abordar situaciones humanitarias complejas, procurando evitar la multiplicación de resultados adversos en los indicadores relevantes de protección y promoción de la salud durante crisis sanitarias (Kohrt & Carruth, 2022).

El propósito de este apartado consiste en enriquecer el debate científico de escasa prominencia sobre la sindemia neoliberal entre los académicos de la salud pública y global, al demostrar la correlación entre la Covid-19 y la influencia del neoliberalismo desde distintas perspectivas. Esta relación se refleja en el intento de hacer comprensibles a los profesionales no médicos ante las irregularidades de algunas medidas tomadas en respuesta a la Covid-19.

El desafío de mejorar la accesibilidad a las vacunas contra la Covid-19, dada la limitada disponibilidad inicial y actual, ha llevado a los responsables de las políticas nacionales a establecer criterios de elegibilidad y priorización de acceso (Holst, 2023). Sin

embargo, a pesar de estos esfuerzos, las principales empresas farmacéuticas han priorizado sus intereses financieros en lugar del bienestar público (OMC, 2020).

Adicionalmente, las restricciones impuestas por el sistema de propiedad intelectual y las patentes han obstaculizado la transferencia de conocimiento y la capacidad de producción local en países con recursos limitados (Kovac & Rakovec, 2022).

La falta de una coordinación global efectiva y de un liderazgo unificado en la distribución de vacunas ha agravado las desigualdades. Las naciones ricas han acumulado excedentes de dosis, mientras que muchas naciones periféricas apenas han recibido una fracción de lo necesario para proteger a sus poblaciones (Becerra Ramírez, 2023). Esto no sólo es moralmente cuestionable, sino que también representa un riesgo para la salud mundial, ya que la falta de acceso a las vacunas prolonga la pandemia y aumenta la probabilidad de la aparición de nuevas variantes del virus.

El enfoque neoliberal ha contribuido a la falta de inversión en investigación y desarrollo de vacunas para enfermedades infecciosas emergentes antes de la pandemia. Las empresas farmacéuticas tienden a centrarse en áreas de alta rentabilidad en lugar de abordar problemas de salud pública, dejándonos mal preparados para enfrentar crisis como la Covid-19 (Halabi et al., 2019).

En conclusión, el desarrollo desigual de vacunas con nanotecnología en el contexto de la Covid-19 resalta los fallos del neoliberalismo en la atención de la salud global. La lógica de mercado, las restricciones de propiedad intelectual y la falta de cooperación global han contribuido a la distribución desigual de las vacunas, dejando a las naciones periféricas en una posición vulnerable. Es fundamental repensar nuestro enfoque en la salud pública y reconocer que la equidad y la colaboración global son esenciales para abordar las amenazas a la salud que enfrentamos como sociedad. La Covid-19 ha demostrado que la seguridad de un país está interconectada con la de todos los demás.

### 4.3.1 Distribución, producción y comercialización de vacunas con nanotecnología contra la Covid-19

Para comprender el panorama de la distribución geográfica de las vacunas con nanotecnología contra la Covid-19 y los desafíos que enfrenta, es fundamental conocer las empresas que han otorgado licencias para el desarrollo de estas vacunas. Esta información es crucial, ya que las decisiones y políticas de estas empresas impactan directamente la disponibilidad y accesibilidad de las vacunas en diferentes regiones del mundo.

*Tabla 11 Empresas que han otorgado licencias para el desarrollo de vacunas Covid-19*

<b>Empresa</b>	<b>Número de países</b>	<b>Países</b>	<b>Ganancia</b>
Pfizer/BioNTech	>20	Argentina, Australia, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, Corea del Sur, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Estados Unidos, Guatemala, Honduras, India, Israel, México, Perú, República Dominicana, Taiwán, Tailandia, Turquía, Uruguay	36.800 millones de dólares en 2021
			6.565 millones de dólares en 2022
Moderna	>20	Argentina, Australia, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, Corea del Sur, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Estados Unidos, Guatemala, Honduras, India, Israel, México, Perú, República Dominicana, Taiwán, Tailandia, Turquía, Uruguay	19.200 millones de dólares en 2021
			4.900 millones de dólares en 2022
AstraZeneca/Oxford	>40	Argentina, Australia, Bangladesh, Bélgica, Brasil, Bulgaria, Canadá, Chile, China, Colombia, Corea del Sur, Costa Rica, Croacia, Ecuador, El Salvador, Egipto, Emiratos Árabes Unidos, Estados Unidos, Filipinas, Francia, Alemania, Grecia, Guatemala, Hungría, India, Indonesia, Irlanda, Israel, Italia, Jamaica, Japón, Jordania, Kenia, Kuwait, Líbano, Malasia, México, Myanmar, Nepal, Países Bajos, Pakistán, Perú, Polonia, Portugal, República Checa, República Dominicana, Rumanía, Rusia, Arabia Saudita, Singapur, Eslovaquia, Eslovenia, Sudáfrica, España, Sri	2.100 millones de dólares en 2021
			1.000 millones de dólares

		Lanka, Suecia, Suiza, Taiwán, Tailandia, Turquía, Ucrania, Vietnam	
Johnson & Johnson	>20	Argentina, Australia, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, Corea del Sur, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Estados Unidos, Guatemala, Honduras, India, Israel, México, Perú, República Dominicana, Taiwán, Tailandia, Turquía, Uruguay	2.385 millones de dólares en 2021
			1.500 millones de dólares
Sinovac	>20	Argentina, Bangladesh, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, India, Indonesia, Irak, Israel, México, Perú, República Dominicana, Taiwán, Tailandia, Turquía, Uruguay	1.200 millones de dólares
			500 millones de dólares
Bharat Biotech	>20	Argentina, Bangladesh, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, India, Indonesia, Irak, Israel, México, Perú, República Dominicana, Taiwán, Tailandia, Turquía, Uruguay	800 millones de dólares
			300 millones de dólares
Novavax	>20	Argentina, Australia, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, Corea del Sur, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Estados Unidos, Guatemala, Honduras, India, Israel, México, Perú, República Dominicana, Taiwán, Tailandia, Turquía, Uruguay	3.000 millones de dólares
			1.500 millones de dólares
Sanofi/GSK	>20	Argentina, Australia, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Estados Unidos, Guatemala, Honduras, India, Israel, México, Perú, República Dominicana, Taiwán, Tailandia, Turquía, Uruguay	La vacuna aún está en desarrollo y recibió una autorización de uso de emergencia de la Agencia Europea en diciembre del 2022, por lo que no ha reportado sus ganancias hasta la fecha. Sin embargo, se espera que Sanofi y GSK



			<p>obtengan ganancias de entre 1.000 y 2.000 millones de dólares en 2023.</p>
--	--	--	---

Fuente Elaboración Propia con datos de Statista, 2023

La tabla 11 presenta un análisis de las ganancias obtenidas por las empresas farmacéuticas a través de la venta de licencias de vacunas contra la Covid-19, revelando información crítica sobre la equidad en el acceso global a la inmunización y la influencia de las corporaciones en la toma de decisiones políticas y los desafíos éticos derivados.

Es evidente que existe una marcada desigualdad en las ganancias entre las empresas. Pfizer/BioNTech y Moderna reportaron ganancias sustanciales en 2021, alcanzando cifras de 36 ,800 millones y 19 ,200 millones de dólares, respectivamente (Statista, 2023). Estas cifras superan significativamente a las de otras empresas como AstraZeneca/Oxford, Sinovac y Bharat Biotech. La disparidad refleja la concentración de poder y recursos en manos de unas pocas empresas farmacéuticas globales, lo que puede impactar directamente en las decisiones y políticas relacionadas con la distribución de las vacunas.

La distribución global de licencias muestra profundas desigualdades estructurales fomentadas por el sistema neoliberal. Los países centrales, encabezados por Estados Unidos, China, Japón, Alemania y el Reino Unido.

Naciones como Somalia, Sudán del Sur, Burundi, Níger y la República Centroafricana están ausentes en la distribución de licencias. Los pocos países periféricos que aparecen en la tabla recibieron pocas licencias para la administración de dosis de vacunas contra la Covid-19. Esto no es una coincidencia, sino un síntoma de un sistema global que favorece a los ya poderosos a expensas de los más vulnerables.

En la lista de países que han recibido licencias de las empresas farmacéuticas, naciones como Bangladesh, Egipto, Kenia, Nepal, Pakistán y Vietnam están presentes, pero con una representación mínima en comparación con la presencia de países centrales o de economías emergentes con mayores recursos (Paranjpe, 2021).

La desigual distribución global de licencias, un fenómeno que trasciende el mero "nivel de ingresos, educación y acceso a la tecnología", es un producto directo de políticas neoliberales que fomentan la dependencia económica y el colonialismo tecnológico (Bull & Robles Rivera, 2020).

Esta situación no sólo refleja desequilibrios económicos y tecnológicos, sino que también plantea preguntas éticas críticas sobre la responsabilidad de las empresas y los gobiernos en garantizar el bienestar y la salud de todos los seres humanos, más allá de las fronteras y las diferencias económicas. El escenario evidencia la necesidad urgente de reevaluar y transformar las políticas y sistemas que permiten y perpetúan tales desigualdades.

En este contexto, la importancia de la transparencia en la formulación de contratos y acuerdos entre las empresas farmacéuticas y los gobiernos se vuelve crítica. La información completa sobre los costos de producción, precios y acuerdos de licencia debe estar disponible públicamente para garantizar una toma de decisiones informada y para responsabilizar a las partes involucradas.

Para enfrentar efectivamente la raíz del problema de las desigualdades globales, es crucial replantear y desafiar los fundamentos del sistema neoliberal. Esto significa adoptar políticas que busquen una redistribución equitativa del poder y los recursos a nivel mundial, yendo más allá de las soluciones superficiales. Solo así podemos aspirar a cerrar la brecha en la distribución de licencias y avanzar hacia un desarrollo verdaderamente inclusivo y justo para todos.

Debe resaltarse la importancia de un papel más activo por parte de las instituciones internacionales en la regulación y supervisión de la distribución de vacunas. Estas entidades deben comprometerse a asegurar que las vacunas sean accesibles y asequibles para todos los países, sin distinción de su capacidad económica.

#### **4.3.2 Inversión en I+D de vacunas con nanotecnología contra la Covid-19 en México**

La gestión de la pandemia de la Covid-19 en México ha sido un tema de amplio debate. Por un lado, el país logró asegurar un suministro diverso de vacunas, colaborando con fabricantes

como Pfizer/BioNTech, AstraZeneca/Oxford y Sinovac. El gobierno mexicano comenzó a formalizar la adquisición de vacunas en octubre de 2020, asegurando el acceso a 198 millones de dosis de vacunas de AstraZeneca, Pfizer y CanSino a través del programa COVAX (Felix, 2022). La compra efectiva de estas vacunas se inició el 23 de diciembre de 2020 (detallado en la tabla 12), permitiendo que la campaña de vacunación arrancara el día siguiente, centrando sus esfuerzos iniciales en vacunar al personal médico de las instituciones de salud públicas.

*Tabla 12 Fechas clave en la adquisición de vacunas en México*

<b>Vacuna (Laboratorio)</b>	<b>Fecha de aprobación por autoridad nacional regulatoria</b>	<b>Fecha de primer arribo (dosis)</b>
Pfizer-BioNTech (Pfizer-BioNTech)	11 de diciembre del 2020	23 de diciembre 2020 (3 mil)
CoronaVac (Sinovac)	9 de febrero del 2021	20 de febrero 2021 (200 mil)
AstraZeneca-Oxford (AstraZeneca)	4 de enero del 2021	14 de febrero 2021 (870 mil)
Sputnik V (Centro Nacional de Investigación de Epidemiología y Microbiología Gamaleya)	2 de febrero 2021	22 de febrero 2021 (200 mil)
CanSino (CanSino)	9 de febrero del 2021	23 de marzo 2021 (956 mil)
Johnson&Johnson (Janssen)	27 de mayo 2021	15 de junio 2021 (1.3 millones)

*Fuente Elaboración Propia con datos del Gobierno de México*

Sin embargo, la respuesta inicial del gobierno fue criticada por su lentitud; un confinamiento nacional no se implementó hasta marzo de 2020, una vez que el virus ya había tomado fuerte presencia en el país. Además, las medidas de prevención y control fueron marcadas por la inconsistencia, generando confusión y una implementación desigual a lo largo del territorio

mexicano (Suárez et al., 2020). A esto se suma la crítica hacia la falta de transparencia en la gestión, especialmente en lo que respecta a la publicación oportuna de datos y la adquisición de vacunas.

El impacto de estas acciones y omisiones ha sido profundo. En términos de salud, la pandemia se ha cobrado más de 807,720 vidas según cifras registradas en el Informe de la Comisión Independiente de Investigación sobre la Pandemia de Covid-19 en México publicado en 2024, posicionando a la Covid-19 como la más letal en la historia mexicana y dejando además un rastro de problemas de salud a largo plazo (Sepúlveda et al., 2024). Económicamente, la crisis provocó una contracción de casi el 8.6% del PIB en 2020, la mayor desde hace 88 años, y exacerbó problemas de desempleo y pobreza. Socialmente, la pandemia ha aumentado el estrés y la ansiedad colectivos, además de la violencia doméstica y las desigualdades sociales (Saldivar, 2021).

El desarrollo de vacunas contra la Covid-19 en México ha sido una historia de desafíos, marcada por la desigualdad en el sistema global. El gobierno mexicano colaboró nacional e internacionalmente en la adquisición de vacunas y asignó más de 3,000 millones de pesos mexicanos para la investigación y desarrollo, pero esta cifra es modesta en comparación con las masivas inversiones de países centrales (Sánchez-Talanquer, 2021).

Durante 2021, México inició el desarrollo de una vacuna nacional, la Patria, bajo la supervisión del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología antes CONACyT. Esta iniciativa fue un esfuerzo colaborativo entre el sector público y privado, incluyendo la participación de la empresa Avimex (CONACyT, 2021). En abril de ese año, se anunció que Patria había superado las fases preclínicas y estaba lista para iniciar pruebas en humanos. La Cofepris validó la seguridad de la planta de producción y los primeros lotes de vacunas, y aprobó el diseño de la fase clínica 1 (Instituto de Salud para el Bienestar, 2021).

A pesar de los avances y colaboraciones con instituciones como Avimex, la UNAM, el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias y el IPN, es importante reconocer que la investigación y desarrollo central se llevaron a cabo en la Escuela de Medicina Icahn en Mount Sinai, Nueva York. CONAHCYT informó que la vacuna Patria, aprobada en mayo de 2023, sería un 800% menos costosa en comparación con otras vacunas (CONAHCYT, 2023). Sin embargo, esto no necesariamente indica un camino hacia la soberanía científica y la

independencia tecnológica en la producción de vacunas para México. La inversión fue mexicana, pero la dependencia en la experiencia y recursos extranjeros sigue siendo un factor que impide la autonomía científica y tecnológica del país.

La licencia exclusiva concedida a Avimex por parte de la Escuela de Medicina Icahn en Mount Sinai limita la distribución de la vacuna a otros países, lo que cuestiona la soberanía tecnológica. Aunque el CONAHCYT no detalla el costo de la vacuna Patria, es probable que su precio sea más elevado que las vacunas de empresas multinacionales, lo que podría limitar el acceso a sectores de menores ingresos (CONAHCYT, 2023).

La inversión de México en la vacuna Patria fue significativamente menor que la de países como Estados Unidos, China y el Reino Unido. Aunque México se ha comprometido a garantizar el acceso equitativo a las vacunas a través de la iniciativa COVAX, este esfuerzo se ve limitado por la desigual distribución de recursos a nivel global (Manriquez Roa et al., 2021).

Comparado con naciones más avanzadas, México ha tenido que adoptar una posición subordinada en un escenario dominado por potencias que controlan la tecnología, la producción y la distribución de vacunas. Aunque México ha colaborado como maquila y comenzó a vacunar antes que muchos países menos desarrollados, esta situación no debe ocultar las profundas desigualdades dentro del sistema global de salud.

La situación de México es emblemática de un "centro periférico" en el contexto internacional: mejor situado que algunos, pero aún lejos de la influencia y recursos de los países más desarrollados. Mientras que México ha mostrado proactividad en su enfoque hacia el desarrollo y distribución de vacunas contra Covid-19, su experiencia subraya la profunda desigualdad impulsada por el neoliberalismo en la inversión en investigación y desarrollo (Zonzensain Laiter, 2021). México, pese a sus esfuerzos, sigue navegando en un océano donde las corrientes están decididamente en contra de los países que no pertenecen al núcleo del poder económico y tecnológico global.

Al comparar a México con los 40 países que lideran la cobertura de vacunación, se hace evidente la disparidad en el acceso y la distribución de recursos. Estos países, mayormente ubicados en el epicentro del poder económico y tecnológico, han logrado

alcanzar y, en algunos casos, superar la meta de inmunidad de rebaño gracias a su capacidad de inversión y su influencia en la geopolítica de la salud. La agilidad con la que han desplegado sus campañas de vacunación contrasta marcadamente con las dificultades enfrentadas por México, donde los obstáculos no son solo de índole sanitaria, sino también reflejo de un sistema global que favorece a los más poderosos.

En la tabla 13 se muestra el listado con los 40 países con mayor cobertura en inoculación de las vacunas Covid-19 donde se puede observar el avance en la inversión en este campo.

*Tabla 13 40 países con mayor cobertura en inoculación contra la Covid-19*

<b>País</b>	<b>Porcentaje de población cubierta</b>	<b>Dosis aplicadas</b>
Portugal	98,3%	22,3 millones
España	96,2%	97,5 millones
Italia	94,8%	144,4 millones
Francia	94,5%	125,6 millones
Alemania	93,8%	121,2 millones
Reino Unido	93,6%	157,8 millones
Estados Unidos	86,4%	670,5 millones
Australia	85,2%	62,8 millones
Chile	84,5%	60,3 millones
Argentina	82,6%	105,5 millones
Israel	82,3%	49,8 millones
Canadá	82,1%	91,7 millones
Japón	78,3%	139,8 millones
Corea del Sur	77,8%	119,5 millones
Dinamarca	77,6%	21,7 millones
Finlandia	77,5%	10,4 millones
Suecia	77,4%	14,9 millones
Noruega	77,3%	5,4 millones
Nueva Zelanda	76,9%	6,2 millones
Austria	76,8%	22,3 millones
Grecia	76,6%	10,9 millones

Hungría	76,5%	13,7 millones
República Checa	76,4%	10,7 millones
Eslovaquia	76,3%	5,5 millones
Eslovenia	76,2%	2,1 millones
Malta	76,1%	0,5 millones
Chipre	76%	0,8 millones
Irlanda	75,9%	5,2 millones
Estonia	75,8%	1,3 millones
Letonia	75,7%	2,7 millones
Lituania	75,6%	2,8 millones
Luxemburgo	75,5%	0,6 millones

*Fuente Elaboración Propia con datos de Our World in Data, 2023*

La tabla 13 ofrece un panorama revelador sobre las disparidades globales en el acceso a la salud. Se evidencia cómo los países con mayores recursos económicos y tecnológicos han alcanzado una cobertura de vacunación significativamente mayor en comparación con los países periféricos.

Las consecuencias de esta desigualdad son multifacéticas y preocupantes. El riesgo de propagación del virus se mantiene elevado en aquellos países donde la inmunidad de rebaño sigue siendo un objetivo distante. Además, la persistencia del virus en ciertas regiones puede originar nuevas variantes capaces de evadir la protección de las vacunas existentes, amenazando incluso a poblaciones ya inmunizadas.

Mientras que las naciones centrales vislumbran una recuperación económica y el retorno a la normalidad, muchas naciones periféricas continúan enfrentando los efectos devastadores de la pandemia en la salud, la economía y la cohesión social.

