

Extensión de la pandemia Covid-19 frente al acceso a la vacuna y las capacidades tecnológicas y de innovación del sector biofarmacéutico de México*

Extension of the Covid-19 Pandemic Facing Access to the Vaccine and Technological and Innovative Capabilities in Mexico's Biopharmaceutical Sector

Alenka Guzmán** y Marco Antonio Pérez***

RESUMEN

El propósito de este artículo es analizar la relevancia del acceso de vacunas eficaces, las capacidades de absorción tecnológica endógenas en el sector biofarmacéutico y los factores que impulsan tales, que posibilitarían la contención exponencial de la Covid-19 en México y mejorar las condiciones de salud del país. Mediante simulaciones de la prolongación de la pandemia en México se corrobora que, sin la existencia de vacunas y su adecuado acceso a la población en todo el país, el virus SARS-COV-2 podría extenderse hasta mediados de 2022. El modelo Poisson propuesto, permite identificar que las capacidades de absorción tecnológica y de innovación del sector biofarmacéutico mexicano (lagtime Citation -*BwPatCit*-) aún son limitadas, pero que éstas podrían crecer al incrementar: stock de conocimiento tecnológico, tamaño de los equipos de investigación, patentes de firmas, vínculos ciencia académica-tecnología y valor de la patente citada. Fomentar la innovación biofarmacéutica tendrá impactos favorables al sistema de salud.

Palabras clave: Extensión Covid-19, vacunas, capacidades absorción tecnológica-innovación, sector biofarmacéutico mexicano.

Clasificación JEL: C15, C46, I19, L65.

ABSTRACT

The aim of this paper is to analyze the relevance of efficient vaccine access, local absorption of technological capabilities in the bio-pharmaceutical sector and the factors fostering them, in order to contain the spread of Covid-19 and improve domestic health conditions. Having carried out pandemic extension simulations, we conclude that without adequate access of vaccines for Mexico's entire population, the SARS-COV-2 virus, source of Covid-19, will probably remain in Mexico until mid-2022. Through the Poisson model proposed, we have found that the technological absorption and innovation capabilities of the Mexican biopharmaceutical sector (lagtime Citation -*BwPatCit*) are still scarce but could expand with an increase in: technological knowledge stock, team research size, academic science-technology links and cited patent value. The findings allow us to propose policies to foster bio-pharmaceutical innovation with a favorable health impact on the population.

Keywords: Covid-19 spread, vaccines, technological and innovation capabilities, Mexican bio-pharmaceutical sector.

JEL Classification: C15, C46, I19, L6.

* Fecha de recepción: 04/12/2020. Fecha de aceptación: 04/01/2021.

** Profesora investigadora del departamento de Economía, UAM-Iztapalapa. México. E-mail: alenka.uami@gmail.com. ORCID: 0000-0002-7227-4233.

*** Profesor investigador del departamento de Economía, UAM-Iztapalapa. México. E-mail: marcoa.perez@economistas.com. ORCID: 000-0002-0119-6637.

INTRODUCCIÓN

En el contexto de la pandemia global Covid-19, el objetivo de este artículo es analizar la relevancia del acceso de una o varias vacunas eficaces, las capacidades de absorción tecnológica endógenas en el sector biofarmacéutico y los factores que impulsan tales, para contener la extensión exponencial de la Covid-19 en México y contribuir a mejorar las condiciones de salud del país. De tal objetivo se desprenden tres preguntas ejes de investigación: ¿Es posible desacelerar la propagación del virus SARS-COV-2 al desarrollarse y acceder a varias vacunas eficaces para inmunizar a la población de México? Considerando la actual emergencia sanitaria, ¿México cuenta con capacidades tecnológicas y de innovación endógenas que puedan contribuir a desarrollar nuevas vacunas y medicamentos para mejorar el sistema sanitario? ¿Qué factores de la naturaleza de la innovación pueden favorecer a incrementarlas?

El estudio se inscribe en los enfoques de la economía del conocimiento y la innovación. Particularmente se pone la lupa en los esfuerzos conjuntos de investigación y desarrollo de varias firmas, universidades e institutos de investigación de distintas latitudes para contar con una vacuna o vacunas que inmunicen eficazmente el virus de la Covid-19, frenando la propagación exponencial y sus efectos letales. El dinamismo y la velocidad que han tomado los distintos proyectos de vacuna en países industrializados y algunos emergentes contrasta con un sector biofarmacéutico local tecnológicamente dependiente y un frágil sistema de salud.

Como hipótesis suscribimos que se espera que la Covid-19 se extenderá, en función de la aprobación de una vacuna eficaz contra el virus SARS-COV-2 y la capacidad del sector salud de México para adquirirla, producirla y distribuirla entre la población. No obstante que México cuente con limitadas capacidades de absorción tecnológicas, algunos factores de la naturaleza del proceso de innovación pueden influir notablemente para fomentarlas. En tal medida, el país estará en mejores condiciones de enfrentar pandemias como la actual y mejorar el abastecimiento de medicamentos con desarrollo endógeno.

Se propone un ejercicio de simulaciones que prevén hasta cuándo podría prolongarse la pandemia en México frente a las posibles vacunas aprobadas por su eficiencia, actualmente en diferentes etapas de desarrollo por firmas e institutos de investigación internacionales, y su acceso entre la población. Para estimar las capacidades de absorción tecnológica y de innovación en el sector biofarmacéutico mexicano, se propone el rezago con el que las patentes de México solicitadas citan novedades previas patentadas como variable *proxy*, *lagtimePatcit*. Mediante un modelo de regresión Poisson se identifican los factores que influyen para fomentar sinergias que desplieguen capacidades tecnológicas y de innovación en el sector

biofarmacéutico, donde la variable dependiente es *lagtimePatcit*, y las variables independientes que pueden influir son: el stock de conocimiento, el tamaño de los equipos de investigación, el tipo de titular (individuo, empresa, institución); los vínculos ciencia-tecnología, valor de la patente citada.

El texto se divide en cuatro secciones. En la primera sección se exponen los antecedentes teóricos que sirven de sustento a la investigación. La segunda sección analiza la trayectoria de la pandemia global y en México. La sección tercera expone los esfuerzos internacionales por desarrollar diferentes vacunas, para después proceder a simular la extensión de la población susceptible, infectada y recuperada frente al tiempo en que se disponga de la vacuna en México. La cuarta sección se destina a desarrollar el estudio empírico sobre las capacidades tecnológicas y de innovación en el sector biofarmacéutico, los factores que influyen en tales y las propuestas que favorecerían su fortalecimiento. Finalmente se presentan las principales conclusiones.

I. ANTECEDENTES TEÓRICOS

Aun cuando los países de mayores ingresos han aumentado la expectativa de vida, la vulnerabilidad se mantiene frente a enfermedades prevalentes o cualquier pandemia que tenga lugar. Tal como lo muestra la propagación de la Covid-19 (coronavirus).

La industria biofarmacéutica tiene una enorme relevancia para la salud de todos los países. El desempeño y la capacidad para atender terapéuticamente los diversos padecimientos están asociados a su capacidad de innovación o su estrategia imitativa (Kale y Litle, 2020). En efecto, el descubrimiento de nuevas moléculas terapéuticas ha favorecido la disminución de personas que fallecen por distintas enfermedades. La disponibilidad de medicamentos, seguros, eficaces y de calidad contribuye a mejorar el sistema sanitario (Iñesta y Oteo, 2011), especialmente cuando se identifica el fenómeno de medicamentos falsificados (Ozawa *et al.*, 2020). Aunque el desafío del efectivo acceso para los países en desarrollo aún está en cuestión en un entorno fuerte de sistemas de propiedad intelectual (Shadlen *et al.*, 2011).

Por su elevada intensidad tecnológica, la competitividad de la industria farmacéutica en los países, particularmente los industrializados, depende ampliamente de la habilidad de las firmas para desarrollar productos novedosos y, a su vez, la innovación está asociada a la capacidad para financiar la I+D (Deloitte, 2020). Asimismo, la competitividad de los países en este sector depende de las políticas gubernamentales domésticas y extranjeras, cruciales para la innovación de esta

industria (Agrawal, 2000). Particularmente relevante es la emergencia de nuevos paradigmas tecnológicos como la biotecnología, que dan lugar a la creación o la transformación de instituciones, nuevos vínculos y flujos de conocimiento entre agentes, procesos de aprendizaje colectivos, no obstante, el entorno de enorme incertidumbre (Mazzucato y Dosi, 2006; Orsenigo, 2019).

Apoyada en el progreso de las ciencias básicas, particularmente de las ciencias químicas y biológicas y posteriormente biotecnologías y nanotecnologías, la I+D realizada conjuntamente en los laboratorios de universidades, centros de investigación y firmas farmacéuticas para descubrir y desarrollar productos terapéuticos novedosos, en estrecho vínculo conforman sistemas sectoriales de innovación farmacéuticos. En este entorno sistémico confluyen agentes e instituciones que fomentan la adquisición de capacidades de aprendizaje, tecnológicas y de innovación.

Los esfuerzos de innovación de las empresas farmacéuticas de países industrializados se han incentivado mediante políticas de propiedad intelectual. En cambio, en los países en desarrollo, las empresas han basado sus esfuerzos tecnológicos en el desarrollo de capacidades imitativas, a través de la transferencia tecnológica (compra de licencias, patentes) con políticas tecnológicas activas¹ en algunos casos, o pasivas en otros. Conviene precisar que desde los años noventa se armonizó el sistema de propiedad intelectual entre los países miembros de la Organización Mundial del Comercio (OMC), mediante la adopción de los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio (ADPIC), independientemente de su nivel de desarrollo.

Las capacidades tecnológicas, entendidas como conocimientos y habilidades que permiten adquirir, usar, adaptar, mejorar y generar nuevas tecnologías (Kim, 2001; Lugones *et al.*, 2007), implican capacidades de absorción de la tecnología y, eventualmente capacidades de innovación de conocimiento tecnológico. Es decir, transitar hacia capacidades de creación de tecnologías y desarrollo de nuevos productos y métodos de fabricación como respuesta al entorno económico cambiante (Kim, 2001); pero también la capacidad de transformar el conocimiento genérico (Yoguel y Boscherini, 2001). En un sentido amplio, las capacidades tecnológicas incluyen la creación del nuevo conocimiento y sus aplicaciones a los problemas económicos y sociales reales (Archibugui *et al.*, 2009).

Cohen y Levinthal (1990) delimitan a las capacidades de absorción tecnológica como las habilidades de las firmas para reconocer el valor de la información externa, asimilarla, y estar en condiciones de aplicarla para fines comerciales. El

¹ Para el caso de la industria farmacéutica de la India ver: Indian Pharmaceutical Alliance, 2019, *The Indian pharmaceutical Industry*, Mumbai, <https://www.ipa-india.org/wp-content/uploads/2020/10/indian-pharmaceutical-industry-way-forward.pdf>.

desarrollo de tales competencias involucra no sólo fuentes externas, sino internas (Zúñiga, Guzmán y Brown, 2007). Al interior de las firmas, la existencia de departamentos de I+D, los atributos o formación profesional de la fuerza laboral ocupada, la experiencia acumulada en las rutinas de trabajo, la capacitación avanzada, favorecen notablemente el proceso de aprendizaje del conocimiento externo. La movilidad del personal calificado es un factor adicional (Bell, 1984). En esa medida, se desarrollan las capacidades de absorción del conocimiento externo generado por potenciales socios externos, tales como universidades, centros de investigación, oferentes y clientes (Bittencourt y Giglio, 2013). Así, “el concepto de absorción de capacidades refiere a las complementariedades de conocimiento interno y externo en el proceso de innovación, el cual se expresa en las continuas habilidades de la firma para aprender del ambiente externo y, por tanto, desarrollar sus propias experiencias que son acumuladas en su producción y sus rutinas innovadoras” (Ibídem, 178).