Para abordar este desafío global, es fundamental que los países centrales adopten un enfoque solidario y equitativo. Además de donaciones de vacunas y asistencia técnica, se requiere una reevaluación de las estructuras y políticas internacionales que perpetúan estas desigualdades. En un mundo interconectado, la salud de una nación depende de la salud de

todas. La pandemia de la Covid-19 es un llamado a reconstruir un sistema global más justo y equitativo.

En este contexto, la situación de México es emblemática de las limitaciones enfrentadas por muchos países periféricos. La falta de inversión en investigación y desarrollo, especialmente en tecnologías emergentes como las vacunas con nanotecnología, ha limitado su capacidad de respuesta efectiva a la pandemia y lo coloca en desventaja ante futuras crisis sanitarias.

En conclusión, las disparidades en la distribución de las vacunas y la gestión de la pandemia revelan una cuestión subyacente más grave: la inequidad en la inversión en investigación y desarrollo. Para México y naciones en circunstancias parecidas, es fundamental no sólo abogar por un acceso justo a las vacunas, sino también por una participación más inclusiva y representativa en la innovación y el progreso tecnológico. A largo plazo, esto no sólo es vital para afrontar la emergencia sanitaria actual, sino también para forjar una autonomía científica y tecnológica genuina y duradera.

México se encuentra en una posición periférica dentro de la cadena de valor global del desarrollo de vacunas con nanotecnología, enfrentando limitaciones significativas en términos de inversión, infraestructura y capacidad tecnológica para la I+D en este campo avanzado. A pesar de los esfuerzos por participar en proyectos internacionales y desarrollar capacidades internas, como la iniciativa de la vacuna Patria, la realidad es que el país navega en un contexto global dominado por potencias económicas y tecnológicas que controlan los recursos críticos y la producción de vacunas. Esta posición subordinada refleja un sistema internacional que favorece a los países centrales, relegando a México y a otras naciones en desarrollo a roles de consumidores más que de productores en la innovación de salud pública.

#### **4.4 Transferencia tecnológica y el desarrollo de vacunas con nanotecnología en México**

La transferencia tecnológica en México ha sido un factor determinante en el avance y la disponibilidad de vacunas con nanotecnología. La capacidad para desarrollar y absorber dicha tecnología ha presentado numerosos retos. Las disparidades en investigación y



desarrollo local han limitado la velocidad a la que México puede integrar y aprovechar estas innovaciones, destacando la importancia de fortalecer las instituciones y capacidades nacionales para no depender exclusivamente de la tecnología foránea.

La falta de inversión sostenida en ciencia y tecnología ha generado un vacío en el sector de investigación mexicano, impactando negativamente en su competitividad internacional. Las naciones líderes en el desarrollo de vacunas con nanotecnología han invertido proporciones significativas de su PIB en I+D, mientras que México ha mantenido niveles comparativamente bajos de financiación, lo que evidencia la necesidad de reevaluar las prioridades fiscales y de inversión a largo plazo.

El Gobierno Mexicano ha delineado en su propuesta de Ley de Presupuesto para el año 2023 un plan para incrementar la asignación financiera al ámbito de la Ciencia y Tecnología, proyectando un aumento del 13% en comparación con los fondos designados en 2022. No obstante, esta ampliación presupuestaria es insuficiente. Cuando se contrasta este presupuesto con el tamaño del PIB del país, se observa que el gasto en ciencia y tecnología para el próximo año apenas sube un 0.03%, situándose en 0.36% del PIB, cifra que aún está lejos del ideal 1% estipulado por la legislación vigente (Periferia, 2022).

En este contexto, Estados Unidos ha invertido miles de millones de dólares, anunciando esfuerzos significativos a través del Departamento de Defensa y la DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) para combatir enfermedades como la Covid-19, el SIDA y el cáncer. Antes del brote de la pandemia, una parte sustancial de la inversión federal estaba dirigida a la ciencia básica y aplicada en la tecnología de vacunas de ARNm, señalando un interés estratégico en el fortalecimiento de las bases científicas para una rápida movilización en caso de una crisis sanitaria. Esta visión anticipada se tradujo en la asignación de 116 millones de dólares a la investigación básica y traslacional por parte de los NIH (National Institutes of Health), y una inversión considerable por la BARDA (Biomedical Advanced Research and Development Authority) y el Departamento de Defensa para el desarrollo de vacunas. La pandemia de Covid-19 catalizó un vertiginoso aumento de fondos, con 29, 200 millones de dólares empleados para la adquisición de vacunas post-desarrollo, evidenciando la escalada de la inversión pública en respuesta a una crisis sin precedentes (Lalani et al., 2023).

El resto de los fondos se distribuyó en apoyo a ensayos clínicos y en el apoyo a la fabricación y desarrollo continuo de la ciencia básica y traslacional. Menos del 1% de los fondos se dedicó a estos últimos aspectos tras el inicio de la pandemia, lo cual podría interpretarse como una desproporción en la asignación de recursos, posiblemente reflejando una urgencia de respuesta inmediata sobre la inversión en investigación a largo plazo. Este desequilibrio subraya la complejidad de gestionar las inversiones en salud pública, equilibrando la necesidad de respuestas rápidas ante emergencias con la importancia del desarrollo científico sostenido.

Paralelamente, China ha asignado una inversión masiva para la investigación y desarrollo en el mismo campo, con empresas como CanSino Biologics a la vanguardia en el uso de virus inactivados como vectores (BBC, 2021). La Unión Europea no se queda atrás, habiendo destinado fondos importantes para el desarrollo de vacunas con nanotecnología, mientras que BioNTech lidera con su investigación en vacunas de ARNm. A estos esfuerzos se suman Japón, India y Corea del Sur, ampliando el panorama global de la investigación en nanotecnología aplicada a la salud (Khurana et al., 2021).

Estos avances financieros y científicos están dando paso a un número creciente de ensayos clínicos, con esperanzas puestas en la eficacia a corto y largo plazo de las vacunas con nanotecnología contra una lista creciente de padecimientos. Sin embargo, la complejidad de la fabricación y los interrogantes sobre la durabilidad de la protección que ofrecen siguen presentes, planteando desafíos significativos en la práctica médica y la producción a escala. A pesar de estos retos, el empeño puesto en las vacunas con nanotecnología refleja un compromiso con la evolución de las estrategias preventivas y terapéuticas que podrían cambiar el enfoque actual de la medicina en la prevención y tratamiento de enfermedades.

El caso de las vacunas con nanotecnología es un claro ejemplo de cómo las alianzas estratégicas entre universidades, empresas y el gobierno pueden acelerar la innovación y la producción local. No obstante, en México, estas colaboraciones a menudo se ven obstaculizadas por burocracias y la falta de marcos regulatorios que faciliten una cooperación efectiva. Esto subraya la necesidad de revisar y actualizar las políticas públicas para promover una mayor sinergia entre los actores del sistema nacional de innovación.

La transferencia de tecnología internacional hacia México, aunque vital, ha expuesto la dependencia del país en el conocimiento externo y ha revelado la necesidad de fomentar una cultura de investigación y desarrollo endógeno. Esta dependencia puede tener efectos a largo plazo en la soberanía tecnológica del país y en su capacidad para responder a crisis sanitarias, como lo demostró la pandemia de la Covid-19.

La evaluación de las publicaciones académicas pertinentes y el examen del panorama actual de la ciencia, tecnología e innovación (CTI) en México revelan una marcada discrepancia entre la generación de nuevo conocimiento y su ulterior conversión en aplicaciones prácticas. A pesar de la existencia de esfuerzos destacados en el ámbito de la transferencia de tecnología por instituciones de renombre y Centros Públicos de Investigación (CPI) como la UNAM, el IPN y la UAM, predomina en el conjunto de universidades del país una tendencia histórica hacia la formación de talento humano más que hacia la inserción activa en los procesos de desarrollo industrial y económico nacional. Aunque es innegable que la investigación de calidad se lleva a cabo en las universidades públicas mexicanas, se observa que los laboratorios se enfocan preponderantemente en la investigación fundamental sin atender a las demandas concretas del entorno mexicano. Esto resulta que muchas de las investigaciones no trascienden el espacio académico para generar un impacto significativo en la sociedad mexicana (Ávila Robinson, 2020).

En México, la orientación predominante de las políticas y herramientas en el ámbito de la ciencia, tecnología e innovación ha sido tradicionalmente promover el avance del conocimiento científico. No obstante, la estimulación de la transferencia de tecnología y el impulso de habilidades para la asimilación e innovación interna han recibido menor énfasis.

Históricamente, los esfuerzos para mejorar la productividad a través del apoyo a la actualización tecnológica y la transferencia han dependido en gran medida de la adquisición de tecnología avanzada, destinada a solucionar problemas inmediatos más que a desarrollar el conocimiento científico y técnico de base (Crossa, 2023). Esta práctica, centrada en objetivos de absorción y mejora a corto plazo, propicia una tendencia al "incrementalismo", perpetuando un ciclo de actualizaciones tecnológicas basadas en imitación y en la errónea percepción de la tecnología como un ente inmutable, lo que a la larga puede limitar el crecimiento y la verdadera innovación en el tejido productivo nacional.

Los programas gubernamentales actuales han intentado abordar estas brechas, pero enfrentan el desafío de convertir la inversión en resultados tangibles. La efectividad de estos programas se ve comprometida por la volatilidad política y los cambios en las administraciones, que a menudo resultan en una falta de continuidad en las políticas de ciencia y tecnología.

Además, la infraestructura científica de México para el desarrollo de vacunas es insuficiente si se compara con los estándares internacionales. Los laboratorios y centros de investigación enfrentan restricciones en cuanto a financiación, equipamiento y personal calificado. Esto no sólo dificulta el desarrollo de vacunas, sino que también impide la participación de México en la carrera global por la seguridad sanitaria.

La colaboración entre el sector público y el sector privado para atender a las demandas de salud tiene una larga historia. Dichas asociaciones han ganado terreno en diversos países a raíz de las reformas de corte neoliberal. En el contexto mexicano, el dominio del sector público en los servicios de salud fue notable hasta la década de los ochenta; sin embargo, con el advenimiento del siglo XXI, se ha percibido un incremento notable en el rol del sector privado en la oferta de servicios de salud públicos (Tamez et al., 2016b).

El escenario actual de México en el campo de la biotecnología y, en particular, en la fabricación de vacunas para la Covid-19, refleja una dinámica que subraya una dependencia estructural en tecnología foránea. A pesar de la aparente ventaja de acoger tecnologías de punta mediante la cooperación con entidades internacionales, como la alianza entre el INMEGEN y Pfizer para el desarrollo de la vacuna de ARNm, este modelo ha encauzado a México hacia una posición de ensamblador más que de innovador (Guzmán & Pérez, 2021).

El modelo de importación de licencias para la producción local de vacunas, lejos de constituir un avance autónomo, ha reforzado la posición subordinada de México en la economía global, convirtiendo su producción en una extensión de las corporaciones farmacéuticas internacionales, en lugar de fomentar una industria endógena con capacidad investigativa y desarrollo independiente.

La inversión extranjera directa en el sector de la biotecnología, aunque atrae el know-how tecnológico y el capital necesario, ha llevado a México a un ciclo de dependencia, donde

la innovación local se ve limitada y relegada a un segundo plano. Los trabajos creados bajo este esquema tienden a ser de naturaleza operativa y técnica más que científica y creativa, diluyendo así el potencial de desarrollo científico del país.

El camino que México ha seguido en la adquisición de tecnologías farmacéuticas resalta la fragilidad de su autonomía tecnológica, la cual se manifiesta en la escasez de personal calificado y en una reticencia institucional a adoptar prácticas que rompan con la inercia de su papel como intermediario y no como líder innovador.

La realidad detrás del avance tecnológico en el ámbito de la biotecnología y producción de vacunas es que México se ha consolidado como una maquiladora de soluciones de salud en lugar de capitalizar y aprovechar estas oportunidades para robustecer su sector científico y tecnológico, asegurando así un futuro de autosuficiencia y liderazgo en investigación y desarrollo a nivel internacional.

#### **4.4.1 Factores históricos y estructurales y la construcción tecnológica soberana en México**

Para entender la construcción de una plataforma tecnológica soberana en México, es crucial analizar los factores históricos y estructurales que han obstaculizado su desarrollo. Este análisis es esencial para comprender cómo el país puede trazar un camino hacia la autosuficiencia tecnológica, fundamental para su autonomía y competitividad global.

El primer factor que se debe considerar es la historia colonial de México, que estableció un patrón de dependencia tecnológica y económica desde su inserción en la economía mundial (Martínez López, 2012). Las prácticas extractivas no sólo drenaron los recursos naturales del país, sino que también inhibieron el desarrollo de capacidades locales en ciencia y tecnología, relegando a México a un papel periférico en el orden mundial (Aroa de la Fuente et al., 2016).

La Revolución Industrial, un periodo de transformación económica que se originó en Europa y se expandió a Estados Unidos, no replicó su impulso ni sus beneficios de manera simétrica a nivel global. En el caso de México, este periodo de cambio se introdujo con un retraso significativo, y cuando lo hizo, su alcance fue notablemente más restringido que en

las naciones que lideraron este cambio (Rosas Sánchez, 1975). Este retraso y limitación en la adopción de procesos industriales y tecnológicos modificaron profundamente el tejido económico y social de aquellos países que lo aprovecharon a tiempo, otorgando a las naciones pioneras una ventaja competitiva de largo plazo en la economía global.

El papel de México durante esta era de progreso se caracterizó más por ser un observador y receptor de innovaciones foráneas que un participante activo en su creación. Los países europeos y Estados Unidos se convirtieron en los epicentros de la innovación tecnológica, controlando el flujo y la dirección de los desarrollos tecnológicos. En consecuencia, México adoptó una posición marginal en este proceso global de modernización y progreso tecnológico. La adopción de tecnología en México siguió un modelo imitativo, importando tecnologías ya desarrolladas en vez de fomentar un ambiente interno para la generación de innovaciones propias (González et al., 2021).

La dinámica imitativa tuvo repercusiones profundas en la estructura económica del país, limitando el potencial de México para desarrollar su propia base industrial con un alto grado de valor agregado y, por extensión, una clase empresarial y obrera capacitada en la creación y mantenimiento de tecnologías avanzadas. En lugar de desarrollar industrias líderes en innovación que pudieran competir en mercados internacionales, México se vio a menudo relegado a la producción y ensamble de productos diseñados en el extranjero, lo que reforzó la dependencia tecnológica y limitó la capacidad de México para dictar su propio rumbo económico y tecnológico.

En el siglo XX, la Revolución Mexicana propició una oportunidad para redefinir la dirección económica y tecnológica del país. Sin embargo, los cambios revolucionarios dieron paso a una modernización industrial que no pudo desvincularse del modelo extractivista ni favorecer una verdadera transformación productiva y tecnológica (Viesca, 2004).

Las administraciones que siguieron al periodo revolucionario se esforzaron por fomentar el avance científico y tecnológico, creando centros de enseñanza superior y academias para promover el estudio y la investigación en diversos campos (Saladino, 2015). No obstante, la dependencia tecnológica impidió la diversificación económica y la creación de empleos de alta calificación, postergando el desarrollo de un sistema nacional de innovación que pudiera sustentar una economía basada en el conocimiento. Como resultado,

la ventana de oportunidad para que México se colocara a la vanguardia del progreso industrial se cerró rápidamente, dejando un legado de desafíos que aún resuenan en su estructura económica y productiva actual.

Además, la insuficiencia de inversión en educación y formación técnica en México ha dejado una brecha significativa en su capital humano. Durante décadas, el gasto público en educación ha sido menor que el de otros países con economías comparables, y ha carecido de la orientación estratégica necesaria para preparar a los estudiantes para las demandas de un mercado laboral en constante evolución tecnológica (Ordaz, 2007).

La desconexión entre los sectores educativo y productivo ha generado un desfase entre la oferta de competencias y las demandas del mercado de trabajo. La falta de una planificación efectiva y colaborativa entre las instituciones educativas y las industrias ha llevado a que muchas empresas mexicanas enfrenten dificultades para encontrar personal cualificado en campos especializados, lo que frena su capacidad para innovar y competir internacionalmente (Valenzuela Sánchez et al., 2018).

La trayectoria económica de México, a menudo caracterizada por una preferencia hacia la agricultura, la extracción de minerales y la manufactura básica, ha marginalizado tradicionalmente a los sectores de I+D en ciencia y tecnología (Toche, 2021). Esta orientación ha llevado a políticas que han visto a la ciencia y la tecnología como áreas de interés menor, conduciendo a un ciclo de inversión errática y falta de continuidad en el apoyo gubernamental.

La relación entre esta tendencia histórica y la insuficiente formación técnica se refleja en el desajuste entre las políticas de desarrollo económico y la capacitación educativa. La falta de una visión a largo plazo que integre la educación y la tecnología como ejes de crecimiento económico ha limitado la producción de una masa crítica de investigadores y profesionales tecnológicamente capacitados (Toscano, 2023). Como consecuencia, el mismo sistema que ha descuidado la inversión en ciencia y tecnología ha sido el responsable de no proporcionar la educación avanzada necesaria para desarrollar un ecosistema de I+D robusto y autosuficiente.

En cuanto al modelo de industrialización mexicano, este ha priorizado la producción industrial encaminada a sustituir importaciones sin vincularla eficazmente a la innovación tecnológica. La consecuencia ha sido un sector industrial enfocado en la eficiencia de producción inmediata más que en la creación de valor a través de la tecnología (Laura Vázquez Maggio, 2017).

La inversión extranjera directa y la presencia de corporaciones multinacionales en México han proporcionado avances tecnológicos, pero no han estimulado consistentemente el desarrollo de un tejido tecnológico propio (Ayvar et al., 2016). Aunque la transferencia de tecnología ocurre, frecuentemente se traduce en una dependencia de conocimientos y procesos foráneos, dejando a un lado el potencial de creación de una base de conocimiento autónoma.

Además, la liberalización comercial, al enfocarse en la eficiencia inmediata de importaciones tecnológicas, ha frenado el desarrollo de capacidades internas en México. Aunque los acuerdos comerciales han abierto mercados, también han incrementado la dependencia de tecnologías foráneas (Senado de la República, 2020).

La política de propiedad intelectual es otro terreno complicado. Regida por estándares internacionales que no siempre consideran las particularidades de la periferia, puede limitar a los innovadores locales. Los desafíos para obtener patentes y la competencia con gigantes tecnológicos refuerzan las asimetrías en el poder de mercado y erigen barreras legales que desfavorecen a los innovadores mexicanos (Roffe et al., 2006).

La "fuga de talentos" en México refleja el desajuste entre la formación de talento y las oportunidades locales. La emigración de científicos y tecnólogos al extranjero subraya la urgencia de mejorar las condiciones para la investigación y el desarrollo tecnológico en el país, para así retener y aprovechar dicho talento en el fortalecimiento de una infraestructura tecnológica nacional (Ochoa Tinoco, 2005).

La trayectoria histórica de México en el desarrollo de su plataforma tecnológica ofrece una imagen reveladora de las consecuencias de políticas económicas centradas en la inmediata eficiencia del mercado y la competitividad internacional, en lugar de la construcción de capacidades endógenas y la promoción de la innovación autónoma. El país



se ha enfrentado a una serie de desafíos estructurales que han limitado su potencial tecnológico, desde una infraestructura fragmentada y políticas de inversión inadecuadas hasta la dinámica de una economía global que impone estándares y prácticas que no siempre se alinean con las necesidades y prioridades nacionales.

La experiencia mexicana ilustra cómo las decisiones estratégicas y los ajustes de políticas adoptados no han generado el impulso necesario para una independencia tecnológica. En lugar de ello, la persistencia de un modelo económico y político que subordina el desarrollo tecnológico a las fluctuantes exigencias del mercado global, la atracción de inversiones extranjeras, y la producción para exportación ha moldeado un paisaje donde la soberanía tecnológica parece una meta distante.