Sin embargo, la construcción de tales capacidades tecnológicas dependerá de la estructura de comunicación entre el sector externo y la organización, así como el carácter y la distribución de la experiencia dentro del sistema. En los vínculos externos que se establezcan las transferencias de conocimiento dentro y fuera de las distintas unidades cuentan la experiencia dentro de la organización, la estructura de comunicación, la capacidad de absorción de tecnología en una organización y las de sus integrantes. Un aspecto abordado en la literatura, es la capacidad de absorción del conocimiento de una filial de una transnacional -ETN- (flujos intra-firma) y los flujos del nuevo conocimiento hacia otras filiales distantes geográficamente de la misma ETN. Esta dinámica da lugar a una red en que la capacidad de la ETN se dispersa geográficamente, pero al mismo tiempo, los flujos inter-subsidiarias favorecen el desempeño de la ETN (Zhang *et al.*, 2019).² A su vez, en el caso de las grandes empresas farmacéuticas, las adquisiciones y las alianzas parecen no haber desplegado el potencial que podrían tener las capacidades de absorción (Fernald *et al.*, 2017).

Las patentes dan cuenta de las capacidades de innovación de las empresas u otros agentes (Griliches, 1998; Schmookler, 1962). Aunque no todas las invenciones son innovaciones y, a su vez, no todas las novedades se registran como patentes (Basberg, 1987), éstas son un indicador parcial de esta actividad. Las estrategias tecnológicas de patentamiento expresan, por un lado, la dirección y la naturaleza de la actividad innovativa; por el otro, revelan cómo los emprendedores aprenden

² Los hallazgos de este estudio (Zhang, *et al.*, 2019) son muy sugerentes para el caso de la industria biofarmacéutica global; particularmente, las intensas interacciones entre ETN y filiales y entre filiales, perfilando una red de conocimientos para la investigación y el desarrollo de las vacunas. En esta coyuntura, los vínculos rebasan el dominio de la propia ETN y sus filiales y se extiende entre firmas y firmas-universidades.

a asumir un comportamiento racional frente al uso de los derechos de propiedad intelectual y su eficiencia para apropiarse de beneficios en el mercado (Levin *et al.*, 1987; López, 2009 y Hurmelinna y Puumalainen, 2005).³

Las patentes han sido una fuente valiosa de información para estudiar diferentes fenómenos asociados a la innovación. Tal es el caso de flujos de conocimiento (Griliches y Mairesse, 1984; Criscuolo, 2001; Jaffe y Trajtenberg, 1999; 2002; Guzmán y Gómez, 2015; Jaffe y de Rassenfosse, 2017). Particularmente, la influencia de una patente ha sido útil en este tipo de estudios. Se han utilizado citas hacia adelante, variables *proxy* del valor económico y social (Lanjouw y Schankerman, 2004; Hall *et al.*, 2005; Smith, 2014; Abrams and Sampat, 2018; Raan, van 2017) y así también del valor de las firmas (Singh, 2018). Las citas hacia atrás han sido útiles para analizar la difusión (MacGarvie, 2005; Hall, 2006), las derramas y la localización geográfica de conocimientos tecnológicos, especialmente de países industrializados a países en desarrollo (Hu and Jaffe, 2003; Henderson *et al.*, 2005); la distancia del conocimiento de frontera y el alcance tecnológico (Kwon *et al.*, 2014; Guzmán *et al.*, 2020), y el análisis de las capacidades tecnológicas y de competitividad (Dosi *et al.*, 2015), entre otros temas.

Los años transcurridos entre la solicitud de la patente citada y la solicitud de la patente que cita son identificados como un indicador *proxy* del rezago en que se cita a una patente previa (*lagtimePatcit*) (Gay *et al.*, 2005). También ha sido utilizado como indicador *proxy* de la velocidad de la difusión para el caso de las nanotecnologías (Acatitla y Guzmán, 2014). Sin embargo, este indicador tiene un potencial para la pesquisa de otros fenómenos. El rezago de tiempo en que la nueva patente cita a una patente anterior revela las capacidades de absorción de conocimientos con que cuentan las firmas, los institutos o los individuos: es decir, para acceder, asimilar el conocimiento de frontera y posteriormente desarrollar una novedad incremental o radical. Hay firmas del sudeste asiático que en menos de un año están citando una patente previa, mientras otros países les lleva cuatro, cinco o más años.

Por tanto, una vez propuesta una simulación de la extensión de la Covid-19 asociado a su propia trayectoria y al desarrollo de una nueva vacuna o vacunas que den inmunidad a la población, ponemos la lupa en analizar las capacidades de absorción de la industria farmacéutica doméstica y qué variables influyen en éstas. Esto nos lleva a proponer la utilización de la variable *lagBWPCit*, como indicador de tales capacidades.

³ El aprendizaje de los empresarios en la protección de sus innovaciones y el aprendizaje tecnológico emanado de la relación con instituciones administradoras y reguladoras de la propiedad intelectual de la tecnología han sido relativamente poco estudiados (Archibugi y Pianta, 1996).

II. TRAYECTORIA DE LA PANDEMIA COVID-19

La humanidad ha enfrentado diversas catástrofes sanitarias a lo largo de la historia.⁴ En el año dos mil veinte, con el virus de la Covid-19 los habitantes del mundo enfrentan una pandemia más. Su velocidad exponencial de difusión recorre diferentes latitudes del mundo, dejando millones de personas contagiadas y una significativa letalidad. El virus se difunde por vía aérea, pero su capacidad de contagio es mucho mayor y éste ocurre durante el periodo de incubación, el cual varía entre cinco y dieciséis días. Una persona con el virus, aun cuando no presenta síntomas puede contagiar a 2.6 personas, según diversos estudios epidemiológicos. Al continuar la progresión geométrica, esa misma persona, después de 30 días generará 400 contagios y en dos meses 160,000.