En suma, la exploración de la historia tecnológica de México no sólo es una lección sobre las oportunidades perdidas y los caminos no tomados, sino también un reflejo de una estructura económica y social que privilegia la integración a un sistema globalizado por encima del fortalecimiento interno. Esto evidencia que las políticas y estrategias actuales son reflejo y resultado de una lógica económica global que se reproduce y perpetúa a nivel local, cuestionando la viabilidad de un curso alternativo que ponga al país en la senda de la autonomía tecnológica y la innovación independiente.

## **Conclusiones**

En este capítulo, se han examinado los factores privados y públicos que conforman el desarrollo de vacunas con nanotecnología y se han discutido las complejidades éticas y de gobernanza que surgen de las alianzas público-privadas. La evidencia muestra que, aunque las alianzas entre sectores pueden promover avances rápidos y eficaces, también pueden generar desigualdades y control, destacando los dilemas de la gobernanza global en salud.

El análisis del sistema de patentes de las vacunas Covid-19 con nanotecnología ha revelado la tensión entre la innovación protegida y la necesidad de acceso público. El marco legal actual favorece a las economías dominantes y a sus conglomerados farmacéuticos, perpetuando la concentración de tecnología médica y las desigualdades en la distribución de estas herramientas esenciales para la salud pública. Esta centralización contribuye al

desarrollo y distribución desigual de vacunas con nanotecnología, exacerbando el intercambio desigual en la geopolítica sanitaria internacional.

El debate sobre el sistema de patentes de las vacunas con nanotecnología trasciende la propiedad intelectual para abordar las tensiones entre los monopolios de la salud y la equidad global. Las patentes, al proporcionar un periodo de exclusividad comercial a los inventores, se justifican a menudo como incentivos para la I+D. Sin embargo, este sistema puede limitar la disponibilidad de innovaciones médicas vitales, especialmente en momentos de urgencia sanitaria. Las firmas farmacéuticas líderes y los países centrales consolidan su dominio sobre las tecnologías emergentes, aprovechando su capacidad para navegar complejas redes legales y administrativas que garantizan la protección de su propiedad intelectual.

Esta asimetría es evidente cuando se consideran las dificultades para compartir información y tecnología con países que carecen de los recursos necesarios para desarrollar sus propias soluciones médicas. En la práctica, el régimen de patentes actual refuerza un panorama en el que las economías emergentes son principalmente consumidoras, en vez de productoras de innovación tecnológica. Los países menos desarrollados enfrentan la doble carga de no poder influir en el diseño y la producción de vacunas y depender de mecanismos internacionales de distribución que no siempre se alinean con sus necesidades específicas o urgencias. Este entorno desigual impide una respuesta rápida y eficaz en situaciones de crisis, demostrando que la arquitectura legal de la propiedad intelectual tiene implicaciones económicas, comerciales, éticas y humanitarias.

Se ha identificado cómo la geografía de la producción de vacunas con nanotecnología contra la Covid-19 amplifica las disparidades existentes, con naciones productoras acumulando capacidades y controlando los flujos del mercado global de vacunas. Por otro lado, países como México luchan por construir plataformas tecnológicas autónomas, afectados por factores históricos y estructurales que impiden el aprovechamiento completo de sus potenciales científicos y tecnológicos.

Asimismo, el presente capítulo ha demostrado que el desarrollo de vacunas con nanotecnología no es un campo de juego nivelado, sino un reflejo de un orden mundial que beneficia consistentemente a unos pocos a expensas de muchos. La tecnología y la ciencia,

en lugar de ser bienes comunes globales, se han convertido en otro estrato de acumulación de riqueza y poder, subrayando la urgencia de repensar los modelos actuales que rigen la salud y la medicina a nivel mundial. Las implicaciones de esta realidad son profundas, no sólo para la lucha contra la pandemia actual, sino también para el futuro de la justicia sanitaria y la soberanía tecnológica.

## **CAPÍTULO V. HACIA UN MODELO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA PARA LA DISTRIBUCIÓN EQUITATIVA DE LAS VACUNAS COVID-19**

El panorama global de la pandemia de la Covid-19 ha revelado no sólo la urgencia sanitaria, sino también una marcada inequidad en el acceso a soluciones médicas vitales. Este capítulo introduce un modelo de transferencia tecnológica para la distribución equitativa de vacunas, donde la nanotecnología emerge como una herramienta fundamental y el eje de un nuevo enfoque que reforma los procesos de distribución en México y a nivel global. Este modelo busca integrar avances tecnológicos y propone una reconfiguración de las cadenas de suministro y acceso a la salud desde una perspectiva que prioriza el bien común sobre los intereses de mercado.

Desarrollado en el contexto de un sistema global que históricamente ha favorecido a unos pocos mientras marginaba a muchos, el modelo aborda directamente las disparidades en las capacidades de innovación y producción tecnológica de los países. Este desequilibrio no sólo refleja diferencias en recursos económicos o infraestructura tecnológica, sino también decisiones políticas y económicas profundamente arraigadas en las estructuras de poder global, perpetuando un sistema de dependencia y limitada transferencia de tecnología.

Para abordar estas cuestiones, el modelo propuesto enfatiza la necesidad de fortalecer los mecanismos de cooperación internacional y fomentar alianzas entre el sector público y privado. El objetivo es crear un marco que permita una distribución más justa y efectiva de las vacunas, utilizando la nanotecnología para superar los obstáculos actuales en la distribución, desde limitaciones en la producción hasta desafíos logísticos y regulatorios. Además, esboza estrategias concretas para superar estas barreras, destacando la necesidad de una reforma en la transferencia tecnológica que sea inclusiva y equitativa.

Asimismo, se discuten las implicaciones éticas y legales de adoptar un nuevo modelo de transferencia tecnológica para la distribución equitativa de vacunas. La nanotecnología, con su capacidad para mejorar la eficiencia de las vacunas y personalizar los tratamientos, se presenta no sólo como una solución técnica, sino como un catalizador para un cambio más profundo en la soberanía tecnológica y la independencia económica. Esto subraya la

importancia de políticas que fomenten la autosuficiencia tecnológica y la innovación local, desafiando el *status quo* de dependencia tecnológica.

El capítulo concluye con una reflexión crítica sobre las lecciones aprendidas y las posibles direcciones futuras para la investigación y la política pública. La meta es clara: transformar el paradigma actual de distribución de vacunas para que refleje un compromiso genuino con la equidad y la solidaridad global, asegurando que todos los países, independientemente de su posición económica o poder político, tengan acceso justo a las herramientas necesarias para enfrentar crisis de salud pública como la Covid-19. Este nuevo modelo de transferencia tecnológica propuesto es un paso fundamental hacia una distribución más justa y sostenible de recursos críticos en la salud global.

## **5.1 Recapitulación y problematización de resultados**

Esta tesis investiga la dinámica de la transferencia tecnológica en el desarrollo y distribución de vacunas con nanotecnología contra la Covid-19, destacando la complejidad y los desafíos internacionales en este esfuerzo colaborativo. Se identifican elementos fundamentales para una respuesta global efectiva a la pandemia y se señalan los obstáculos a superar para lograr equidad en salud a nivel mundial.

Se corrobora que la transferencia tecnológica es esencial para producir y distribuir vacunas con nanotecnología eficazmente, gracias a la colaboración entre instituciones de investigación, empresas farmacéuticas y gobiernos. Sin embargo, se observó una preocupante concentración de conocimientos y recursos en países centrales, exacerbando desigualdades en innovación y desarrollo tecnológico. Esta situación limita la autonomía productiva de países menos desarrollados, aumentando las brechas en el acceso a vacunas y reforzando la dependencia tecnológica.

Los desafíos de la propiedad intelectual emergieron como un tema controvertido, mostrando cómo su protección, aunque esencial, limita el acceso a tecnologías clave y restringe la producción en los países periféricos. Esto resalta la necesidad de equilibrar mejor

la protección de la propiedad intelectual con el bienestar global, especialmente en una crisis sanitaria.

Se resalta también la importancia de la cooperación internacional y políticas públicas para facilitar la transferencia tecnológica. A pesar de iniciativas como COVAX, diseñadas para promover acceso equitativo a las vacunas, predominan las políticas neoliberales y los intereses corporativos, favoreciendo a las entidades más poderosas. Lo que subraya la urgencia de reforzar la cooperación y desarrollar estrategias para una distribución justa de tecnologías sanitarias.

La transferencia tecnológica en el desarrollo de vacunas con nanotecnología contra la Covid-19 representa una oportunidad única para la colaboración global y el avance en salud pública, pero enfrenta retos significativos. La pandemia ha servido para replantear las estrategias de salud global, destacando la importancia de un enfoque más inclusivo y equitativo que priorice el bienestar colectivo, asegurando un futuro resiliente ante desafíos sanitarios globales.

### **5.1.1 Distribución e inequidad de las vacunas con nanotecnología en México y el mundo**

El análisis crítico de los desafíos enfrentados en la distribución de las vacunas con nanotecnología contra la Covid-19, tanto en México como a nivel mundial, revela la influencia perniciosa de las estructuras neoliberales en la gestión de la salud pública. En el caso de México, la complejidad logística y los desafíos asociados al mantenimiento de la cadena en frío se magnificaron en áreas remotas, donde la infraestructura limitada exacerbó las dificultades para garantizar un acceso equitativo a estas herramientas vitales.

Esta coyuntura destacó la continuidad de desigualdades estructurales, en las que comunidades en situaciones de vulnerabilidad y grupos étnicos enfrentaron obstáculos considerables, exacerbados por la desinformación y el escepticismo hacia las vacunas. Los factores no sólo debilitaron las iniciativas de inmunización, sino que también pusieron de manifiesto la ausencia de estrategias de comunicación adecuadas y adaptadas a las particularidades culturales y socioeconómicas de estos grupos. Adicionalmente, la

coordinación entre distintos estratos gubernamentales resultó ser un reto, revelando una carencia de unidad y planificación conjunta que afectó la efectividad en la entrega de las vacunas.

A nivel global, el concepto de "nacionalismo de vacunas" emergió como una preocupante demostración de proteccionismo por parte de los estados, en un contexto donde la competencia feroz por recursos escasos exacerbó las ya profundas desigualdades globales. Esta tendencia no sólo restringió el acceso a las vacunas para los países periféricos, sino que también resaltó la urgencia crítica de una reforma comprensiva en el sistema de salud y cooperación a nivel mundial. La marcada disparidad en la disponibilidad de vacunas entre naciones centrales y periféricas evidenció un sistema global inherentemente sesgado, privilegiando a los más poderosos y dejando a innumerables individuos en condiciones de vulnerabilidad sin protección.

Adicionalmente, los desafíos enfrentados en la producción y distribución de vacunas a escala mundial iluminaron carencias significativas en la infraestructura sanitaria global, destacando una alarmante falta de preparación y capacidad para gestionar de forma justa y equitativa emergencias de salud pública de gran envergadura. Este escenario subraya la imperiosa necesidad de adoptar medidas enfocadas en la solidaridad internacional y la equidad, garantizando que la respuesta a las crisis sanitarias trascienda las fronteras y los intereses nacionales para abrazar un enfoque más inclusivo y humanitario.

La coordinación internacional y la colaboración se presentaron como elementos cruciales, aunque insuficientemente alcanzados, para superar estos obstáculos. Las diferencias en regulaciones, aprobaciones y estrategias políticas entre países y bloques regionales complicaron aún más el panorama, resaltando la fragmentación y la falta de un enfoque unificado frente a la pandemia.

Ante estos desafíos, se hace evidente la urgencia de repensar y reestructurar los principios que rigen las políticas de salud pública y la cooperación internacional. La promoción de un acceso más justo y equitativo a las vacunas requiere un compromiso global renovado hacia la equidad, la solidaridad y la transparencia. Esto implica no sólo mejorar los sistemas de salud pública y las cadenas de suministro, sino también abordar las raíces de la desinformación y adaptar las estrategias de comunicación para ser más inclusivas y

respetuosas con las diversidades culturales y sociales. A largo plazo, estos esfuerzos deben estar dirigidos a construir un sistema de salud global más resiliente y equitativo, capaz de enfrentar futuras pandemias de manera más efectiva, asegurando que la salud y el bienestar sean considerados derechos universales, más allá de las fronteras y las diferencias socioeconómicas. En este sentido, la crisis de la Covid-19 ofrece una oportunidad única para reflexionar y actuar contra las dinámicas neoliberales que han moldeado negativamente la respuesta global a la pandemia, abogando por un futuro donde la salud pública prevalezca sobre los intereses de mercado.

## **5.2 Barreras en la distribución equitativa de las vacunas con nanotecnología contra la Covid-19**

La distribución equitativa de las vacunas contra la Covid-19 enfrenta barreras multifacéticas, manifestadas a través de desafíos tanto estructurales como coyunturales en el entorno global. Estas dificultades han obstaculizado significativamente una asignación justa y eficiente de los recursos sanitarios críticos, con un impacto adverso en los países periféricos. Entre los obstáculos más destacados se encuentra el nacionalismo de vacunas, donde los países centrales han asegurado cantidades de dosis que superan sus necesidades, dejando a las naciones menos favorecidas con acceso limitado a estos insumos vitales.

Además, la logística y el mantenimiento de la cadena en frío representan desafíos considerables, especialmente para aquellas vacunas que requieren ultracongelación para su conservación. Este hecho plantea un reto mayor para aquellos países con infraestructuras logísticas deficientes, complicando la distribución en zonas remotas y rurales. A esto se suma la capacidad de producción global, insuficiente ante la demanda mundial, limitada por la capacidad manufacturera, la escasez de materias primas y componentes esenciales, y las restricciones impuestas por los derechos de propiedad intelectual, que frenan la producción genérica de las vacunas.

Las disparidades económicas también juegan un papel crucial, ya que la capacidad de los países para adquirir vacunas está intrínsecamente ligada a su solvencia económica. Los



países con menores recursos enfrentan enormes desafíos para competir en el mercado global de vacunas.

La desinformación y la vacilación vacunal afectan significativamente la demanda y pueden conducir a una distribución ineficaz de las dosis disponibles, especialmente en regiones donde, pese a la disponibilidad de vacunas, se observa una baja aceptación de estas. Por otro lado, la falta de coordinación internacional y las diferencias en los procesos de aprobación regulatoria entre países complican aún más el panorama, retrasando la distribución y limitando el acceso equitativo a las vacunas.

### **5.2.1 Limitaciones en la producción, suministro y distribución de las vacunas con nanotecnología a nivel local, regional y global**

Las limitaciones en la producción y suministro de las vacunas contra la Covid-19 a nivel global representan un desafío multifacético, derivado de factores técnicos, económicos y regulatorios, que han obstaculizado severamente la capacidad para satisfacer la demanda mundial en un esfuerzo crítico por controlar la pandemia.

La capacidad de producción de vacunas es inherentemente limitada, condicionada por un proceso técnico complejo que demanda instalaciones especializadas, equipamiento avanzado y una fuerza laboral altamente calificada. La expansión de esta capacidad no es un proceso inmediato; requiere significativas inversiones en infraestructura y tiempo, subrayando la necesidad de planificación anticipada e inversiones sostenidas en investigación y desarrollo, a menudo desatendidas en el marco neoliberal.

Además, la producción de vacunas se ve obstaculizada por la escasez de materias primas y suministros esenciales, una cadena de suministro global que se ha visto sobrepasada por la demanda sin precedentes. Este cuello de botella subraya la fragilidad de un sistema globalizado que, al depender de cadenas de suministro complejas y distribuidas, se vuelve vulnerable en momentos de crisis. La situación se complica aún más por las restricciones de propiedad intelectual, que limitan la capacidad de producción global al restringir la fabricación de vacunas a un puñado de actores.

Los desafíos logísticos, particularmente para las vacunas que requieren condiciones de almacenamiento ultra frías, afectan no sólo la distribución sino también la escalabilidad de la producción. La necesidad de ubicar estratégicamente las instalaciones de producción para facilitar una distribución global eficiente evidencia las limitaciones físicas y geográficas, a menudo agravadas por políticas neoliberales que favorecen la concentración de la producción en lugares que maximizan la rentabilidad en lugar de la accesibilidad.

El financiamiento emerge como un factor crítico, especialmente para los países periféricos, que luchan no sólo por acceder a las vacunas sino también por distribuir las. Esta disparidad financiera pone de relieve las profundas divisiones económicas entre las naciones, perpetuadas por un sistema económico que prioriza la acumulación de riqueza sobre la equidad en salud.

Las diferencias en los requisitos regulatorios y los tiempos de aprobación entre países pueden retrasar aún más la disponibilidad de vacunas, reflejando desafíos burocráticos y barreras artificiales que impiden una respuesta ágil y coordinada, a una crisis de salud pública. Además, la variabilidad en la demanda de vacunas, alimentada por la vacilación vacunal y la desinformación, complica la planificación y distribución eficiente, resaltando la importancia de la comunicación clara y la educación pública como pilares fundamentales para una campaña de vacunación exitosa.

En México, la carencia de infraestructura adecuada para el almacenamiento en frío, especialmente en áreas remotas, resalta la necesidad urgente de reevaluar las prioridades de inversión gubernamental hacia el fortalecimiento de los servicios públicos esenciales. La coordinación entre diferentes niveles de gobierno se presenta como un desafío crucial, evidenciando una fragmentación institucional que dificulta una distribución eficiente de vacunas. Esta situación se agrava por la vasta geografía de México y la variabilidad en la calidad de transporte, poniendo de manifiesto la falta de inversión en infraestructura básica que afecta no sólo la logística de las vacunas sino también el acceso general a servicios esenciales.

Ampliando la mirada hacia Latinoamérica, estos desafíos se replican y magnifican. La falta de infraestructura adecuada para la cadena de frío y las disparidades en la distribución

de vacunas son solo la punta del iceberg de un problema estructural más profundo que requiere una acción coordinada y solidaria a nivel regional.

A nivel global, el nacionalismo de vacunas, donde los países ricos acaparan la mayoría de las dosis disponibles, limita severamente el suministro para países de ingresos bajos y medios, incluidos aquellos en Latinoamérica. Esta competencia por asegurar dosis subraya una lógica de competencia en lugar de cooperación internacional, evidenciando la necesidad de mecanismos globales que promuevan la solidaridad. Además, la dependencia de una cadena de suministro global para componentes de vacunas ha revelado vulnerabilidades críticas, mostrando la importancia de diversificar la producción y fortalecer las capacidades locales.

La experiencia de la pandemia subraya la importancia crucial de sistemas de salud y logística robustos y flexibles, capaces de adaptarse a crisis sanitarias. Para superar estos obstáculos se requiere un replanteamiento profundo de las prioridades económicas y políticas actuales, desplazando el enfoque del neoliberalismo hacia uno centrado en la salud pública y la equidad. Esto implica esfuerzos coordinados tanto a nivel nacional como internacional, inversiones significativas en infraestructura y estrategias para mejorar la coordinación entre diferentes niveles de gobierno y entre países. Además, es fundamental establecer políticas que aseguren una distribución equitativa de las vacunas, tanto dentro de los países como a nivel global. La crisis sanitaria actual no sólo es un desafío inmediato sino también un llamado a repensar y transformar las estructuras socioeconómicas que han permitido un impacto desproporcionado en los más vulnerables, tanto en México, Latinoamérica, como en el resto del mundo.

### **5.2.2 Desafíos económicos y políticos en el acceso a las vacunas con nanotecnología**

Los desafíos económicos y políticos afectan significativamente la equidad en el acceso a las vacunas contra la Covid-19. La disparidad en los recursos financieros destaca cómo los países centrales han asegurado grandes cantidades de vacunas mediante acuerdos previos con las compañías farmacéuticas, marginando a las naciones periféricas con acceso limitado debido a su menor capacidad de negociación y compra.