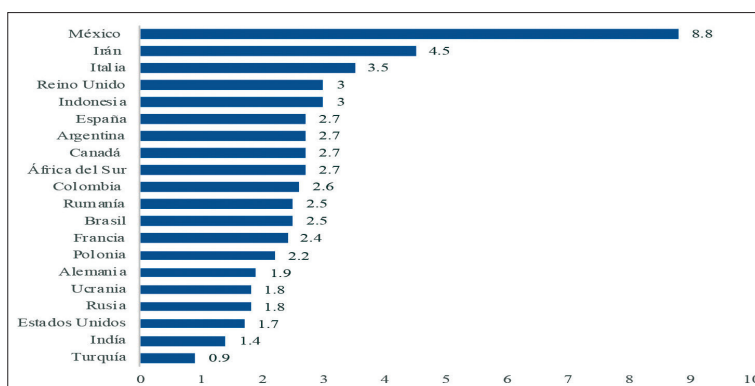
Las estadísticas del número de personas contagiadas, recuperadas y fallecidas por la Covid-19 en cada país varían día a día a lo largo del 2020. El 4 de enero se confirmaba el primer caso en Wuhan, China; dos meses después se registraron 94.1 mil contagiados acumulados en el mundo, con intensidad en su difusión en los países europeos. La expansión de la Covid-19 fue de tal magnitud que los infectados pasaron a ser de 10.9 millones el 4 de julio con una tasa de crecimiento promedio anual de 228.3 por ciento en cuatro meses, extendiéndose a países del continente americano. Aun cuando la dinámica de crecimiento posteriormente fuese menor, se triplicaron y cuadruplicaron los millones de contagiados en los siguientes meses. A inicios de octubre el virus se extendía a cerca de 35 millones de contagios y más de un millón de fallecimientos en diferentes latitudes; al finalizar 2020, superior a 83.1 millones, se elevó el número de personas con Covid-19 y más de 1.8 millones fallecieron (John Hopkins University, 2020 y World Health Organization (WHO), 2020).

Destaca la gravedad de la espiral de contagios y fallecimientos en países industrializados (Estados Unidos, Francia, España, Reino Unido, Italia, entre otros), pero también en países en desarrollo (India, Brasil, Rusia, Argentina, Colombia, Perú, México, Polonia, Irán, Ucrania, Sudáfrica, entre los mayores afectados). Las naciones han adoptado un amplio abanico de estrategias de política pública, sea para contener la propagación de la pandemia o sea para mitigar los efectos colaterales que ésta ha ocasionado. No obstante, diversos estudios provenientes de distintos sectores, particularmente los epidemiológicos, vaticinaban la llegada futura de una enfermedad de proporciones apocalípticas, ningún gobierno ni empresa farmacéutica había previsto dirigir sus esfuerzos para enfrentar una catástrofe como la actual (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2019). Así, la Covid-19 súbitamente conmocionó a los habitantes del orbe por la velocidad en que se desplegó la pandemia con elevada letalidad. Considerando las estadísticas de diciembre de 2020,

⁴ La peste bubónica a finales de la Edad Media, la fiebre española a principios del siglo xx, el VIH a finales de los años ochenta y la gripe aviar a principios de milenio, entre las de mayor impacto.

los fallecidos por 100 casos confirmados de Covid-19 o por 100 mil habitantes, México se coloca a la cabeza, seguido por una importante distancia de Irán (4.5 por ciento), y después por Italia y Reino Unido. No obstante que Estados Unidos es el país que reporta mayor número de muertos absolutos, sólo 1.7 es la tasa de mortalidad al considerar por 100 mil habitantes.

Gráfica 1. *Tasa de mortalidad en la Covid-19 por países (%)*
(número de muertos por cada 100 casos confirmados o por 100 mil habitantes).



Fuente: John Hopkins University of Medicine, diciembre 2020.

II.1. *Difusión de la Covid-19 en México*

Las condiciones socioeconómicas de México no aseguraron el confinamiento total. En efecto, las altas tasas de informalidad y pobreza han impedido que la población permanezca en su casa temporalmente o de manera prolongada. Este hecho es uno de los que favoreció las tendencias crecientes de cientos de miles de contagios y miles de muertes entre la población. Aunque otros factores han potenciado la gravedad de la pandemia en el país; por un lado, las pésimas condiciones de salud de una amplia capa de la población y por otro, un sistema de salud público deficiente e insuficiente para atender la población asegurada y no asegurada.⁵

Así, hasta el mes de noviembre de 2020 se contaba con 1,078,594 casos confirmados; poco más de 1.3 millones de casos negativos.⁶ Las defunciones acumu-

⁵ México en 2018 destinó 5.5 por ciento de gasto a la salud en relación al PIB, porcentaje que se mantuvo en 2019. Éste contrasta con una mayor proporción de los países industrializados (Estados Unidos 17 por ciento; Alemania 11.5 por ciento; Francia, 11.4 por ciento; Canadá 10.8 por ciento; OCDE promedio 8.7 por ciento), e incluso de países en desarrollo (Sudáfrica 8.1 por ciento; Costa Rica 7.3 por ciento). Pero, el gasto gubernamental en salud con relación PIB sólo fue de 2.8 por ciento, que equivalió a 582.1 dólares -paridad de poder adquisitivo (PPA)- per cápita anual, en comparación de 474.3 dólares PPA relativos a gasto de salud de bolsillo y en medicamento 291.6 dólares PPA, (OCDE Health Statistics, 2019).