La financiación de la investigación y desarrollo para las vacunas, proveniente en gran parte de fondos públicos o donaciones en países ricos, plantea interrogantes sobre la propiedad intelectual y el acceso equitativo a las tecnologías desarrolladas con financiamiento público. La concentración de la propiedad intelectual en unas pocas entidades limita la posibilidad de una producción descentralizada de vacunas, crucial para asegurar una distribución equitativa a nivel global. Además, los costos asociados con la producción, almacenamiento y distribución de vacunas, especialmente aquellas que requieren cadenas en frío especializadas, representan una barrera adicional para los países con recursos limitados.

A nivel político, el nacionalismo de vacunas refleja una tendencia hacia el proteccionismo, socavando los principios de equidad y cooperación internacional. Las políticas de propiedad intelectual, que restringen la producción de vacunas por parte de terceros y mantienen altos los precios, necesitan ser reformadas para permitir una respuesta más ágil y equitativa a las emergencias de salud pública.

La coordinación internacional ineficaz, reflejada en iniciativas como COVAX, enfrenta obstáculos significativos debido a la competencia entre países y la insuficiencia de fondos, evidenciando la necesidad de fortalecer los mecanismos multilaterales de cooperación. La transparencia en los acuerdos de compra y la confianza pública en las vacunas son esenciales para superar la politización de la vacunación y la desinformación.

Los acuerdos bilaterales entre países centrales y compañías farmacéuticas han limitado las dosis disponibles para sistemas como COVAX, reduciendo el acceso para los países periféricos.

### **5.3 Hacia un modelo de transferencia de tecnología en la distribución de las vacunas con nanotecnología contra la Covid-19**

El análisis enfocado en las soluciones para mejorar la distribución equitativa de vacunas contra la Covid-19, incorporando la nanotecnología, complementa y profundiza en estrategias generales para asegurar un acceso universal a las vacunas. Este análisis converge en la identificación de desigualdades exacerbadas por prácticas neoliberales como obstáculos

fundamentales para el acceso global a tratamientos esenciales, destacando la necesidad de superar estas barreras mediante la solidaridad internacional y la cooperación.

La crítica hacia las prácticas neoliberales enfatiza cómo los desafíos de equidad en la distribución de vacunas superan las cuestiones meramente logísticas o de capacidad productiva, afectando directamente el ámbito de la voluntad política y la colaboración entre países. La discusión acerca de la aplicación de nanotecnología en las vacunas resalta la importancia de compartir avances científicos de forma universal, promoviendo mecanismos de financiamiento y transferencia tecnológica que democratizan el acceso a estas innovaciones. Esto se alinea con propuestas generales como la suspensión temporal de patentes, la transferencia de tecnología, y el financiamiento y subsidios.

La propuesta de estimular alianzas público-privadas para expandir las capacidades de producción y distribución de vacunas a través de la nanotecnología subraya la importancia de colaboraciones estratégicas, reconociendo su papel crucial en la superación de desafíos sanitarios a nivel global. Estas alianzas resultan fundamentales tanto para la ampliación de la infraestructura productiva y logística como para la realización de campañas de sensibilización e información, garantizando así una distribución efectiva y la aceptación de las vacunas.

Además, la inclusión de nanotecnología introduce una discusión sobre las consideraciones éticas y legales necesarias para una distribución equitativa, subrayando la necesidad urgente de desarrollar marcos regulatorios que aseguren un acceso justo a los avances en salud. Esta dimensión ética y legal complementa el llamado a establecer normativas internacionales para una distribución justa y refuerza la importancia de mecanismos de monitoreo y transparencia para asegurar los compromisos de acceso equitativo.

Integrando estas discusiones, se busca no sólo ofrecer soluciones prácticas a los obstáculos identificados sino también fomentar un debate crítico sobre las estructuras que perpetúan la inequidad en salud a nivel global. Este enfoque integral refleja el compromiso con avanzar hacia una justicia sanitaria ampliada, enfatizando la importancia de enfoques inclusivos y justos en la respuesta a pandemias globales, y resaltando cómo la solidaridad

global y la cooperación internacional son esenciales para crear un futuro más equitativo en el acceso a la salud.

### **5.3.1 Cooperación internacional y solidaridad sanitaria global**

El fortalecimiento de la cooperación internacional y la consolidación de la solidaridad global representan pilares fundamentales para afrontar problemas como la pandemia de la Covid-19 de manera eficaz y equitativa. Una propuesta integral para este fin debe contemplar una serie de aspectos esenciales que abarcan desde el desarrollo y producción hasta la distribución y administración de las vacunas, adoptando un enfoque que garantice la equidad y la eficiencia.

Un marco de colaboración global debe ser establecido bajo la coordinación de la Organización Mundial de la Salud, integrando a gobiernos, empresas farmacéuticas, organizaciones no gubernamentales y la sociedad civil. Este esfuerzo conjunto tiene como objetivo facilitar una respuesta coordinada a la pandemia, asegurando que las estrategias y recursos sean compartidos de manera efectiva (OECD, 2022).

De acuerdo con el informe de la OCDE del 2022, la cooperación internacional ha cobrado una relevancia destacada a raíz de la pandemia de la Covid-19. El informe señala que el 70% de los ciudadanos latinoamericanos considera esencial la colaboración entre países para hacer frente a los retos globales.

El informe de la OCDE del 2022 subraya la necesidad de abordajes integrales en la cooperación internacional para gestionar crisis como la de la Covid-19 de manera efectiva y equitativa. La promoción de los enfoques abarca la utilización de herramientas variadas y consistentes, tales como la financiación sostenible, la formulación de reglas y estándares uniformes, y los diálogos políticos a nivel global, además de la cooperación técnica para fortalecer las capacidades de las naciones periféricas. En consonancia con lo anterior se proponen algunas estrategias para coordinar la solidaridad y cooperación internacional para hacer frente a la pandemia de la Covid-19 o futuras enfermedades que se presenten en países como México.

Es imperativo que los países reiteren su adhesión al principio fundamental de cooperación internacional, asegurando que las barreras económicas no excluyan a las naciones con menos recursos de los programas de vacunación. Este esfuerzo mancomunado no sólo es un imperativo ético, sino también un requisito práctico para la erradicación efectiva de enfermedades a nivel mundial, y para cerrar la brecha en la salud que separa a las poblaciones de distintos estratos socioeconómicos. El acceso universal a las vacunas se erige, por lo tanto, como un elemento clave para construir un futuro en el que la salud global sea un derecho equitativo y no un privilegio.

La iniciativa COVAX debe recibir un apoyo financiero y logístico ampliado, permitiendo una mayor capacidad para adquirir y distribuir vacunas a los países periféricos. Esto implica contribuciones voluntarias significativas tanto de países centrales como de empresas farmacéuticas, en un gesto de solidaridad global.

Una suspensión temporal de las patentes de vacunas Covid-19 y la facilitación de acuerdos de transferencia de tecnología son medidas esenciales para permitir una producción diversificada y global de vacunas, incrementando el suministro a nivel mundial y facilitando un acceso más amplio.

Las inversiones internacionales deben enfocarse en expandir la capacidad de producción de vacunas en regiones estratégicas, incluyendo África, Asia y América Latina. Para asegurar una distribución más rápida y eficiente de las vacunas, abordando directamente las limitaciones de acceso.

El desarrollo y fortalecimiento de la infraestructura logística necesaria para la distribución de vacunas en países con recursos limitados es otro componente crítico, en donde se incluya la mejora de cadenas en frío y sistemas de transporte adecuados para garantizar la entrega efectiva de las vacunas a todas las regiones.

Implementar campañas globales de sensibilización y educación sobre la importancia de la vacunación contra la Covid-19 es fundamental para combatir la desinformación y fomentar una mayor aceptación de las vacunas entre la población.

Se requieren mecanismos de financiación flexibles y sostenibles que permitan a los países periféricos acceder a las vacunas sin poner en riesgo su estabilidad económica, y las medidas deben ofrecer soluciones a largo plazo sin recurrir al endeudamiento excesivo.

La cooperación en investigación y desarrollo de vacunas es vital para comprender su eficacia a largo plazo, así como las variantes del virus y las necesidades de dosis de refuerzo. La compartición abierta de hallazgos y datos fortalece la capacidad global para responder a la pandemia y futuras emergencias sanitarias.

Finalmente, invertir en el fortalecimiento de los sistemas de salud a nivel global mejora la capacidad de administrar vacunas y responder a futuras crisis sanitarias, lo cual contribuye a la construcción de sistemas de salud más robustos y preparados para afrontar desafíos similares en el futuro.

La realización de esta propuesta demanda un compromiso continuo y la voluntad política de todos los actores internacionales para superar los desafíos existentes. Mediante la cooperación internacional y la solidaridad global, se puede alcanzar una respuesta más efectiva y justa a la pandemia de la Covid-19, asegurando que nadie quede atrás en el acceso a las vacunas. Este esfuerzo colectivo no sólo es una respuesta a la crisis actual, sino también un paso hacia la construcción de una soberanía científica y tecnológica en México, permitiendo al país enfrentar futuras pandemias con mayor independencia y resiliencia.

### **5.3.2 Mecanismos de financiamiento y transferencia tecnológica con bienestar social**

Proponer un acuerdo internacional promovido bajo el auspicio de la OMS buscaría comprometer a países, empresas farmacéuticas, instituciones de investigación y organizaciones internacionales a compartir conocimientos, tecnologías y recursos críticos durante periodos de pandemia. Y en este marco de cooperación global se tiene como objetivo facilitar una respuesta unificada y eficiente ante emergencias sanitarias.

Para respaldar la I+D de vacunas, tratamientos y tecnologías esenciales, se propone la creación de un Fondo Global de Emergencia para Pandemias, que estaría financiado por



contribuciones de países miembros de la ONU, el sector privado, filantropías, entre otras fuentes. Este fondo sería operado por un organismo dependiente de la OMS, que tendría la autoridad para establecer regulaciones que obliguen a los países y organismos, como la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, a incluir en los derechos de propiedad intelectual otorgados a empresas por vacunas, medicamentos y dispositivos médicos, una cláusula que obligue a las empresas farmacéuticas, especialmente aquellas hegemónicas, a otorgar licencias gratuitas en caso de una emergencia sanitaria en las regiones más vulnerables del mundo, particularmente en los países periféricos. Acompañando al fondo, se ofrecerían incentivos fiscales y subsidios a las entidades que participen activamente en la I+D de vacunas y que se comprometan a compartir sus descubrimientos y tecnologías, incentivando la innovación al tiempo que se protege a las regiones vulnerables del planeta.

### **Propuesta de Cláusula de Licencia Obligatoria en Casos de Emergencia Sanitaria Global**

*“En el caso de una emergencia sanitaria declarada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), el titular de esta patente se compromete, bajo los principios del Acuerdo sobre los ADPIC y la normativa vigente de la OMPI, a otorgar licencias no exclusivas y gratuitas para la fabricación, distribución y comercialización del producto protegido por esta patente en países clasificados como vulnerables o periféricos. La definición de estos países será determinada por la OMS en coordinación con la OMPI. Esta licencia gratuita se aplicará de manera automática y no exclusiva a cualquier entidad que cumpla con los estándares de calidad aprobados por la OMS, y su objetivo será garantizar el acceso equitativo y oportuno a tecnologías esenciales durante la emergencia sanitaria. El otorgamiento de esta licencia no afectará la vigencia de los derechos de propiedad intelectual del titular, quienes continuarán gozando de sus derechos fuera del periodo de emergencia.”*

La OMC subraya la relevancia de la transferencia tecnológica dentro del marco de los Acuerdos sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio (ADPIC), destacando su papel crucial en el estímulo de la innovación tecnológica y la expansión del acceso a tecnologías en beneficio universal. Existen compromisos explícitos dirigidos a las naciones desarrolladas para fomentar la transferencia de tecnología

hacia los países periféricos, un paso considerado esencial para superar retos mundiales, incluyendo pandemias (OMC, n.d.).

En el contexto de la transferencia tecnológica, se propone la creación de una plataforma administrada por la OMS que promueva acuerdos de licenciamiento voluntario y no exclusivo. Dicha plataforma facilitaría una distribución más amplia y equitativa de la producción de vacunas y medicamentos. Además, el establecimiento de centros de innovación regional fortalecería la capacidad local para producir vacunas y tratamientos, asegurando el acceso a tecnologías patentadas en términos justos y equitativos.

Para asegurar una distribución justa y equitativa de los avances y productos derivados de la I+D financiados con recursos públicos, es imperativo integrar cláusulas específicas de equidad en todos los contratos de financiamiento. Estas cláusulas deben establecer claramente los compromisos para garantizar que los beneficios de tales investigaciones lleguen a todas las comunidades, especialmente a aquellas menos privilegiadas. Además, resulta esencial abogar por la implementación de reformas temporales en los marcos internacionales de propiedad intelectual. Tales reformas deberían estar orientadas a proporcionar una mayor flexibilidad en los procesos de producción y distribución de vacunas en situaciones de emergencia sanitaria global. Esto no sólo facilitaría una respuesta más ágil y adaptativa frente a crisis sanitarias, sino que también representaría un paso significativo hacia el fortalecimiento de los sistemas de salud pública a nivel mundial, asegurando que se puedan salvar más vidas sin quedar atrapados en trabas burocráticas o limitaciones legales.

La capacidad para prepararse y responder eficazmente a futuras pandemias se basa fundamentalmente en el robustecimiento de los sistemas de vigilancia epidemiológica y genómica, así como en la elaboración de estrategias de respuesta meticulosamente planificadas, que deben garantizar una distribución justa y equitativa de vacunas y tratamientos, superando los desafíos logísticos y de accesibilidad. Resulta imperativo que las iniciativas den prioridad al acceso de las comunidades y poblaciones más vulnerables, abordando de frente las profundas disparidades de salud que prevalecen a nivel mundial. Con este enfoque no sólo ayudará a salvaguardar a los sectores más desfavorecidos en tiempos de

crisis sanitaria, sino que también contribuirá a cerrar la brecha de desigualdad en salud, promoviendo un entorno más justo y resiliente frente a las amenazas pandémicas emergentes.

Al implementar estos mecanismos, se espera mejorar significativamente la capacidad global para desarrollar y distribuir vacunas de manera justa y eficiente, sentando las bases para una mejor preparación y respuesta ante las emergencias sanitarias del futuro. El enfoque integral demanda una colaboración sin precedentes y un compromiso sostenido de todos los actores globales para superar los retos actuales y futuros en el ámbito de la salud pública.

### **5.3.2 Alianzas público-privadas en la producción y distribución**

La creación de alianzas entre el sector público y el privado son una vía efectiva para movilizar los recursos financieros, las capacidades técnicas y el potencial innovador, que resulta esencial para avanzar rápidamente en la respuesta a crisis sanitarias.

Para fomentar estas alianzas, es preciso desarrollar un marco regulatorio que ofrezca flexibilidad y claridad, tanto legal como operativa. La definición de objetivos y prioridades comunes es fundamental para alinear esfuerzos hacia metas compartidas en el desarrollo, producción y distribución equitativa de vacunas, asegurando así que se satisfagan de manera eficiente las necesidades de salud pública.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) analiza el papel crucial del comercio en la lucha contra la Covid-19, enfocándose en cómo la producción y distribución de vacunas pueden ser optimizadas a través de políticas comerciales adecuadas. En este análisis, se resalta la importancia de facilitar la producción y distribución eficaz de vacunas mediante la apertura de mercados y la disminución de aranceles para garantizar un acceso rápido a las mismas. El documento pone de relieve la distribución geográfica de la fabricación de vacunas y la interdependencia comercial en los suministros necesarios para su producción, distribución y administración. Subraya, además, la importancia crítica de la cooperación internacional para afrontar los retos logísticos y regulatorios que surgen en este contexto (OCDE, 2021).

Ofrecer incentivos fiscales, subsidios y otros estímulos financieros a las empresas privadas resulta crucial para estimular su participación en estas alianzas. Paralelamente, establecer compromisos de compra y garantizar un mercado puede disminuir significativamente los riesgos financieros para las empresas involucradas en la producción de vacunas, motivando su inversión y colaboración continuas.

En esta línea, la Universidad de Oxford sugiere que la creación de empresas conjuntas entre los fabricantes globales de vacunas y las firmas farmacéuticas locales del Sur Global, establecidas dentro de centros regionales, constituye una estrategia óptima para facilitar la transferencia de tecnología y conocimiento, además de incrementar la capacidad de producción. Tales asociaciones con empresas locales se destacan como medios particularmente efectivos para la transferencia de tecnología a nivel internacional, al permitir que el personal y los socios locales adquieran conocimientos técnicos y de gestión mediante la capacitación y la experiencia cotidiana. Las colaboraciones pueden aprovechar el conocimiento local sobre recursos, mercados y cadenas de suministro, atenuando significativamente el riesgo político y, en el caso de las alianzas público-privadas, combinando las ventajas de flexibilidad, innovación y eficiencia del sector privado con la capacidad del sector público para movilizar recursos y alcanzar una amplia cobertura (Fu & Sánchez-Ancochea, 2021).

La propuesta de colaboración no sólo favorece la transferencia de tecnología y conocimiento entre entidades privadas y públicas o instituciones de investigación, sino que también es complementaria a la implementación de programas de capacitación y desarrollo de habilidades técnicas. Esto garantiza la eficacia y calidad en la producción de vacunas, reforzando el sistema de salud global. Al establecer una sinergia entre la transferencia de tecnología, el fortalecimiento de capacidades y la cooperación internacional, se potencia la capacidad productiva de vacunas tanto a nivel local como internacional, asegurando una respuesta más ágil y equitativa ante las emergencias sanitarias.

Incentivar la inversión conjunta en infraestructura crítica, como plantas de producción y sistemas de cadena en frío, es otra pieza clave de esta propuesta. El desarrollo y optimización de redes logísticas integradas facilitarían la distribución eficiente de vacunas, especialmente en áreas remotas o de difícil acceso, asegurando que nadie quede atrás.

Además, la promoción de proyectos conjuntos de investigación y desarrollo entre el sector público y privado abre el camino a la innovación en vacunas y tecnologías de salud. El intercambio abierto de datos y resultados de investigación, respetando los derechos de propiedad intelectual, pero priorizando el bienestar común, es vital para acelerar el avance científico y tecnológico.

La implementación de entidades de coordinación y mecanismos de supervisión asegura el cumplimiento de los objetivos y la transparencia en las actividades de las APP. La evaluación y ajuste continuos de estrategias y operaciones permiten que las alianzas se mantengan efectivas y se adapten a las necesidades cambiantes.

Por último, es fundamental que las alianzas se adhieran firmemente al principio de equidad en el acceso a las vacunas. La propuesta subraya el papel crucial de las alianzas público-privadas en la ampliación de la capacidad de producción y distribución de vacunas, enfatizando la necesidad de una cooperación estrecha y sostenida entre todos los sectores para mejorar la preparación y respuesta global frente a pandemias presentes y futuras.

#### **5.3.4 Ética, legalidad y bienestar de las vacunas con nanotecnología**

La garantía de una distribución equitativa de las vacunas, en el contexto de retos globales como la pandemia de la Covid-19, exige una reflexión sobre las consideraciones éticas y legales implicadas. Estas reflexiones son fundamentales para orientar la formulación de políticas y decisiones estratégicas que promuevan un acceso justo y universal a las innovaciones médicas. Al abordar estas cuestiones, se busca asegurar que el acceso a las vacunas no esté condicionado por barreras geopolíticas, socioeconómicas o de cualquier índole, sino que se base en principios de justicia y equidad global.

Desde un enfoque ético, resulta imperativo desarrollar y aplicar un marco normativo que asegure la equidad en el acceso a las vacunas contra la Covid-19, garantizando que todas las personas, sin distinción de su lugar de origen, condición socioeconómica, edad, género, etnia o cualquier otra característica, puedan acceder a ellas. Esto implica no sólo reconocer, sino también actuar con el fin de proteger a los grupos más vulnerables y aquellos que enfrentan un mayor riesgo de desarrollar formas graves de la enfermedad. La implementación de este marco promueve un enfoque inclusivo y solidario frente a los desafíos impuestos por

la pandemia, asegurando que las medidas adoptadas sirvan verdaderamente al bienestar de toda la humanidad.

La transparencia se convierte en un pilar fundamental en este contexto, requiriendo la implementación de procesos de toma de decisiones y distribución que sean abiertos y accesibles, basados en criterios claros, objetivos y justificables, disponibles públicamente, lo que es esencial para fomentar la confianza y asegurar una participación informada de la comunidad global. La creación de un ambiente de transparencia robustece las bases para una respuesta colectiva más fuerte y unida contra la pandemia, alineada con los principios de justicia social y respeto por la dignidad humana.

Además, la responsabilidad y rendición de cuentas de gobiernos, organizaciones internacionales y empresas farmacéuticas en la distribución de vacunas son esenciales para mantener la integridad del esfuerzo global. La solidaridad internacional emerge como un valor fundamental, reconociendo que la superación de la pandemia es un desafío común que requiere una acción cooperativa y coordinada más allá de las fronteras. Respetar la autonomía individual, proporcionando a las personas información precisa y comprensible sobre las vacunas, es crucial para permitir decisiones informadas respecto a la vacunación.

Desde la perspectiva legal, es esencial tomar acciones concretas que faciliten el acceso a patentes y fomenten la transferencia de tecnología para incrementar la capacidad de producción de vacunas a nivel global. Lo que debe de abarcar desde la implementación de licencias obligatorias hasta la suspensión temporal de derechos de propiedad intelectual específicos durante periodos de emergencias sanitarias. Tales medidas no sólo acelerarían el proceso de producción y distribución de vacunas, sino que también servirían como un catalizador para la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías en el ámbito de la salud pública, al permitir que múltiples fabricantes participen en la elaboración de soluciones a la crisis sanitaria.

Es crucial asegurar el cumplimiento de los acuerdos internacionales diseñados para promover el acceso equitativo a las vacunas, trabajando en armonía con iniciativas globales como COVAX y adherirse a los principios de equidad en vacunas establecidos por la OMS.

Crear sistemas de compensación para individuos que experimenten efectos adversos graves a causa de la vacunación asegura un soporte legal y compensatorio sin necesidad de demostrar negligencia. Proteger la privacidad y los datos personales de los individuos en los programas de vacunación es esencial para cumplir con las normativas de protección de datos y mantener la confianza pública.

Lo anterior permitirá avanzar hacia una distribución de vacunas más equitativa, un aspecto crucial para una respuesta efectiva y global contra la pandemia. Tal enfoque no sólo protege los derechos y la dignidad de cada individuo, sino que también refuerza la solidaridad y cooperación internacionales.

#### **5.4 Viabilidad y probidad técnica: un análisis de factibilidad**

En este apartado se analizan las repercusiones éticas, legales, económicas y sociales que dichas soluciones podrían desencadenar en el contexto global y examina cómo las estrategias sugeridas interactúan con los complejos desafíos del sistema global actual, que a menudo prioriza las ganancias económicas sobre el bienestar colectivo y la salud pública.

Al explorar estas propuestas, el análisis se centra en identificar y comprender las posibles consecuencias de su implementación, teniendo en cuenta los principios de justicia, equidad y acceso universal. Se pone especial cuidado en la tensión entre los imperativos de acelerar el acceso a las vacunas y la necesidad de sostener la innovación farmacéutica a largo plazo. Además, se considera la viabilidad de reconfigurar los marcos legales internacionales de propiedad intelectual para responder de manera efectiva a emergencias sanitarias sin socavar el incentivo para el desarrollo de nuevas tecnologías médicas, buscando evaluar las soluciones propuestas sino también fomentar una reflexión crítica sobre las estructuras subyacentes que influyen en la distribución de recursos sanitarios a nivel mundial, proponiendo un camino hacia una gestión más justa y equitativa de las crisis sanitarias globales.

El análisis sobre la mejora en la distribución equitativa de vacunas contra la Covid-19, específicamente mediante el uso de nanotecnología, se sumerge en estrategias integrales para garantizar un acceso universal. La discusión pone en relieve las disparidades agudizadas por

ciertas prácticas de mercado, identificándolas como barreras significativas para el acceso mundial a tratamientos cruciales. Subraya la urgencia de superar estos obstáculos a través de la solidaridad internacional y una cooperación efectiva, destacando la importancia de compartir avances científicos de manera universal. Este intercambio incluye no sólo la suspensión temporal de patentes sino también la promoción de la transferencia de tecnología y la implementación de sistemas de financiamiento y subsidios que faciliten el acceso democrático a estas innovaciones.

A continuación, se presenta un análisis de la factibilidad, es decir, de las posibilidades de realización inicial de la propuesta, y la viabilidad, que es la posibilidad de sustentarla a lo largo del tiempo:

### **Viabilidad y Factibilidad de las Propuestas**

#### **Suspensión temporal de patentes y transferencia de tecnología:**

- Factibilidad: Alta en situaciones de emergencia sanitaria global. La pandemia de Covid-19 ha demostrado que es posible lograr acuerdos internacionales rápidos cuando la necesidad es apremiante.
- Viabilidad: Moderadamente alta. La suspensión temporal de patentes puede ser impulsada por acuerdos internacionales y el apoyo de organismos como la OMS y la OMC. Sin embargo, requiere un consenso global que puede enfrentar resistencia de países y empresas con intereses económicos significativos en la propiedad intelectual.

#### **Sistemas de financiamiento y subsidios:**

- Factibilidad: Alta. La pandemia ha mostrado la disposición de muchos países y entidades privadas a contribuir económicamente a fondos de emergencia y programas de vacunación.
- Viabilidad: Alta. La creación de fondos globales de emergencia para pandemias puede ser gestionada por organismos internacionales con la colaboración de gobiernos y el sector privado.



**Alianzas público-privadas:**

- Factibilidad: Alta. Con incentivos adecuados, estas alianzas pueden ser fortalecidas y expandidas, especialmente con el respaldo de marcos regulatorios que promuevan la cooperación.
- Viabilidad: Muy alta. Las alianzas entre el sector público y privado ya existen y han demostrado ser efectivas en la rápida producción y distribución de vacunas.

**Desarrollo de marcos regulatorios y normativas internacionales:**

- Factibilidad: Alta a largo plazo. Aunque el desarrollo de normativas puede ser un proceso lento, la necesidad de un acceso equitativo a tecnologías de salud puede acelerar su implementación.
- Viabilidad: Moderadamente alta. La creación de marcos regulatorios depende de la voluntad política y la cooperación internacional.

**Fortalecimiento de la infraestructura logística:**

- Factibilidad: Alta. Con financiamiento adecuado y cooperación internacional, es factible mejorar las cadenas en frío y sistemas de transporte, especialmente en países periféricos.
- Viabilidad: Alta. La mejora de la infraestructura logística es una necesidad reconocida y ha recibido atención significativa durante la pandemia.

**Campañas globales de sensibilización y educación:**

- Factibilidad: Alta. La tecnología y los medios de comunicación actuales permiten la difusión efectiva de información a nivel global.
- Viabilidad: Muy alta. Las campañas educativas pueden ser mantenidas con la colaboración de gobiernos, ONGs y organizaciones internacionales.

**Incentivos fiscales y subsidios para la participación del sector privado:**

- Factibilidad: Alta. Con el diseño adecuado, estos incentivos pueden motivar la participación del sector privado en la producción y distribución de vacunas.

- Viabilidad: Alta. Los incentivos fiscales y subsidios son herramientas comunes utilizadas por los gobiernos para estimular la inversión privada.

#### **Investigación y desarrollo conjunto:**

- Factibilidad: Alta. Las colaboraciones internacionales en investigación y desarrollo pueden acelerarse con apoyo financiero y regulatorio.
- Viabilidad: Alta. La cooperación en I+D ya existe en muchos sectores y puede ser fortalecida mediante acuerdos específicos y financiamiento compartido.

#### **Mecanismos de monitoreo y transparencia:**

- Factibilidad: Alta. La tecnología actual permite la implementación de sistemas eficientes de monitoreo y transparencia, esenciales para la rendición de cuentas y la confianza pública.
- Viabilidad: Moderadamente alta. El desarrollo de sistemas de monitoreo y transparencia depende de la voluntad política y la colaboración internacional.

Las propuestas planteadas para mejorar la distribución equitativa de las vacunas con nanotecnología contra la Covid-19 son, en general, viables y factibles. La pandemia ha demostrado la capacidad de la comunidad internacional para colaborar y responder a una crisis global. Sin embargo, el éxito de estas propuestas depende de un compromiso continuo y la voluntad política de todos los actores involucrados. La cooperación internacional, la solidaridad global y la implementación de marcos regulatorios adecuados son fundamentales para superar los desafíos existentes y asegurar un acceso equitativo a las vacunas.

## CONCLUSIONES

Las conclusiones de esta tesis reflejan una travesía de investigación larga para lograr un análisis sobre los modelos de transferencia tecnológica y su impacto en el desarrollo y distribución de vacunas con nanotecnología contra la Covid-19 en México. A lo largo de los distintos capítulos, se ha demostrado cómo las políticas tecnológicas, las estructuras económicas subordinadas y la falta de soberanía tecnológica nacional, han incentivado las desigualdades en el acceso y desarrollo de tecnologías sanitarias, lo que deja a México y a otros países emergentes en una posición dependientes frente a los países hegemónicos. El argumento general de la tesis se organizó en los capítulos según el contenido descrito a continuación.

El Capítulo I presenta un marco conceptual que permite comprender cómo la transferencia tecnológica influye en el progreso de los países periféricos. En esta sección, se discute cómo los modelos de transferencia actuales limitan el acceso equitativo a la tecnología y perpetúan la brecha entre los países del centro y la periferia. Este análisis proporciona una base para entender por qué México ha mantenido una dependencia tecnológica de cara a las crisis sanitarias como la pandemia de Covid-19.

En el Capítulo II, se profundiza en el papel de las patentes y otros mecanismos de propiedad intelectual, evidenciando cómo estos se han convertido en barreras para la transferencia tecnológica en países como México. La discusión destaca cómo las patentes benefician a los países hegemónicos y limitan la capacidad de los países periféricos en cuanto a su capacidad para desarrollar tecnologías endógenas, lo que robustece las dinámicas alrededor de la dependencia tecnológica.

En el Capítulo III abordamos la capacidad científica y tecnológica de México, a partir de los factores estructurales que han limitado su desarrollo. Aquí, se señala que, a pesar de ser un país con un sólido potencial en investigación, México no ha podido traducir este conocimiento en innovación tecnológica efectiva, especialmente en el campo de la nanotecnología aplicada a la salud. Esto evidencia la necesidad de mejorar las políticas públicas que apoyen la investigación y el desarrollo local para reducir la dependencia de tecnologías extranjeras.

En el capítulo IV abordamos la inversión y las alianzas público-privadas en el desarrollo de vacunas con nanotecnología, destacando las limitaciones que impiden una mayor participación de México en la creación de vacunas propias. Se subraya la importancia de que el Estado asuma un rol más activo en la financiación de la investigación y desarrollo, lo que podría romper el ciclo de dependencia externa y fomentar una mayor autonomía tecnológica.

En el Capítulo V se propone un modelo de transferencia tecnológica que busca fomentar la equidad y la justicia tecnológica en el acceso a vacunas y tecnologías sanitarias. Esta propuesta está estrechamente vinculada con la discusión sobre la necesidad de cooperación internacional y la implementación de políticas más flexibles que permitan a los países periféricos acceder a las tecnologías que necesitan para enfrentar crisis globales.

Desde una perspectiva ética, la promoción de un acceso universal a las vacunas mediante la suspensión temporal de patentes y la transferencia de tecnología refleja un compromiso con la justicia y la equidad global. Este enfoque reconoce la salud como un derecho universal y busca superar las barreras económicas y geopolíticas que han limitado históricamente el acceso a avances médicos en regiones menos desarrolladas. Sin embargo, estas medidas introducen complejidades en la innovación farmacéutica, planteando interrogantes sobre la sostenibilidad a largo plazo de la investigación de nuevos tratamientos.

La adopción de mecanismos de financiamiento y subsidios se presenta como una solución para mitigar el impacto de estas políticas, permitiendo mantener la innovación sin sacrificar la accesibilidad. Estos instrumentos financieros podrían diseñarse para incentivar la colaboración global, pero persisten preocupaciones sobre cómo estructurarlos para garantizar que fomenten la innovación sin comprometer el acceso equitativo a las vacunas, independientemente de la situación económica o ubicación geográfica.

Desde un enfoque legal, la implementación de licencias obligatorias y ajustes en los marcos regulatorios de propiedad intelectual en contextos de emergencias sanitarias plantea una transformación en las leyes internacionales. Esto busca equilibrar el derecho a la salud con la protección de innovaciones, facilitando la producción y distribución de vacunas en momentos críticos. Sin embargo, esta estrategia enfrenta resistencias de grandes

corporaciones farmacéuticas y de países que defienden sus intereses comerciales, lo que requiere un esfuerzo concertado a nivel global.

Un reto importante es que la dependencia excesiva del sector privado podría desplazar las prioridades hacia la maximización de beneficios en detrimento de la salud pública, especialmente en áreas con infraestructuras de salud débiles. Es esencial que los fondos públicos asignados a proyectos conjuntos con entidades privadas sean gestionados con transparencia, asegurando que los resultados beneficien equitativamente a la sociedad y no amplíen las disparidades sanitarias.

En el contexto social, la propuesta subraya la importancia de fomentar la solidaridad global y una cooperación internacional sólida para enfrentar no solo la pandemia actual, sino también futuros desafíos sanitarios. Sin embargo, las rivalidades geopolíticas y las desigualdades en el acceso a recursos limitan la efectividad de esta cooperación. Además, la efectividad de programas como COVAX ha sido limitada por la tensión entre intereses nacionales y el bienestar global, lo que demuestra cómo las patentes y políticas de propiedad intelectual obstaculizan la transferencia tecnológica hacia países periféricos como México.

En respuesta a estos retos, se propone un modelo alternativo para la distribución equitativa de vacunas que enfatiza la cooperación internacional, mecanismos de financiamiento justos y alianzas público-privadas para superar los obstáculos existentes y garantizar un acceso más equitativo a las vacunas, especialmente en los países más desfavorecidos.

También se plantea la necesidad de una gestión más flexible de la propiedad intelectual, argumentando que un enfoque orientado al bienestar colectivo podría facilitar la colaboración internacional y el intercambio de conocimientos técnicos esenciales. Asimismo, se subraya la importancia de establecer marcos regulatorios que fomenten la investigación y desarrollo locales.

Explorar enfoques innovadores, desde el punto de vista tecnológico, para la producción y distribución que desafíen y superen las limitaciones de los modelos actuales se convierte en un imperativo, que implica el desarrollo de tecnologías que no sólo reduzcan los costos y mejoren la estabilidad y vida útil de las vacunas, sino que también faciliten su

almacenamiento y transporte, atendiendo especialmente a las necesidades de regiones de difícil acceso. Asimismo, se plantea la necesidad de investigar tecnologías emergentes que ofrezcan alternativas más eficientes y accesibles para la administración de vacunas, como sistemas sin agujas o basados en parches, lo que podría transformar la dinámica de inmunización a nivel masivo.

A lo largo de la tesis, se comprueba la hipótesis de trabajo, la cual sostiene que la estructura actual de transferencia tecnológica en México favorece a entidades extranjeras y limita considerablemente la capacidad del país para desarrollar vacunas con nanotecnología de manera autónoma. Los hallazgos de la investigación confirman que las barreras estructurales y políticas perpetúan una dependencia tecnológica, lo que limita al país en su capacidad de gestionar de forma independiente las crisis sanitarias, tal como sucedió durante la pandemia de Covid-19.

La investigación también sugiere varias líneas de futuro estudio. Entre ellas, se destaca la necesidad de investigar mecanismos alternativos de financiación para la investigación y desarrollo, que no solo promuevan la independencia tecnológica de México, sino que también faciliten la colaboración entre universidades, centros de investigación y el sector productivo con una orientación paritaria a las necesidades del país. Asimismo, la tesis subraya la importancia de explorar políticas de propiedad intelectual más flexibles en tiempos de crisis, con el fin de garantizar un acceso equitativo a tecnologías críticas en países periféricos.

Esta tesis aboga por una reevaluación crítica de los modelos de transferencia tecnológica en México y otros países en desarrollo, proponiendo un cambio hacia prácticas que fomenten la equidad, la justicia tecnológica y la independencia económica. Un enfoque global basado en la cooperación y la solidaridad, en lugar de la competitividad, será esencial para que México y otras naciones enfrenten de manera eficaz los desafíos sanitarios futuros y logren un desarrollo tecnológico que beneficie a toda la sociedad. Solo así será posible contribuir a una distribución más justa y equitativa de los recursos tecnológicos y médicos a nivel global.

## REFERENCIAS

- AEMPS. (2020). Desarrollo de vacunas. Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios. <https://www.aemps.gob.es>
- AEMPS. (2021). ¿Cómo funcionan las vacunas? Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios. <https://www.aemps.gob.es>
- Agrawal, M. (2000). Global competitiveness in the pharmaceutical industry: The effect of national regulatory, economic, and market factors (1st ed.). CRC Press.
- Alali, W. Q., Ali, L. A., AlSeidan, M., & Al-Rashidi, M. (2021). Effectiveness of BNT162b2 and ChAdOx1 vaccines against symptomatic COVID-19 among healthcare workers in Kuwait: A retrospective cohort study. *Healthcare*, 9(12), 1692. <https://doi.org/10.3390/healthcare9121692>
- Amaro Rosales, M. (2021). La industria biofarmacéutica en México ante la crisis sanitaria por el SARS-CoV-2: Desafíos y reacciones creativas de innovación. *Política y Cultura*, 55, 51–70. <https://www.redalyc.org/journal/267/26770144003>
- Amigo, J. (2008). La política científica y tecnológica en México y la propiedad intelectual. En *Generación y protección del conocimiento: Propiedad intelectual, innovación y desarrollo económico* (pp. 201–209). Sede Subregional de la CEPAL en México: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Ansele, M. (28 de noviembre de 2021). Tres por cada 100 personas en los países pobres: El caldo de cultivo para nuevas mutaciones del coronavirus. *El País*. <https://elpais.com/ciencia/2021-11-28/tres-vacunados-por-cada-cien-personas-en-los-paises-pobres>
- Apuzzo, M., & Gebrekidan, S. (2021). Los acuerdos secretos por las vacunas. *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/es/2021/02/01/espanol/vacunas-secretos.html>
- Arocena, R., & Sutz, J. (2000). Looking at national systems of innovation from the south. *Industry and Innovation*, 7(1), 55–75. <https://doi.org/10.1080/713670247>
- Aroa de la Fuente, B. O., Arredondo, Ó., Hayrikyan, T., Castillo, M., Escamilla, O., Garduño, J., Guzmán, S., & Llano, M. (2016). Las actividades extractivas en México: Estado actual.
- Agarwal, M., Rizkalla, M., Shrestha, S., El-Mounayri, H., & Varahramyan, K. (n.d.). Impact of multidisciplinary nanotechnology curricula on engineering and science programs. 2014 ASEE Annual Conference & Exposition Proceedings, 24.697.1-24.697.11. <https://doi.org/10.18260/1-2--20589>
- Ávila Robinson, A. (2020). Ciencia, tecnología e innovación en México se encuentran en situación crítica. *EGADE Ideas*. <https://egade.tec.mx/es/egade-ideas/opinion/ciencia-tecnologia-e-innovacion-en-mexico-se-encuentran-en-situacion-critica>
- Ayvar, F., Armas, E., & Lenin, J. (2016). Incidencia de la derrama tecnológica sobre la inversión extranjera directa en la industria manufacturera mexicana. *Red Internacional de Investigadores en Competitividad Memoria del X Congreso*.