⁶ Hacia finales de diciembre se rebasaba los 1.3 millones los casos confirmados y las 118 mil defunciones.

ladas confirmadas rebasan las cien mil; los recuperados son más de 800 mil y a su vez, los activos llegan a 31.5 mil. En todos los casos las cifras estimadas son superiores (DataLab, 2020). De mayor relevancia es la presencia de comorbilidades en la población contagiada por Covid-19 y con mayor propensión a fallecer: hipertensión 18.7 por ciento; obesidad 16.9 por ciento; diabetes 14.7 por ciento y tabaquismo 7.3 por ciento.⁷

III. SIMULACIÓN DEL MODELO “SUSCEPTIBLES, INFECTADOS Y RECUPERADOS” (SIR) Y DE DIFUSIÓN ESPACIAL EN REDES FRENTE A EXPECTATIVAS DEL DESARROLLO DE LA VACUNA

III.1. *Desarrollo de la vacuna*

La Covid-19 se ha configurado como una pandemia que ha puesto en jaque, no sólo al sistema de salud de cada una de las naciones del globo, sino además al sistema de innovación de las grandes farmacéuticas e instituciones de investigación. Los avances del conocimiento científico y tecnológico acumulado por las firmas e instituciones del sector biofarmacéutico y los diversos sistemas de salud se ponen a prueba con enormes desafíos. Contra reloj, instituciones y compañías farmacéuticas centran sus esfuerzos en desarrollar vacunas eficientes para inmunizar a la población del virus. Incluso la aprobación de algunas vacunas ocurre en situaciones de emergencia, en que la efectividad total se probará en la marcha.

De la experiencia internacional y de los estudios de alto impacto de epidemiólogos internacionalmente reconocidos, se desprende que, frente a una nueva enfermedad, los seres humanos no están preparados para contrarrestar el daño. En algunos casos, el organismo responde rápido y combate el virus, en otros, dejará secuelas de largo plazo y finalmente algunos individuos fallecerán.

Las expectativas para mitigar los efectos devastadores de la pandemia están puestas en 55 proyectos de vacunas, después de haber pasado las tres fases del desarrollo: 1) pruebas de seguridad y dosis; 2) ampliación de los ensayos de seguridad y que eviten daños colaterales en individuos sanos y enfermos y 3) pruebas de eficacia a gran escala. Además, al menos 87 vacunas se encuentran en etapa pre-clínica en investigación de animales. Aquellas que logren ser aprobadas para un temprano y limitado uso o aprobados para un uso completo, conforme los protocolos sanitarios que establecen los países, constituyen para las farmacéuticas un enorme nicho de oportunidad de negocio y de liderazgo internacional, con elevadas ganancias.

⁷ Las cifras que proporciona el Inegi sobre el número de fallecimientos y sus causas en 2018, dan cuenta de la vulnerabilidad de la población frente a diferentes padecimientos; 149.4 mil personas por enfermedades del corazón; diabetes mellitus 101.3 mil; tumores malignos 85.8 mil; los fallecidos de bronquitis crónica, enfisema, asma, enfermedades pulmonares obstructivas crónicas, influenza y neumonía fueron 61.3 miles de habitantes, entre otras (Inegi. Dirección General de Estadísticas Sociodemográficas; Estadísticas Vitales)

El esfuerzo en I+D de las vacunas no sólo proviene de las firmas farmacéuticas líderes, sino del conjunto de uniones, fusiones y colaboraciones entre diferentes países, empresas y universidades e institutos de investigación de países industrializados y emergentes. Tal es el caso, de fusiones estratégicas entre Bristol-Myers, Squibb-Celgene, AbbVie-Allergan, Takeda-Shire, AstraZeneca y Gilead. Entre los organismos interesados en la creación de una vacuna se encuentran: el Solidarity Trial de la OMS al que se han adherido diversos países y que pretende evaluar, de manera conjunta, los efectos de un grupo de medicamentos contra la Covid-19. A su vez, la Fundación Bill y Melinda Gates acordó, además de las transferencias directas a empresas innovadoras, compartir las patentes de compuestos moleculares con cierto grado de avance.⁸ El financiamiento conjunto al desarrollo de vacunas se ha extendido a la Coalición para las Innovaciones en Preparación para Epidemias (CEPI) y el Banco Mundial.⁹ Otros proyectos conjuntos entre firmas, institutos, universidades para el desarrollo de diversas vacunas se muestran en el cuadro 1. En el caso de Pfizer-Biotech se aceleró su aprobación por las instituciones indicadas y empezó a aplicarse en Reino Unido y posteriormente en Estados Unidos. Otra vacuna que pronto tendrá aprobación es la Moderna y están en camino las de China y Rusia.

Cuadro 1. Estado de desarrollo de 61 proyectos de vacuna para la Covid-19.

	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Limitado	Aprobado
	38	17		6	
Preclínical	Pruebas de seguridad y dosis	Ampliación de los ensayos de seguridad	Pruebas de eficacia a gran escala	Aprobadas tempranamente o uso limitado	Aprobadas para uso pleno
Novartis	College London*; Angen*; Arcurus therapeutics/DukeNus Medical School*; Genexime; Abogen; Walvax Biotechnology; Chula; Entos; Symvivo; OncoSec Immunotherapies; Reithera; Merck/Themis/Institute Pasteur; The University of Hong Kong/Xiamen University/Wantai University/Biopharma; DZIF;	Inovio; Medicago/GSK*; Instituto Finlay de Vacunas*; Bektap*; Sanofi/GSK*; SpyBiotech; Baylor College of Medicine/Texas Children's Hospital/BiologicalE; Institute of Medical Biology/Chinese Academy of Medical Sciences*;	Moderna; Johnson & Johnson; GSK/Sanofi; Pfizer-Biotech*; AstraZeneca/University Oxford*; Novavax; ZFSW The Biologics Company/Chinese Academy of Medical Sciences; Bharat Biotech ICMR; Sinovac Biotech;		

* Fases combinadas 1 y 2;

** Fases combinadas 2 y 3.

Fuente: Zimmer *et al.*, New York Times, 27 noviembre 2020.