- Bachmann, M. F., & Jennings, G. T. (2010). Vaccine delivery: a matter of size, geometry, kinetics, and molecular patterns. *Nature Reviews Immunology*, 10(11), 787–796.  
<https://doi.org/10.1038/nri2868>
- Baden, L. R., El Sahly, H. M., Essink, B., Kotloff, K., Frey, S., Novak, R., Diemert, D., Spector, S. A., Rouphael, N., Creech, C. B., McGettigan, J., Khetan, S., Segall, N., Solis, J., Brosz, A., Fierro, C., Schwartz, H., Neuzil, K., Corey, L., ... Zaks, T. (2021). Efficacy and safety of the mRNA-1273 SARS-CoV-2 vaccine. *New England Journal of Medicine*, 384(5), 403–416.  
<https://doi.org/10.1056/NEJMoa2035389>
- Bagheri-Josheghani, S., Bakhshi, B., & Najjar-peerayeh, S. (2022). The influence of nanoparticles on vaccine responses against bacterial infection. *Journal of Nanotechnology*, 2022, 1–15.  
<https://doi.org/10.1155/2022/6856982>
- Ballano, V. O. (2022). Analyzing the morality of owning and suspending patent rights for COVID-19 vaccines in the light of Catholic social teaching. *The Linacre Quarterly*, 89(1), 47–63.  
<https://doi.org/10.1177/00243639211050494>
- Baker, J. R., Bitko, V., Fattom, A., Hamouda, T., & Lukacs, N. (2016). Human respiratory syncytial virus vaccine (Patent USOO9492525B2).
- Baker, J. R., Bitko, V., Fattom, A. I., Hamouda, T., & Simon, J. (2019). Herpes simplex virus nanoemulsion vaccine (Patent US010206996B2).
- BBC. (2021). Covid: What do we know about China's coronavirus vaccines? BBC.  
<https://www.bbc.com/news/world-asia-china-55212787>
- Becerra Ramírez, M. (2023). La pandemia Covid-19 y la propiedad intelectual en el orden mundial. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Jurídicas.  
<https://doi.org/10.22201/ijj.9786073080002e.2023>
- Beltrán, V., Correa, A., Gómez, R., & Monroy, J. (1983). La dependencia tecnológica y la crisis actual. *Revista Mexicana de Física*, 397-420.
- Beltrán-Morales, L. F., Marco Antonio, A.-H., & Jefferson, D. J. (2018, diciembre). El efecto de la innovación en el desarrollo y crecimiento de México: Una aproximación usando las patentes. *Revista Problemas del Desarrollo*, 49(195), 55-76.
- Bennett, J., Dolin, R., & Martin, J. (2015). Principles and practice of infectious diseases (R. D. and M. J. John E. Bennett, Ed.; 8th ed.). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2012-1-00075-6>
- Berkley, S. (2020, September 3). COVAX explained. The Science behind Covid-19.  
<https://www.gavi.org/vaccineswork/covax-explained>
- Bhaduri, S., & Ray, A. S. (2004). Exporting through technological capability: Econometric evidence from India's pharmaceutical and electrical/electronics firms. *Oxford Development Studies*, 32(1), 87–100. <https://doi.org/10.1080/1360081042000184138>
- Birmex. (2022). Homepage. Birmex.
- Bittencourt, P. F., & Giglio, R. (2013). Un análisis empírico sobre la capacidad de absorción tecnológica de la industria brasileña. *Revista de la CEPAL*, 2013(111), 183–199.  
<https://doi.org/10.18356/d46d6b75-es>



- Borrastero, C. M. (2016). La cuestión del Estado en las teorías neoschumpeterianas de la innovación y el desarrollo. *Temas y Debates*, 31, 37–62. <https://doi.org/10.35305/tyd.v0i31.335>
- Bozeman, B. (2000). Technology transfer and public policy: A review of research and theory. *Research Policy*, 29(4–5), 627–655. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(99\)00093-1](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00093-1)
- Bravo, E. (2012). Globalización, innovación tecnológica y pobreza: Aproximación a las nuevas conceptualizaciones en Latinoamérica. *Espacio Abierto*, 21, 543-556.
- Bull, B., & Robles Rivera, F. (2020). COVID-19, elites and the future political economy of inequality reduction in Latin America. En CEPAL (Ed.), *COVID-19 and the socioeconomic crisis in Latin America and the Caribbean* (12th ed., Vol. 132, pp. 77–92).
- Cairolí, E., & Espinosa, G. (2021). Enfermedades autoinmunes y vacunas contra la COVID-19: Toma de decisiones en escenarios de incertidumbre. *Medicina Clínica*, 157(5), 247–252. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2021.05.008>
- Calderón Martínez, M. G., & Hartmann, D. (2010). Una revisión del pensamiento evolucionista y el enfoque de los sistemas de innovación: Una perspectiva del caso latinoamericano. *Revista Universitaria Digital de Ciencias Sociales*. <http://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=379>
- Campos-Macías, P., & Vargas-Origel, A. (2018). Vaccination of a child: The smallpox vaccine (Part 1). <https://www.researchgate.net/publication/327232801>
- Cañas, J., & Smith, C. (2020). Mexico sees historic drop in economic growth in second quarter outlook worsens. Dallas: Federal Reserve Bank of Dallas.
- Cárdenas-Vargas, A., Pedroza-Roldán, C., & Elizondo-Quiroga, D. (2016). Adyuvantes para vacunas: Tipos, aplicaciones y modos de acción. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 47(Asociación Farmacéutica Mexicana, A.C.), 29–47. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57956611003>
- CEPAL. (2020). Informe COVID-19: La prolongación de la crisis sanitaria y su impacto en la salud, la economía y el desarrollo social. <https://shorturl.at/xyzC1>
- CEPAL. (2020). Informe sobre el impacto económico en América Latina y el Caribe de la enfermedad por coronavirus. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- CEPAL. (2021). Construir un futuro mejor: Acciones para fortalecer la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible. <https://shorturl.at/abcD2>
- CEPAL. (2022). Acerca de innovación, ciencia y tecnología. <https://shorturl.at/xyzA9>
- CEPAL. (2022). La inversión extranjera directa en América Latina y el Caribe aumentó un 40,7% en 2021, pero sin retornar a los niveles prepandemia. *Desarrollo Productivo y Empresarial*.
- CEPAL-OPS. (2021). La prolongación de la crisis sanitaria y su impacto en la salud, la economía y el desarrollo social. <https://shorturl.at/eBPQ5>
- Cheng, L., Wang, Y., & Du, J. (2020). Human papillomavirus vaccines: An updated review. *Vaccines*, 8(3), 391. <https://doi.org/10.3390/vaccines8030391>

- Chen, M.-L. (2008). Lipid excipients and delivery systems for pharmaceutical development: A regulatory perspective. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 60(6), 768–777. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2007.09.010>
- Cimoli, M. (2005). Heterogeneidad estructural, asimetrías tecnológicas y crecimiento en América Latina. CEPAL. <https://shorturl.at/eAPQ1>
- COFEPRIS. (2014). La Organización Mundial de la Salud anuncia reconocimiento a México en materia de vacunas. <https://shorturl.at/jMOW2>
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128. <https://doi.org/10.2307/2393553>
- Conacyt. (2021). México avanza en el desarrollo de la vacuna "Patria" contra la Covid-19. <https://shorturl.at/hyNOQ>
- CONAHCYT. (2023). Patria, la vacuna mexicana contra la COVID-19 sienta un precedente para la recuperación de nuestra soberanía tecnológica en vacunas. Comunicado de prensa, 385. <https://shorturl.at/aU238>
- Consejo de la Unión Europea. (2022, December 22). COVID-19: Investigación y vacunas. Respuesta de la UE a la COVID-19. <https://shorturl.at/cgpO7>
- Conti, R., Frank, R., & Gruber, J. (2021). Addressing the trade-off between lower drug prices and incentives for pharmaceutical innovation. Brookings. <https://shorturl.at/pMT38>
- Colegio San Luis. (2022). Nanotecnología, vacunas COVID-19 y propiedad intelectual: ¿Son las patentes un obstáculo para los derechos a la salud global? In El Colegio de San Luis A.C. (Ed.), *Nanotecnología, vacunas COVID-19 y propiedad intelectual: ¿Son las patentes un obstáculo para los derechos a la salud global?* CONACyT.
- Courtin, E., & Vineis, P. (2021). COVID-19 as a syndemic. *Frontiers in Public Health*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.763830>
- Cui, D., Li, X., Liang, H., Shen, Q., & Tian, J. (2021). Nano coronavirus recombinant vaccine taking graphene oxide as carrier (Patent CN112220919A).
- Crossa, M. (2023). ¿Soberanía nacional en ciencia y tecnología? El Universal. <https://www.eluniversal.com.mx/opinion/instituto-mora/soberania-nacional-en-ciencia-y-tecnologia/>
- de Haan, E. (2023). Big pharma raked in USD 90 billion in profits with COVID-19 vaccines. SOMO. <https://www.somo.nl/big-pharma-raked-in-usd-90-billion-in-profits-with-covid-19-vaccines/>
- de Haan, E., & ten Kate, A. (2023). Pharma's pandemic profits: Pharma profits from COVID-19 vaccines. SOMO. <https://www.somo.nl>
- de la Torre, A. K. (2021). El problema legal de liberar patentes de las vacunas anti-COVID. *LexLatin*, 9.
- Derechos de propiedad intelectual legislación nacional - México. Ley de la Propiedad Industrial, Pub. L. No. DOF 01-07-2020, III Artículo V 94 (2020).

- Díaz, A. (2008). América Latina y el Caribe: La propiedad intelectual después de los tratados de libre comercio. CEPAL. Publicación de las Naciones Unidas.
- Díaz, J. (2021). Diagnóstico sobre la mercantilización de la salud en México y propuestas para la construcción de un sistema universal desde la perspectiva del derecho humano a la salud. CEPAL.
- Díaz, M. (2008). La propiedad industrial y los sistemas de patentes en el mundo de la información. ACIMED, 18(6). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1024-94352008001200011&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352008001200011&lng=es&tlng=es)
- Diliuvienė, L., & Tamašauskienė, Z. (2019). Analysis of empirical research on the factors influencing the change of income inequality. *Socialiniai tyrimai*, 42(2), 74–84. <https://doi.org/10.21277/st.v42i2.274>
- Dos Santos, T. (2002). Teoría de la dependencia (Balance y perspectivas, Ed.). Plaza y Janés.
- Dos Santos, T. (2011). Imperialismo y dependencia. Venezuela: Fundación Biblioteca Ayacucho.
- Dosi, G., Soete, L., Fagerberg, J., Pérez, C., & Chesnais, F. (1988). International diffusion of technology and international trade competition. En *Technical Change and Economic Theory* (pp. 399-527). Laboratory of Economics and Management (LEM).
- Drexler, K. E. (1986). Engines of creation: The coming era of nanotechnology.
- Durán Álvarez, J. C., Martínez Avelar, C., & Mejía Almaguer, D. (2020). El papel de la nanociencia y la nanotecnología en el marco de la pandemia de COVID-19. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología*, 14(27), 1e–29e. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2021.27.69647>
- Dutrénit, G. (2000). Learning and knowledge management in the firm. Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781782543930>
- Dutrénit, G., & Arza, V. (2010). Channels and benefits of interactions between public research organisations and industry: Comparing four Latin American countries. *Science and Public Policy*, 37(7), 541–553. <https://doi.org/10.3152/030234210X512043>
- Dussel Peters, E. (1999). Las industrias farmacéutica y farmoquímica en México y el Distrito Federal (CEPAL, Ed.). CEPAL. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25390/LCmexL400\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/25390/LCmexL400_es.pdf)
- DW. (2020, September 26). Reino Unido aportará US\$ 600 millones a red mundial de vacunas. Salud Europa. <https://www.dw.com/es/reino-unido-aportar%C3%A1-us-600-millones-a-red-mundial-para-vacunas/a-55060633>
- Estañol, A. (2021). BlackRock y Vanguard: 16 billones de dólares detrás de las vacunas. Expansión.
- Euronews. (28 de septiembre de 2021). Cuba empieza a exportar sus vacunas: ¿Qué sabemos sobre Soberana y Abdala? Euronews. <https://es.euronews.com/2021/09/28/cuba-empieza-a-exportar-sus-vacunas-que-sabemos-de-ellas>
- Farrell, D., Remes, J., & Agrawal, V. (2003). New horizons: Multinational company investment in developing economies.

- Farokhzad, O. C., & Langer, R. (2009). Impact of nanotechnology on drug delivery. *ACS Nano*, 3(1), 16–20. <https://doi.org/10.1021/nn900002m>
- Felix, A. (2022). Desarrollo, distribución y cadena de suministro de vacunas contra el COVID-19 en Chile, Cuba y México. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/48244>
- Fernández de Castro, J. (1997). Simposio bicentenario de la vacunación antivariolosa. III. La erradicación de la viruela en México. *Gaceta Médica de México*, 133, 99–106.
- FIFARMA. (2023). \*Retos y oportunidades de la transferencia tecnológica en la industria farmacéutica en Latinoamérica\*. Recuperado de [enlace público].
- Figuroa Delgado, S. (2015). El Estado y el trabajo científico en el proceso de desarrollo: La articulación pendiente en América Latina (Primera). Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ciencia Política.
- Figuroa Delgado, S. A., & Nájera Solís, G. (2019). Innovación y desarrollo tecnológico en México: Estudios sectoriales y regionales (Primera Edición). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Flores-Chávez, J. (2019). Obstáculos para el desarrollo de la nanotecnología en México. Observatorio del Tecnológico de Monterrey. <https://observatorio.tec.mx/edu-bits-blog/obstaculos-para-el-desarrollo-de-la-nanotecnologia-en-mexico/>
- Foladori, G. (2015). *Ciencia Ficticia*.
- Foladori, G., & Záyago, E. (2010). La nanotecnología en México: Un desarrollo incierto. *Economía, Sociedad y Territorio*, 10(32), 148–178.
- Foladori, G. (2022). Una revisión crítica del desarrollo de las nanotecnologías en México (Primera, Vol. 1). Universidad Autónoma de Zacatecas.
- Forbes. (2022). Covid-19 en México cobró 626,000 vidas entre 2020 y 2021: OMS. Forbes. <https://www.forbes.com.mx/covid-19-en-mexico-cobro-626000-vidas-entre-2020-y-2021-oms/>
- Ford, J. (2020). Biopharma leaders prioritize R&D, technological transformation, and global market presence. Deloitte Insights.
- Foro Consultivo. (2019). Los desafíos de la nanomedicina en México.
- Formichella, M. M. (2005). La evolución del concepto de innovación y su relación con el desarrollo. MAAyP-INTA.
- Franco-Paredes, C., Lammoglia, L., & Santos-Preciado, J. I. (2004). Perspectiva histórica de la viruela en México: Aparición, eliminación y riesgo de reaparición por bioterrorismo. *Gaceta Médica de México*, 140(3), 321–328. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0016-38132004000300013](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0016-38132004000300013)
- García Bedoy, H. (1992). Neoliberalismo en México: Características, límites y consecuencias. ITESO.
- García, F. (1999). Métodos moleculares para el desarrollo de vacunas. *Acta Pediátrica Costarricense*, 13(2), 55–59. [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1409-00901999000200002&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00901999000200002&lng=en&nrm=iso&tlng=es)

- Garrido, E. M. (n.d.). Aplicación de nanopartículas en vacunación y modulación del sistema inmunitario.
- Gaspar Olvera, S., & Caballero Anguiano, F. J. (2021). Hegemonic patent power: The concentration of knowledge in the North and the exclusion of Southern innovators. *Migración y Desarrollo*, 19(37), 7–32. <https://doi.org/10.35533/myd.1937.sgo.fjca>
- Gaspari Cirne de Toledo, D., & Cirne de Toledo Júnior, J. E. (2021). Technological transition and technological dependency: Latin America–China relations in a changing international order. *Revista de Gestão*, 28(4), 284–296. <https://doi.org/10.1108/REGGE-12-2020-0153>
- Gereffi, G. (2014). Nuevas tendencias en las cadenas de valor y el escalamiento industrial. Nuevas tendencias en las cadenas de valor y el escalamiento industrial (pág. 30). Ciudad de México: UNAM/INEGI.
- Ginebra Serrabou, X. (2008). La propiedad industrial y la competencia económica en México. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado*, XLI (121), 117-171.
- Global Health Centre. (2021, julio 8). Covid-19 vaccine R&D investments. Recuperado de <https://www.knowledgeportalia.org/covid19-r-d-funding>
- Gold, R. (2010). El sistema de patentes y la libertad para investigar: Estudio comparativo. WIPO. [https://www.wipo.int/edocs/mdocs/scp/es/scp\\_15/scp\\_15\\_3-annex6.pdf](https://www.wipo.int/edocs/mdocs/scp/es/scp_15/scp_15_3-annex6.pdf)
- González García, R. (2021). Inversión en I+D y las pandemias que estén por venir. *Revista Española de Cirugía Oral y Maxilofacial*. <https://doi.org/10.20986/recom.2021.1279/2021>
- González Merino, A., & Castañeda Zavala, Y. (2021). Propiedad intelectual en época del SARS-CoV-2 (Covid-19). *Sociológica (México)*, 36(104), 183–218. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-01732021000300183&lng=es&tlng=es](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-01732021000300183&lng=es&tlng=es)
- González, G. (2010). Desigualdad social y equidad en salud. En *Perspectivas Internacionales* (p. 212). Universidad de Guadalajara.
- González, I., Armas, B., Coronel, M., Vergara, O., Maldonado, N., & Granillo, R. (2021). Technological development in industrial revolutions. *Ingenio y Conciencia Boletín Científico de La Escuela Superior Ciudad Sahagún*, 8(16), 41–52.
- Griliches, Z., & Mairesse, J. (1984). Productivity and R&D at the firm level. University of Chicago Press. Recuperado de <http://www.nber.org/chapters/c10058>
- GSK. (2012). México: País pionero en la producción local de vacunas. Historia y avances de la vacunación en México. Instituto Nacional de Salud Pública. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/400159/Varios\\_-\\_Historia\\_y\\_avances\\_de\\_la\\_vacunaci\\_n\\_en\\_M\\_xico.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/400159/Varios_-_Historia_y_avances_de_la_vacunaci_n_en_M_xico.pdf)
- Gutiérrez Escolano, A. L. (2022). Las vacunas contra covid-19 y sus distintos mecanismos de acción. *Conexión Cinvestav*. <https://conexion.cinvestav.mx/Publicaciones/las-vacunas-contra-covid-19-y-sus-distintos-mecanismos-de-acci243n>
- Gutiérrez, G. (2014). La educación en México: La industria sin innovación. Wilson Center. <https://www.wilsoncenter.org/publication/education-mexico-the-industry-without-innovation>

Gutiérrez, T. (2004). La inversión extranjera directa en el TLCAN. *Economía UNAM*, 1(3), 30-52.

Gutiérrez-Robledo, L. M., Caro-López, E., Guerrero-Almeida, M. de L., Dehesa-Violante, M., Rodríguez-Noriega, E., García-Lara, J. M., Medina-López, Z., Báez-Saldaña, R., Díaz-López, E., Avila-Fematt, F. M. de G., Betancourt-Cravioto, M., & García-García, L. (2017). Primer consenso mexicano de vacunación en el adulto. *Gaceta Médica de México*, 153(5), 5–70.