En el marco de las Naciones Unidas se ha exhortado a las grandes farmacéuticas a reconocer como un bien común los medicamentos o vacunas altamente

⁸ Esta colaboración incluye a un conjunto de farmacéuticas que persiguen el Acelerador terapéutico de la Covid-19, empresas como BD, bioMérieux, Boehringer Ingelheim, Bristol-Myers Squibb, Eisai, Eli Lilly, Gilead, gsk, Johnson & Johnson, Merck, Merck KGaA, Novartis, Pfizer, y Sanofi, decidieron colaborar con la fundación.

⁹ Estas instituciones estiman 2 mil millones de dólares para financiar el desarrollo de tres vacunas, sin incluir los gastos en logística, transporte y distribución.

efectivos. Se clama en foros internacionales a una distribución equitativa de los tratamientos cuando estén disponibles y a precio asequible.¹⁰ Esto constituye un gran desafío para las naciones, especialmente para aquellas de menor PIB per cápita. En la medida en que se disponga de una vacuna eficiente, se garantice su acceso y su disponibilidad, el siguiente paso es la distribución.

Contrariamente a lo expresado en las Naciones Unidas, las farmacéuticas defienden su derecho a la patente, argumentado que frente a la incertidumbre no se garantiza la innovación clínica y farmacológica. La propiedad intelectual, reflejada en las patentes, permite la existencia de una industria sumamente sólida (International Federation of Pharmaceutical Manufacturers & Associations (IFPMA), 2020). Así, es posible responder con la velocidad con la que se está haciendo para la creación de una nueva vacuna contra la Covid-19. La distribución de la vacuna podría ocurrir con velocidades diferenciadas, en caso de que las naciones logren acuerdos. El gran dilema reside en cómo lograr que la población de los diferentes países pueda acceder a las distintas vacunas.

A su vez, el Banco Mundial (2020) ha enfatizado la importancia de que las vacunas se deben poner a disposición a diferentes grupos de la población por etapas. En esa jerarquía destacan los trabajadores de la salud, por su compromiso en la primera línea de combate contra la Covid-19. Así también, son prioritarias, las personas con mayor riesgo de contraer enfermedades graves y morir ocasionadas por los diferentes grados de comorbilidad. No obstante, Seow *et al.*, (2020) muestran evidencia estadística que permite identificar la presencia de inmunidad en sólo tres meses después de obtener el virus.

Esta moneda tiene dos caras. Una, es la Covid-19 que parece extenderse en tiempo y en espacio con posibles mutaciones del virus. La otra, es la potencial mina de oro que se abre para las farmacéuticas y los países que consigan desarrollar las vacunas y explotarlas monopólicamente con la protección de las patentes.

Una vez que se cuente con una vacuna o vacunas aprobadas, su adquisición para toda la población en México podría tardar todavía más. Habrá que considerar la extensión de que se empleará en los trámites regulatorios, que incluyen el protocolo de seguridad como los requisitos legales (estudio en el Comité de Moléculas Nuevas, registro sanitario). Asimismo, la logística y la distribución necesitan tiempos específicos; entre cinco, nueve meses y tres años, respectivamente.¹¹ En este escenario, la disponibilidad de la vacuna de la Covid-19 en todas las instituciones de salud pública para toda la población, llevará su tiempo. La aceptación, las regulaciones externas podrían agilizar la producción y la distribución.

¹⁰ Médicos Sin Fronteras ha demandado a las farmacéuticas, a los países productores y a las organizaciones que vendan la futura vacuna contra la Covid-19 a precio de costo.

¹¹ México, como otros países, requiere de grandes costos de logística y transporte para garantizar que toda la población, incluida aquella ubicada en zonas de difícil acceso, reciba la vacuna en el menor tiempo posible. Una propuesta de mecanismos para la distribución equitativa y global se encuentra en: The Lancet, 2020.

Asociado a la Declaración de Doha,¹² en la Ley de la Propiedad Industrial de México se precisa que se puede otorgar por medio del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), una determinación sobre la explotación de ciertas patentes por causas de seguridad nacional o emergencia sanitaria, identificadas como enfermedades graves declaradas y de atención prioritaria por el Consejo de Salubridad General (“Normas relativas a la existencia, alcance y ejercicio de los derechos de propiedad intelectual”, parte II y en el artículo 77 de La Licencia de Utilidad Pública). Estas licencias son limitaciones a un derecho exclusivo y monopolio de explotación consagrado en el artículo 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, anteponiendo el interés social y la utilidad pública.

En la pasada aprobación del T-MEC, se impuso ventajosamente Estados Unidos en las negociaciones bilaterales con México y después con Canadá, para concluir con la firma con los tres países de América del Norte. No obstante, los avances logrados en el Tratado Transpacífico (TTP), al cual la nación estadounidense dimitió, en los acuerdos del T-MEC se retrasa la entrada de versiones genéricas y biocomparables al mercado.

Sin embargo, en las severas condiciones en las que se encuentra América del Norte con la pandemia, la revisión de las cláusulas del T-MEC podría encontrar un área de oportunidad que permita potenciar el sector farmacéutico en México. En el marco de las reglas implícitas en el tratado del T-MEC podría ubicarse a México como un sub manufacturero de estos productos para el tratamiento e inmunidad de la Covid-19, en razón de la necesidad de triplicar la capacidad productiva, sin dejar de atender las necesidades de producción de las demás vacunas. Incluso, repensar la adecuación de la protección intelectual y el marco regulatorio de las patentes en función de las prioridades de salvar vidas y evitar el incremento del número de contagios.