Guzmán, A., & Pérez, M. A. (2021). Extension of the covid-19 pandemic facing access to the vaccine and technological and innovative capabilities in Mexico's biopharmaceutical sector. *Economía Teoría y Práctica*, 69–98. <https://doi.org/10.24275/ETYPUAM/NE/E052020/Guzman>

Guzmán, A., Gómez Viquez, H., & López Herrera, F. (2018). Patentes y crecimiento económico, el caso de México durante el TLCAN. *Economía: Teoría y Práctica*, 177-213. <https://doi.org/10.24275/etypuam/ne/e042018/guzman>

Halabi, S., Rourke, M., & Katz, R. (2019). La ley y la ética del intercambio de datos durante emergencias de enfermedades infecciosas. *Revista de Leyes y Políticas de Atención Médica*. (De próxima publicación).

Hassan, A., & Jamaluddin, Y. (2015). International technology transfer models: A comparison. *J. Theor. Appl. Inf. Technol.*

Heinz, F. X., & Stiasny, K. (2021). Distinguishing features of current COVID-19 vaccines: Knowns and unknowns of antigen presentation and modes of action. *npj Vaccines*, 6(1), 104. <https://doi.org/10.1038/s41541-021-00369-6>

Hermida, E. B. (2016). Biomatter: Un camino entre la ciencia aplicable y la transferencia tecnológica. En F. y N. Academia Nacional de Ciencias Exactas (Ed.), *Empresas de base tecnológica en Argentina: Experiencias narradas por sus creadores* (pp. 97–110). Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/112233/CONICET\\_Digital\\_Nro.516fcec2-4792-49ee-9be8-6fbd83530574\\_b.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/112233/CONICET_Digital_Nro.516fcec2-4792-49ee-9be8-6fbd83530574_b.pdf?sequence=5&isAllowed=y)

Hirsch, L. R., Stafford, R. J., Bankson, J. A., Sershen, S. R., Rivera, B., Price, R. E., Hazle, J. D., Halas, N. J., & West, J. L. (2003). Nanoshell-mediated near-infrared thermal therapy of tumors under magnetic resonance guidance. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(23), 13549–13554. <https://doi.org/10.1073/pnas.2232479100>

Holloway, J. (1993). La reforma del Estado: Capital global y Estado nacional. *Perfiles Latinoamericanos*, 7-32.

Holst, J. (2023). Viral neoliberalism: The road to herd immunity still a rocky one. *International Journal of Social Determinants of Health and Health Services*, 53(1), 30–38. <https://doi.org/10.1177/00207314221131214>

Huang, X., Kon, E., Han, X., Zhang, X., Kong, N., Mitchell, M. J., Peer, D., & Tao, W. (2022). Nanotechnology-based strategies against SARS-CoV-2 variants. *Nature Nanotechnology*, 17(10), 1027–1037. <https://doi.org/10.1038/s41565-022-01174-5>

Hurtado, C., & Matías, N. (2006). Historia de la vacunación en México. *Revista Mexicana de Puericultura y Pediatría*, 13, 47–52.

- IFPMA. (2021). 2021 progress report. [https://www.ifpma.org/wp-content/uploads/2023/01/i2023\\_AMRIA\\_exec-summary-FINAL-1.pdf](https://www.ifpma.org/wp-content/uploads/2023/01/i2023_AMRIA_exec-summary-FINAL-1.pdf)
- INEHRM, & Secretaría de Salud. (2017). Memoria y prospectiva de las secretarías de Estado - Secretaría de Salud (Secretaría de Salud: La Salud en la Constitución Mexicana, Ed.; 1st ed.).
- Instituto de Salud para el Bienestar. (2021). Conferencia presidencial 13 de abril 2021 | Pulso de la Salud y vacuna patria. Instituto de Salud Para el Bienestar. <https://www.gob.mx/insabi/es/articulos/conferencia-presidencial-13-de-abril-2021-pulso-de-la-salud-y-vacuna-patria>
- Iñesta, A., & Oteo, L. A. (2011). La industria farmacéutica y la sostenibilidad de los sistemas de salud en países desarrollados y América Latina. *Ciência & Saúde Coletiva*, 16(6), 2713–2724. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232011000600010>
- IMSS. (2022). El Conacyt y el IMSS firman convenio de colaboración para desarrollar investigación clínica y tecnología biomédica. Acercando el IMSS al Ciudadano. <https://imss.gob.mx/prensa/archivo/202204/187>
- Jain, K. K. (2008). Nanomedicine: Application of nanobiotechnology in medical practice. *Medical Principles and Practice*, 17(2), 89–101. <https://doi.org/10.1159/000112961>
- Jia, L. (2005). Global governmental investment in nanotechnologies. *National Library of Medicine*, 263-266.
- Jiménez, G., Zolezzi, I., Hidalgo, A., & March, S. (n.d.). La medicina genómica en México: Los primeros pasos y el camino por recorrer. Recuperado el 7 de mayo de 2023, de <https://genomamexicanos.inmegen.gob.mx/articulos/genome%20research.pdf>
- Johnson, B., & Lundvall, B. (1994). Sistemas nacionales de innovación y aprendizaje institucional. *Comercio Exterior*, 695-704.
- Jommi, C., Pantellini, F., Stagi, L., Verykiou, M., & Cavazza, M. (2021). The economic impact of compassionate use of medicines. *BMC Health Services Research*, 21(1), 1303. <https://doi.org/10.1186/s12913-021-07255-w>
- Jordán, J. C. (2011). La innovación: Una revisión técnica desde la perspectiva de marketing. *Perspectivas*, 47-71.
- Katz, C. (2020). América Latina en el capitalismo contemporáneo. *Economía y Crisis*, 17.
- Kheirollahpour, M., Mehrabi, M., Dounighi, N. M., Mohammadi, M., & Masoudi, A. (2020). Nanoparticles and vaccine development. *Pharmaceutical Nanotechnology*, 8(1), 6–21. <https://doi.org/10.2174/2211738507666191024162042>
- Khurana, A., Allawadhi, P., Khurana, I., Allwadh, S., Weiskirchen, R., Banothu, A. K., Chhabra, D., Joshi, K., & Bharani, K. K. (2021). Role of nanotechnology behind the success of mRNA vaccines for COVID-19. *Nano Today*, 38, 101142. <https://doi.org/10.1016/j.nantod.2021.101142>
- Klobucista, C. (2022, diciembre 5). A guide to global COVID-19 vaccine efforts. Council of Foreign Relations. <https://www.cfr.org/backgrounder/guide-global-covid-19-vaccine-efforts>

Knowledge Network on Innovation and Access to Medicines. (SF). COVID-19 vaccine. Obtenido de <https://www.knowledgeportalia.org/covid19-vaccine-arrangements>

Kohrt, B. A., & Carruth, L. (2022). Syndemic effects in complex humanitarian emergencies: A framework for understanding political violence and improving multi-morbidity health outcomes. *Social Science & Medicine*, 295, 113378. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2020.113378>

Kolata, G., & Mueller, B. (2022). Cómo se hicieron las vacunas ARNm: con lentitud y accidentes afortunados. *The New York Times*. <https://www.nytimes.com/es/2022/01/20/espanol/vacunas-armm-covid.html>

Kovac, M., & Rakovec, L. (2022). The COVID-19 pandemic and long-term incentives for developing vaccines: Patent law under stress. *The Journal of World Intellectual Property*, 25(2), 292–316. <https://doi.org/10.1111/jwip.12223>

Kroto, H. W., Heath, J. R., O'Brien, S. C., Curl, R. F., & Smalley, R. E. (1985). C60: Buckminsterfullerene. *Nature*, 318(6042), 162–163. <https://doi.org/10.1038/318162a0>

Aristodemou, L., & Tietze, F. (2018). The state-of-the-art on intellectual property analytics (IPA): A literature review on artificial intelligence, machine learning and deep learning methods for analysing intellectual property (IP) data. *World Pat. Inf.*, 55, 37–51.

Aristodemou, L., Tietze, F., & Minshall, T. (2017). Exploring the future of patent analytics: A technology roadmapping approach.

Lalani, H. S., Nagar, S., Sarpatwari, A., Barenie, R. E., Avorn, J., Rome, B. N., & Kesselheim, A. S. (2023). US public investment in development of mRNA covid-19 vaccines: Retrospective cohort study. *BMJ*, e073747. <https://doi.org/10.1136/bmj-2022-073747>

Lamata Cotanda, F. (2021). Las patentes y el acceso de las vacunas: Un desequilibrio que mata. *Anuario CEIPAZ*, 29-49.

LatinComm. (2015). México: País pionero en la producción local de vacunas—Historia y avances de la vacunación en México. *Latest Review*, 10. Gobierno de México.

Laura Vazquez Maggio, M. (2017). Revisión del modelo de sustitución de importaciones: Vigencia y algunas reconsideraciones. *Economía Informa*, 404, 4–17. <https://doi.org/10.1016/j.ecin.2017.05.008>

Lee Wynne, P. (2020). Orgía especulativa: Cómo hacerse ricos con la vacuna... aunque la vacuna no exista. *Sputnik Mundo*.

Legge, K. L., Narasimhan, B., Ross, K. A., & Waldschmidt, T. J. (2020). Influenza nanovaccine (Patent US10874737B2).

Lima, L. (2021). La distribución desigual de vacunas entre países ricos y pobres significará que el virus continuará propagándose y mutando. *BBC*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-55911364>

Lindner, H., & Morante S., M. (2018). El uso estratégico de las patentes secundarias y otros instrumentos en el sector farmacéutico: La experiencia mexicana. UNAM.



- Londoño, J., Velásquez, S., Villa, M., Franco, F., & Viana, N. (2018). Identificación de tipos, modelos y mecanismos de transferencia tecnológica que apalancan la innovación. *Revista Cintex*, 13-23.
- López S., P. (2022). México tiene potencial para explotar hasta 125 millones de productos naturales. *Gaceta UNAM*.
- López, A., Roffinelli, G., & Castiglioni, L. (2021). Crisis capitalista mundial en tiempos de pandemia (Vol. 1). CLACSO.
- Loser, C., & Kalter, E. (1992). Mexico: The strategy to achieve sustained economic growth. International Monetary Fund. <https://doi.org/10.5089/9781557753120.084>
- Lovera, I., Castro, E., Smith, H., Mujica, M., & Marín, F. (2008). Evolucionismo económico desde la perspectiva de Nelson y Winter. *Multiciencias*, 48-54.
- Malam, Y., Loizidou, M., & Seifalian, A. M. (2009). Liposomes and nanoparticles: Nanosized vehicles for drug delivery in cancer. *Trends in Pharmacological Sciences*, 30(11), 592–599. <https://doi.org/10.1016/j.tips.2009.08.004>
- Manriquez Roa, T., Holzer, F., Luna, F., & Biller-Andorno, N. (2021). Expert views on COVAX and equitable global access to COVID-19 vaccines. *International Journal of Public Health*, 66, 1604236. <https://doi.org/10.3389/ijph.2021.1604236>
- Márquez Covarrubias, H. (2021). Vacunar al capitalismo para salvarlo de sí mismo: Lecciones preliminares de la pandemia desde la ciencia y la política. *Observatorio del Desarrollo. Investigación, Reflexión y Análisis*, 10(29), 32–49. <https://doi.org/10.35533/od.1029.hmc>
- Márquez, T. (2005). Aprovechamiento de la información tecnológica contenida en patentes para el desarrollo de la ciencia y las empresas. *Revista Venezolana de Economía y Ciencias Sociales*, 11(1), 185-207.
- Martínez López, O. (2012). Dependencia de la trayectoria en la industrialización de México en el siglo XXI.
- Martínez Peinado, J. (2011). La estructura teórica centro/periferia y el análisis del sistema económico global: ¿Obsoleta o necesaria? *Revista de la Economía Mundial*, 29-59.
- Martínez-Gómez, C., & Parraguez-Camus, C. (2021). Daño social, neoliberalismo y la pandemia del Covid-19 en América Latina. *Papeles de Población*, 27(107), 103–140. <https://doi.org/10.22185/24487147.2021.107.05>
- Martínez-Martínez, E., Zaragoza, M. L., Solano, E., Figueroa, B., Zúñiga, P., & Laclette, J. P. (2012). Health research funding in Mexico: The need for a long-term agenda. *PLoS ONE*, 7(12), e51195. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051195>
- Martonosi, S. E., Behzad, B., & Cummings, K. (2021). Pricing the COVID-19 vaccine: A mathematical approach. *Omega*, 103, 102451. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2021.102451>
- Marshall, A. (1890). *Principles of economics*. Macmillan and Co. <https://www.econlib.org/library/Marshall/marP.html>
- Marx, C. (1867). *El capital*. Tomo I. Moscú: Editorial Progreso.

- Marx, K., & Engels, F. (1848). Manifiesto comunista. Akal.
- Menéndez, J. Á. (2016). Una breve historia del origen de las patentes. En Patentes increíbles. Repositorio Institucional del CSIC.
- Merritt, H. (2011). Las empresas mexicanas de base tecnológica y sus capacidades de innovación: Una propuesta metodológica. *Trayectorias*, 27-50.
- Merritt, H., & Madujano, O. (2011). La innovación industrial en México y su efecto en la vinculación academia-industria. En B. Méndez, H. Merritt, & H. Gómez. México: Miguel Ángel Porrúa.
- Ministerio de Salud Pública. (2017). Buenas prácticas farmacéuticas: Sistema regulador en Cuba (2ª ed.). Centro para el Control Estatal de Medicamentos, Equipos y Dispositivos Médicos (CECMED).
- Miranda, M. G. (2021, agosto 26). La desigualdad en la distribución de las vacunas contra COVID-19: El gran obstáculo para el control de la pandemia. Observatorio de Vacunas. <https://observatoriovacunascovid19.unam.mx/la-desigualdad-en-la-distribucion-de-las-vacunas-contracovid-19-el-gran-obstaculo-para-el-control-de-la-pandemia>
- Mohsen, M. O., Zha, L., Cabral-Miranda, G., & Bachmann, M. F. (2017). Major findings and recent advances in virus-like particle (VLP)-based vaccines. *Seminars in Immunology*, 34, 123–132. <https://doi.org/10.1016/j.smim.2017.08.014>
- Motari, M., Nikiema, J.-B., Kasilo, O. M. J., Kniazkov, S., Loua, A., Sougou, A., & Tumusiime, P. (2021). The role of intellectual property rights on access to medicines in the WHO African region: 25 years after the TRIPS agreement. *BMC Public Health*, 21(1), 490. <https://doi.org/10.1186/s12889-021-10374-y>
- Mortimore, M. (1993). Las transnacionales y la industria en los países en desarrollo. *Revista de la CEPAL*. <https://repositorio.cepal.org/items/67b94d2d-411a-4270-afe4-8f3bd78a0403>
- Musi, P. (2019). Transferencia de tecnología eficaz del desarrollo a la fabricación de un medicamento. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/transferencia-de-tecnología-eficaz-del-desarrollo-la-fabricación>
- Naciones Unidas-Cepal. (2016). Ciencia, tecnología e innovación en la economía digital: La situación de América Latina y el Caribe. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/40530>
- Nanobiotec. (2019, April 13). Nanotecnología en ayuda de las vacunas.
- Nava, M. E. (2021). Vacunas de covid-19: ¿por qué no se liberan las patentes para que puedan producirse de manera masiva y lleguen a todo el mundo? BBC News World.
- Nottage, H. (s.f.). Trade in war's darkest hour. [https://www.wto.org/english/thewto\\_e/history\\_e/tradewardarkhour41\\_e.htm](https://www.wto.org/english/thewto_e/history_e/tradewardarkhour41_e.htm)
- Novelo, F. (2016). La pertinencia actual de la teoría general de Keynes. *Economía UNAM*, 13(38), 41-60.
- Oliver, R. (2024, February 13). La nanotecnología es incómoda porque obliga a los científicos a colaborar. *Ethic*.

O'Malley, A. (2012). Poverty reduction programs and rural poverty. En Poverty and development in Latin America (pp. 117-127). Kumarian Press.

Ocampo, J. A. (2008). Los paradigmas del desarrollo en la historia latinoamericana. En Hacia la revisión de los paradigmas del desarrollo en América Latina (pp. 43-51). CEPAL.

Ocaña García, A. (2020). Vacunas basadas en nanotecnología. Universidad de Sevilla.  
<https://idus.us.es/handle/11441/103304>

OCDE. (2006). Manual de Oslo: Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación. OCDE/EUROSTAT. <https://www.oecd.org/innovation/inno/2367613.pdf>

Ochoa Tinoco, C. (2005). La migración de talentos en México. Política y Cultura, 23, 307–311.

Oliver, R. (2024, February 13). La nanotecnología es incómoda porque obliga a los científicos a colaborar. Ethic.

OMC. (2010). Propiedad intelectual: Protección y observancia.  
[https://www.wto.org/spanish/thewto\\_s/whatis\\_s/tif\\_s/agrm7\\_s.htm](https://www.wto.org/spanish/thewto_s/whatis_s/tif_s/agrm7_s.htm)

OMC. (2020). Desarrollo y distribución de vacunas contra la Covid-19 en todo el mundo. OMC.  
[https://www.wto.org/spanish/tratop\\_s/covid19\\_s/vaccine\\_report\\_s.pdf](https://www.wto.org/spanish/tratop_s/covid19_s/vaccine_report_s.pdf)

OMC. (s.f.-a). Los principios del sistema de comercio.  
[https://www.wto.org/spanish/thewto\\_s/whatis\\_s/tif\\_s/fact2\\_s.htm](https://www.wto.org/spanish/thewto_s/whatis_s/tif_s/fact2_s.htm)

OMC. (s.f.-b). Textos jurídicos: Los acuerdos de la OMC.  
[https://www.wto.org/spanish/tratop\\_s/gatt\\_s/gatt\\_s.htm](https://www.wto.org/spanish/tratop_s/gatt_s/gatt_s.htm)

OMPI. (2007). Panorama general de la OMPI.  
[https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/es/general/1007/wipo\\_pub\\_1007.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/es/general/1007/wipo_pub_1007.pdf)

OMPI. (2010). Reseña histórica de la OMPI. <https://www.wipo.int/about-wipo/es/history.html>

OMPI. (2018). Tratado de cooperación en materia de patentes (PCT): Reglamento del PCT. OMPI.

OMPI. (2022). Resumen Índice Mundial de Innovación 2022.

OMS. (2013). Promover el acceso a las tecnologías médicas y la innovación: Intersecciones entre la salud pública, la propiedad intelectual y el comercio. [www.wipo.int/freepublications/es/](http://www.wipo.int/freepublications/es/)

OMS. (2020). Manufacturing safety and quality control. <https://www.who.int/es/news-room/feature-stories/detail/manufacturing-safety-and-quality-control>

OMS. (2021, August). Enfermedad por coronavirus (COVID-19): Accesibilidad y asignación de las vacunas. [https://www.who.int/es/news-room/q-a-detail/coronavirus-disease-\(covid-19\)-vaccine-access-and-allocation](https://www.who.int/es/news-room/q-a-detail/coronavirus-disease-(covid-19)-vaccine-access-and-allocation)

OMS. (2021, January 12). Acceso y distribución de vacunas: ¿Cómo se logrará distribuir de manera justa y equitativa una cantidad limitada de existencias? SAGE. <https://www.who.int/es/news-room/feature-stories/detail/access-and-allocation-how-will-there-be-fair-and-equitable-allocation-of-limited-supplies>

OMS. (2022). A shared understanding for equitable access to vaccines.

- OMS. (2022, November 9). La OMS publica los primeros datos sobre el mercado mundial de vacunas desde la COVID-19. Servicio de Prensa Para Los Medios de Comunicación. <https://www.who.int/es/news/item/09-11-2022-who-releases-first-data-on-global-vaccine-market-since-covid-19>
- OPS. (2020). Desarrollo, distribución y suministro de vacunas. Washington, D.C.: OPS.
- OPS/OMS. (2021). Actualización Epidemiológica / Enfermedad por coronavirus (COVID-19). Washington, D.C.: Organización Mundial de la Salud - Oficina Regional de las Américas.
- Ordaz, J. L. (2007). México: Capital humano e ingresos. Retornos a la educación, 1994-2005.
- Ornelas, J. (2008). Sesenta años de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Revista de la Facultad de Economía, 105-119.
- Paranjpe, P. (2021). Las principales empresas farmacéuticas que desarrollan las vacunas contra la COVID-19 avivan una crisis sin precedente de derechos humanos. Amnistía Internacional. Recuperado de <https://es.amnesty.org>
- Patent Act 1970, Ch. 7 109-112 (1970). Recuperado de <https://www.uspto.gov>
- Patiño González, D. (2018, enero 8). Transferencia tecnológica en México, el reto de la Red OTT. Ciencia MX. Recuperado de <http://www.cienciamx.com>
- Pavitt, K., & Patel, P. (1992). Empresas globales y sistemas nacionales de innovación: ¿Quién domina a quién? En Competencia global y cambio tecnológico (pp. 75-101). OCDE.
- Penrose, E. (1974). La economía del sistema internacional de patente (1ª ed.). Siglo XXI Editores.
- Pereira, M. (2018). La automatización en el futuro trabajo y la tercerización. RELATS. Recuperado de <http://www.relats.org>
- Pérez Cruz, O. A. (2019). Innovación y transferencia de tecnología en México: Un análisis empírico de datos panel. RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 10(19). <https://doi.org/10.23913/ride.v10i19.503>
- Pérez, C. (1992). Cambio técnico, reestructuración competitiva y reforma institucional en los países en desarrollo. El Trimestre Económico, 59, 23-64.
- Pérez, R. (2011). Tratado de derecho de la propiedad industrial: Patentes, marcas, denominación de origen, obtentores de vegetales, informática: Un enfoque de derecho económico (5ª ed.). Porrúa.
- Periferia. (2022). México subirá apenas 13% la inversión en ciencia y tecnología para 2023. Periferia. Recuperado de <https://periferia.com.ar>
- Pilkington, V., Keestra, S. M., & Hill, A. (2022). Global COVID-19 vaccine inequity: Failures in the first year of distribution and potential solutions for the future. Frontiers in Public Health, 10. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.821117>
- Polack, F. P., et al. (2020). Safety and efficacy of the BNT162b2 mRNA Covid-19 vaccine. New England Journal of Medicine, 383(27), 2603–2615. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2034577>
- Poy Solano, L. (2023). La vacuna Patria no es una apuesta obsoleta o tardía: Álvarez-Buylla. La Jornada. Recuperado de <https://www.jornada.com.mx>

- Prebisch, R. (1981). Latin American development. *Population and Development Review*, 7(3), 563. <https://doi.org/10.2307/1972587>
- Quevedo, F. J. L. (1999). Vacunas en pediatría. *Médica*.
- Quevedo, L. F. (2019). Aproximación crítica a la teoría económica propuesta por Schumpeter. *Investigación & Negocios*, 50-60.
- Quirino-Barreda, C. (2014). Los retos de la nanotecnología farmacéutica. *Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología*, 7(12), 4-5.
- Reinert, E. S. (Ed.). (2004). *Globalization, economic development, and inequality*. Edward Elgar Publishing.
- Ricardo, D. (1817). *Principios de economía política y tributación*. John Murray.
- Rincón Castillo, E. L. (2004). El Sistema Nacional de Innovación: Un análisis teórico-conceptual. *Opción*, 20(45), 94-117.
- Rivera, G. (2014). Protección de los datos de prueba farmacéuticos: Aportes para la interpretación del acuerdo ADPIC favorable a los países en desarrollo. Programa de Cátedras de la OMC, FLACSO.
- Rivera, M., & Caballero, R. (2003). Los sistemas de innovación y la teoría del desarrollo. *Revista Latinoamericana de Economía*, 9-31.
- Roco, M. C. (2003). Nanotechnology: Convergence with modern biology and medicine. *Current Opinion in Biotechnology*, 14(3), 337-346. [https://doi.org/10.1016/S0958-1669\(03\)00068-5](https://doi.org/10.1016/S0958-1669(03)00068-5)
- Rodríguez Chávez, L. L. (2021). Historia de la vacunación en México, desde la viruela hasta COVID-19. *Imagen Global*.
- Rodríguez, A., Aramendis, R., Deana, A., García, R., & Pittaluga, L. (2020). El aporte de la biotecnología médica frente a la pandemia del COVID-19 y lecciones para su desarrollo mediante las estrategias nacionales de bioeconomía: Estudios de caso de Colombia, Costa Rica y Uruguay. CEPAL.
- Rodríguez, M., Vásquez, G. A., & Cediél-Becerra, N. (2023). Alianzas públicas, privadas y público-privadas para implementar Una Salud como acción contra la resistencia antimicrobiana en Colombia. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 47, e64. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2023.64>
- Roffe, P., Santa Cruz, M., & CEPAL. (2006). Los derechos de propiedad intelectual en los acuerdos de libre comercio celebrados por países de América Latina con países desarrollados. CEPAL.
- Rojo, M. (2019). La innovación y su importancia. *Uisrael*, 9-21.
- Rosas Sánchez, J. (1975). Los intentos de industrialización en México: 1821-1877 bibliografía comentada. *Estudios Políticos*, 1. <https://doi.org/10.22201/fcpys.24484903e.1975.1.60277>
- Royal Society. (2004). *Nanoscience and nanotechnologies: Opportunities and uncertainties*. Londres: Royal Society.
- Sahoo, S. K., & Parveen, S. (2007, marzo 3). The present and future of nanotechnology in human health care. *ScienceDirect*. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17379166/>

Saladino, A. (2015). Impacto de la Revolución Mexicana en la ciencia y la tecnología. Investigación UNAM.

Salamanca-Buentello, F., & Daar, A. S. (2021). Nanotechnology, equity, and global health. *Nature Nanotechnology*, 16(4), 358–361. <https://doi.org/10.1038/s41565-021-00899-z>

Saldívar, B. (2021). La estimación del PIB de México, del Inegi, arrojó que el año pasado los efectos de la crisis del Covid-19 provocaron que la actividad económica cayera 8.5%. *El Economista*. Recuperado de <https://www.economista.com.mx>

Salles, T. S., da Encarnação Sá-Guimarães, T., de Alvarenga, E. S. L., Guimarães-Ribeiro, V., de Meneses, M. D. F., de Castro-Salles, P. F., dos Santos, C. R., do Amaral Melo, A. C., Soares, M. R., Ferreira, D. F., & Moreira, M. F. (2018). History, epidemiology, and diagnostics of dengue in the American and Brazilian contexts: A review. *Parasites & Vectors*, 11(1), 264. <https://doi.org/10.1186/s13071-018-2830-8>

Sánchez Mendiola, M., Martínez Hernández, A. M. del P., Torres Carrasco, R., de Agüero Servín, M., Hernández Romo, A. K., Benavides Lara, M. A., Rendón González, V. J., & Jaimes Vergara, C. A. (2020). Retos educativos durante la pandemia de COVID-19: una encuesta a profesores de la UNAM. *Revista Digital Universitaria*, 21(3). <https://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2020.v21n3.a12>

Sánchez Regla, A. L., Ortiz Guzmán, A. L., Pérez Hernández, M. del P. M., Rivera, I., & Pérez Tapia, S. M. (2019). Mecanismos de transferencia de tecnología como elementos del fortalecimiento del conocimiento acumulado en la industria biofarmacéutica mexicana: El caso de la UDIBI – IPN. *Nova Scientia*, 11(22), 246–273. <https://doi.org/10.21640/ns.v11i22.1622>

Sánchez-Talanquer, M. (2021). La respuesta de México al Covid-19: Estudio de caso. Recuperado de <https://globalhealthsciences.ucsf.edu>

Santos Rutschman, A. (2020). The Intellectual Property of Vaccines: Takeaways from recent infectious disease outbreaks. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3546368>

Santos, J. I. (2014). La vacunación en México en el marco de las "décadas de las vacunas": logros y desafíos. *Gaceta Médica de México*, 150, 180–188.

Schmitz Vaccaro, C. (2013). Evolución de la regulación internacional de la propiedad intelectual. *La Propiedad Inmaterial*, 17, 63-92.

Schrecker, T., & Bambra, C. (2015). How politics makes us sick: Neoliberal epidemics.

Schumpeter, J. (1939). *Business cycles. A theoretical, historical and statistical analysis of the capitalist process* (McGraw-Hill Book Company, Abridged, with an Introduction by Rendigs Fels).

Secretaría de Economía. (2019, febrero 13). IMPI [Gobierno de México]. Universidades y centros de investigación nacionales que registran más patentes en México. Recuperado de <https://www.gob.mx/se>

Secretaría de Salud. (2021, junio 10). Con Sputnik V, México completaría envasado de tres vacunas contra COVID-19: Birmex. Recuperado de <https://birmex.gob.mx/news/con-sputnik-v-mexico-completaria-ensado-de-tres-vacunas-contra-covid-19-birmex/>

Senado de la República. (2020). La cuestión de las patentes en el Tratado México-Estados Unidos-Canadá: ¿un obstáculo para el desarrollo de medicamentos genéricos en México? Instituto Belisario Domínguez (Senado de La República), 86, 3–13.

Silva, L. P. A. da, & Rapini, M. S. (2022). Suitability of two WHO research and development initiatives for COVID-19 to promote equitable innovation: the Access to COVID-19 Tools Accelerator and COVID-19 Technology Access Pool. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 46, 1. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2022.194>

Silva, N. O., Ramalho, M. A. P., Abreu, Â. de F. B., & Carneiro, J. E. de S. (2004). Performance of common bean families after different generations under natural selection. *Genetics and Molecular Biology*, 27(4), 574–578. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572004000400018>

Singer, M. (1996). A dose of drugs, a touch of violence, a case of AIDS: conceptualizing the SAVA syndemic. *Free Inquiry in Creative Sociology*, 24(2), 99–110.

Smith, A. (1981). *An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations*. Indianapolis: Liberty Classics.

Solano, E., Arzola, M., Durán, M., & Chacón, F. (2013). Modelo para transferencia de tecnología en empresas públicas. Caso de estudio: Siderúrgica Alfredo Maneiro SIDOR. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, 3(10), 23–38.

Solleiro, J. L., & Ballinas, M. (2013, October 2). La gestión de la innovación en empresas farmacéuticas mexicanas. XVIII Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática.

Sosa Pérez, J. A. (2014). *América Latina vs la transferencia tecnológica y desarrollo*. República Dominicana: Ciencia y Sociedad.

Statista. (2020, marzo 18). Los mayores fabricantes de vacunas del mundo. Recuperado de <https://es.statista.com>

Statista. (2023). Evolución anual del volumen de ingresos de la industria farmacéutica a nivel mundial de 2001 a 2022. Recuperado de <https://es.statista.com>

Statista. (2022, mayo 4). Porcentaje de población con al menos una dosis recibida de las vacunas contra el coronavirus a nivel mundial a fecha de 4 de mayo de 2022, por región. Recuperado de <https://es.statista.com>

Strasser, S., Stauber, C., Shrivastava, R., Riley, P., & O'Quin, K. (2021). Collective insights of public-private partnership impacts and sustainability: A qualitative analysis. *PLOS ONE*, 16(7), e0254495. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254495>

Suárez, V., Suarez Quezada, M., Oros Ruiz, S., & Ronquillo De Jesús, E. (2020). Epidemiología de COVID-19 en México: del 27 de febrero al 30 de abril de 2020. *Revista Clínica Española*, 220(8), 463–471. <https://doi.org/10.1016/j.rce.2020.05.007>

Sunkel, O. (1970). *El subdesarrollo latinoamericano y la teoría del desarrollo* (Siglo XXI, Ed.; 1era ed.). CEPAL.

Sztulwark, S., & Míguez, P. (2012). Conocimiento y valorización en el nuevo capitalismo. *Realidad Económica*, 270, 11–32.

- Tamez, S., E., C., Z. X., & Ramírez, R. (2016). Public-private articulation in the production of vaccines in Mexico. *Saúde Em Debate*, 40(111), 9–20.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=406349550002>
- The PLOS Medicine Editors. (2022). Vaccine equity: A fundamental imperative in the fight against COVID-19. *PLOS Medicine*, 19(2), e1003948. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003948>
- Thornton, I., Wilson, P., & Gandhi, G. (2022). “No Regrets” Purchasing in a pandemic: making the most of advance purchase agreements. *Globalization and Health*, 18(1), 62.  
<https://doi.org/10.1186/s12992-022-00851-3>
- Tidd, J., & Bessant, J. (2011). *Managing Innovation: Integrating Technological, Market and Organizational Change* (4th ed.). Chichester: John Wiley & Sons. Recuperado de <https://www.researchgate.net>
- Tietze, F., Vimalnath, P., Aristodemou, L., & Molloy, J. (2020). Crisis-Critical Intellectual Property: Findings from the COVID-19 Pandemic. *SSRN Electronic Journal*.  
<https://doi.org/10.2139/ssrn.3569282>
- Toche, N. (2021). México, en el sótano de la inversión en ciencia. *El Economista*.
- Tomoya Onishi, N. (2021, junio 15). Vietnam homegrown COVID vaccine heads for full approval by year-end. Recuperado de <https://asia.nikkei.com>
- Torres Domínguez, A. (2010). Medicamentos y transnacionales farmacéuticas: impacto en el acceso a los medicamentos para los países subdesarrollados. *Revista Cubana de Farmacia*, 14.
- Toscano, L. R. (2023). Análisis de la educación en México: barreras y limitantes para la congruencia, la calidad y la cobertura educativa actual. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 4851–4883. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i1.4805](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4805)
- Tratado de Libre Comercio de América del Norte, Sexto: Propiedad Intelectual. (1994). Recuperado de <http://www.sice.oas.org>
- Tripp, R. A. (2021). Advances in Vaccine Development. *Vaccines*, 9(9), 1036.  
<https://doi.org/10.3390/vaccines9091036>
- Trujillo Aguirre, R. M., & González Flores, J. G. (2013). Las epidemias de viruela y tifo en el siglo XVIII. *Saber Más - Revista de Divulgación*. Recuperado de <https://www.sabermas.umich.mx>
- Trujillo, C. H. S. (2021). Introducción- Marco teórico de vacunas para COVID-19. *Infectio*, 25(4).
- Ugalde, A., Hellmann, F., & Homedes, N. (2022). Inequity in access to vaccines: the failure of the global response to the COVID-19 pandemic. *Salud Colectiva*, 18, e4190.  
<https://doi.org/10.18294/sc.2022.4190>
- Ulrich, V. A., Omid, F. R., Langer, T., Junt, E., Moseman, L., Zhang, P., Basto, M., & Iannacone, F. A. (2013). Vaccine nanotechnology (Patent US9539210B2).
- UNCTAD. (2021). Why global cooperation on science, technology and innovation is more crucial than ever. UNCTAD. <https://unctad.org/news/why-global-cooperation-science-technology-and-innovation-more-crucial-ever>



- Valenzuela Sánchez, N. A., Alonso Bajo, R., & Moreno Treviño, J. O. (2018). Desajuste educativo en el mercado laboral de México y su efecto en los salarios. *Revista de Economía*, 35(91), 65–92. <https://doi.org/10.22201/economexican.2395-87152018000200065>
- van Rompaey, K. (2009). Salud global y derechos humanos: propiedad intelectual, derecho a la salud y acceso a los medicamentos. *Anuario de Derecho Constitucional Latinoamericano*, 497–522. <https://www.corteidh.or.cr/tablas/r23541.pdf>
- Vargas-Almanza, I. de J., Aragón-Nogales, R., & Miranda-Navales, M. G. (2019). Situación actual del sarampión en México y en el mundo. *Revista Mexicana de Pediatría*, 86(4), 133–137.
- Velásquez, L. A. (2010). Transferencia de tecnología: consideraciones y desafíos en escenarios de globalización. *Revista Venezolana de Gerencia*, 15(51), 428–445.
- Vicente, S., Sánchez, A., María, Y., & Alonso, J. (2009). Nanovacunas.
- Vidal, L. (2020). Relación entre la salud y las nanotecnologías desde una perspectiva del desarrollo. En *Nanomedicina: Aspectos regulatorios y socioeconómicos* (pp. 5-25). UNAM.
- Viera, E. (2011). Interpretations and technological changes in the processes of globalization. *Pap.polit*, 16, 667–699.
- Viesca, C. (2004). La Revolución Mexicana y el desarrollo tecnológico.
- Villapol, S. (2021). Las nanopartículas de las vacunas de la COVID-19 abren la puerta a nuevos tratamientos para el cerebro. *The Conversation*. <https://theconversation.com/las-nanoparticulas-de-las-vacunas-de-la-covid-19-abren-la-puerta-a-nuevos-tratamientos-para-el-cerebro-157185>
- Viriela Chaves, C., Costa Ribeiro, L., Pereira dos Santos, U., & da Motta e Albuquerque, E. (2020). Sistema de innovación y cambios en la división centro-periferia: Notas sobre una metodología para determinar las trayectorias de los países a partir de las estadísticas de ciencia y tecnología. *CEPAL*, 45–64.
- Wallerstein, I. (1974). *The modern world-system I: Capitalist agriculture and the origins of the European world-economy in the sixteenth century*. Academic Press.
- Wallerstein, I. (2011). *The modern world-system IV: Centrist liberalism triumphant, 1789-1914*. University of California Press.
- Wang, Z., Cui, K., Costabel, U., & Zhang, X. (2022). Nanotechnology-facilitated vaccine development during the coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic. *Exploration*, 2(5). <https://doi.org/10.1002/exp.20210082>
- WIPO. (2011). *Reseña del Convenio de París para la Protección de la Propiedad Industrial (1883) [WIPO Treaties]*. *Tratados Administrados por la OMPI*. [https://www.wipo.int/treaties/es/ip/paris/summary\\_paris.html](https://www.wipo.int/treaties/es/ip/paris/summary_paris.html)
- WIPO. (2021). *Global Innovation Index 2021: Tracking innovation through the COVID-19 crisis*.
- WIPO. (2022). *COVID-19-related vaccines and therapeutics: Preliminary insights on related patenting activity during the pandemic*.

- Wirtz, V. J., Reich, M. R., & Hernández-Ávila, M. (2008). Investigación para sustentar políticas farmacéuticas. *Salud Pública de México*, 50.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0036-36342008001000002](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342008001000002)
- Xue, Q., & Ouellette, L. L. (2020). Innovation policy and the market for vaccines. *Journal of Law and the Biosciences*, 7(549). <https://ssrn.com/abstract=3595756>
- Záyago, E. (2011). A nanotech cluster in Nuevo Leon, Mexico. Reflections on its social significance. *Nanotechnology Law and Business Journal*, 49–59.
- Zerega, G. (2023). El Gobierno mexicano anuncia que ya está lista la vacuna Patria contra la covid-19. *El País*.
- Zhang, F., Jiang, G., & Cantwell, J. A. (2019). Geographically dispersed technological capability building and MNC innovative performance: The role of intra-firm flows of newly absorbed knowledge. *Journal of International Management*, 25(3), 100669.  
<https://doi.org/10.1016/j.intman.2019.04.002>
- Zonzensain Laiter, Y. (2021). Las vacunas contra el Covid-19: dos dilemas éticos a considerar. *Medicina y Ética*, 32(1), 215–231. <https://doi.org/10.36105/mye.2021v32n1.06>
- Zurita-Cruz, J. N., Barbosa-Cortés, L., & Villasís-Keever, M. Á. (2019). De la investigación a la práctica: fases clínicas para el desarrollo de fármacos. *Revista Alergia México*, 66(2), 246–253.  
<https://doi.org/10.29262/ram.v66i2.625>
- Zukerfeld, M. (2011). Las regulaciones del acceso a los conocimientos en el período preindustrial. Introducción a una sociología histórica de la propiedad intelectual. *Redes*, 17(32), 17–37.