III.2. *Modelo SIR*

A continuación, se presenta una simulación de un modelo SIR (Susceptibles, Infectados y Recuperados)¹³ con los datos observados en la difusión de la Covid-19 en México. Con base en la evidencia estadística se simula un proceso con la tasa de letalidad que muestra México, 10 por ciento. En la gráfica 2 se aprecian cuatro paneles, en los dos superiores se encuentran los datos observados hasta la primera

¹² Particularmente en el Artículo 31 de los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio (ADPIC).

¹³ El modelo SIR es un sistema de ecuaciones diferenciales en las que cada ecuación representa la evolución de cada subconjunto poblacional en relación con el estatus de la infección:

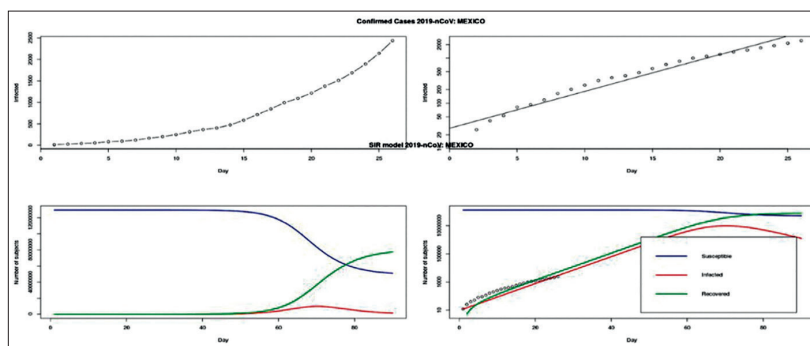
$$\frac{dS}{dt} = -\beta SI \quad (1)$$

$$\frac{dI}{dt} = \beta SI - \gamma I \quad (2)$$

$$\frac{dR}{dt} = \gamma I \quad (3)$$

semana de junio, en escala lineal, de lado izquierdo, y logarítmica, de lado derecho. En el panel inferior izquierdo se observa el modelo SIR teórico, que muestra cómo se debería comportar una enfermedad típica. En el panel inferior derecho, se observa el modelo SIR simulado con los datos observados de Covid-19. Se aprecia que el número de infectados supera, por mucho, el valor hipotético, ya que esta es una pandemia de proporciones apocalípticas.

Gráfica 2. Simulación del Modelo SIR, Covid-19 en México.



Fuente: elaboración propia con base en Datos Abiertos, Secretaría de Salud, México y simulado en covid19.analytics.R.

Suponiendo una letalidad de 10 por ciento, observada durante todo el proceso de contagio, la simulación da como resultado un R_0 de 1.56, un número máximo de infectados de 9,607,635 individuos, lo que representa el 7.45 por ciento de la población de México, un número de fallecimientos igual a 960,763 individuos y un número máximo de casos el 22 de mayo de 2020, cuando el máximo se observó en el mes de julio.

Cuadro 2. Simulación del Modelo sir, Covid-19 México.

parámetros usados para crear el modelo SIR		
Región:	México	
Intervalo de tiempo considerado en la simulación:		
t0=		0
t1=		51
tfinal=		180
Número de días considerados para el ajuste inicial:		
Tasa de letalidad:		10%
Población de la región:	129,000,000	
	Beta	Gamma
	0.609857	0.3901423
	R0=	1.56
Número máximo de infectados:	9,607,635 (7.45%)	
Número máximo de defunciones:	960,763	

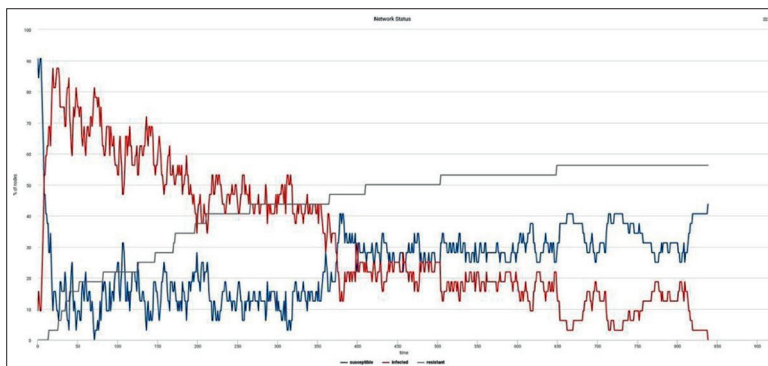
Fuente: elaboración propia con base en Datos Abiertos, Secretaría de Salud, México y simulado en covid19.analytics.R.

Mediante los parámetros de la simulación del Modelo SIR se construyó una red con nodos ponderados, en el cual cada uno representa a cada entidad federativa. El modelo con base en Stonedahl y Wilensky (2008), reproduce la dinámica de contagio dentro de una red. En tal sentido, éste resulta de gran utilidad para reproducir el proceso de contagio y difusión espacial de la enfermedad capturado en la gráfica 3. Los nodos cuentan con probabilidades de contagio y de recuperación, además una tasa de dispersión, que perfilan el proceso de difusión; los nodos se contagian en función de dichas probabilidades y su vínculo con otros infectados. El modelo es congruente con la evidencia empírica internacional, en la medida que la población susceptible se infecta con celeridad en razón del tiempo de incubación y de maduración del virus y decreciente en el tiempo. En el eje de las ordenadas se mide el porcentaje de entidades contagiadas, en el eje de las abscisas se calcula el número de días que perdura la enfermedad. La simulación del padecimiento en una red presupone que un nodo se puede re-infectar hasta alcanzar la inmunidad. La modelación por la red, reproduce la dinámica observada en el semáforo epidemiológico, tal como se ha observado a lo largo de los días, algunas entidades pasan a verde y después regresan a rojo. El modelo de contagio y difusión espacial en redes sugiere que el virus permanecerá entre las entidades federativas por 840 días, el equivalente a 2.3 años, tiempo necesario para que el porcentaje de nodos infectados sea 0 por ciento.

En tal sentido, el desarrollo y aprobación de las vacunas, y su protección mediante patentes se configuran como el talón de Aquiles en el combate del nuevo virus Covid-19. En el contexto de la vigorosa innovación emprendida por firmas biofarmacéuticas, universidades, institutos de salud, muchos de ellos conjuntamente, de diversos países, la identificación de las capacidades de absorción del conocimiento en el sector biofarmacéutico endógeno, así como los factores que influyen, deviene imperante. Si bien es cierto que el acceso a las vacunas aprobadas por su eficacia terapéutica, su importación representa un enorme gasto en un sector que registra un elevado déficit comercial.¹⁴ Así, conviene sopesar cómo la puesta en marcha de políticas que acrecienten las capacidades de absorción nacionales son más que nunca indispensables para desarrollar vacunas o adecuarlas conforme se registren mutaciones en el virus, al igual que otros medicamentos necesarios para la salud de la población mexicana.

¹⁴ México reportó un déficit comercial en medicinas y productos farmacéuticos del orden de 4.2 mil millones de dólares en 2017. Entre 2001 y 2017 esta balanza comercial negativa creció 26.7 por ciento anual (Internacional Trade Center (ITC), Comtrade, Naciones Unidas).

Gráfica 3. Simulación de un proceso de contagio en redes
por entidad federativa, México.



Fuente: elaboración propia con base en Datos Abiertos, Secretaría de Salud, México y Simulado en Virus on a Network, NetLogo.

IV. CAPACIDADES DE ABSORCIÓN DE CONOCIMIENTO DE SECTOR FARMACÉUTICO MEXICANO

A la luz de estos hallazgos, nos preguntamos si la industria farmacéutica mexicana cuenta con las capacidades de absorción de conocimiento suficientes para que, una vez que se desarrolle una vacuna eficaz, el sector farmacéutico pueda absorber el conocimiento necesario para producir la vacuna en cuestión.

En particular, se estima el rezago en que las patentes concedidas por United States Patent and TradeMark Office (USPTO) a titulares mexicanos entre 2000 y 2015 citan patentes previas, como una variable *proxy* de la velocidad promedio con la que la industria farmacéutica mexicana absorbe el nuevo conocimiento tecnológico para desarrollar novedades. Posteriormente, identificamos los factores que parecen afectar tal dinámica mediante un modelo econométrico de tipo Poisson.

IV.1. Fuentes de datos

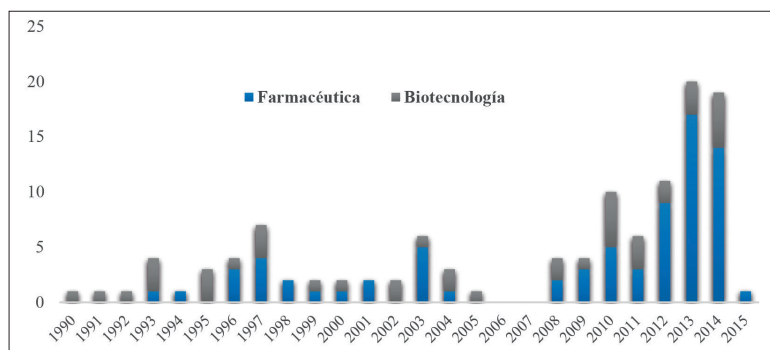
La investigación tuvo como base la información de 117 patentes concedidas por la USPTO a titulares mexicanos en las clases 514 o 424, correspondientes a Medicamentos y composiciones de tratamiento corporal y bio-afectaciones y 800 o 435 concernientes a Organismos multicelulares vivos y partes inalteradas del mismo y procesos relacionados. En lo sucesivo nos referiremos a estas clases de patentes como del sector biofarmacéutico. De cada patente se tomaron los siguientes datos: número de patentes citadas con anterioridad (*BWpatCit*); tamaño de los equipos

de investigación, titular de la patente (empresa, institución, individuo, instituto y mixtas), número de reivindicaciones de novedad; número de artículos citados por patente; nacionalidad de los inventores y número de citas hacia adelante.

La industria biofarmacéutica de México se caracteriza por una actividad inventiva errática y marginal patentada en el Instituto Nacional de Propiedad Industrial (IMPI) y también en las oficinas internacionales de propiedad intelectual, como la USPTO. Frente a países industrializados e incluso emergentes como India y China mantiene una enorme brecha, asociada a un menguado gasto en investigación y desarrollo. Durante los años noventa y la primera década del nuevo milenio las patentes concedidas en la USPTO fueron prácticamente marginales. La actividad inventiva mayor se advierte entre 2012 y 2014, con una suma de 40 patentes concedidas, que equivale a 42.7 por ciento del total de las patentes de todo el periodo en estudio.

Con respecto a la titularidad, 44 por ciento corresponde a firmas, 42 por ciento a instituciones y universidades, 7 por ciento a individuos e igualmente 7 por ciento a co-patentes o mixtas (empresa- individuo, empresa-institución).

Gráfica 4. *Patentes concedidas a titulares mexicanos por la USPTO en el sector biofarmacéutico, 1990-2015.*



Fuente: USPTO.

IV.2. Modelo Poisson

La capacidad de absorción del nuevo conocimiento del sector biofarmacéutico mexicano se mide por medio de una variable *proxy* que representa el rezago del tiempo con el que una patente solicitada de titulares mexicanos de las clases de farmacéutica y biotecnología cita las patentes previas, *lagtimePatcit* (Gay *et al.*, 2008). Esta variable se mide como el número de días entre dos sucesos en el tiempo y es nuestra variable dependiente. Entre menor sea el rezago del tiempo en que se consulta la frontera del conocimiento para generar nuevas ideas se muestran mayores capacidades de absorción del conocimiento tecnológico; en este caso en el sector biofarmacéutico.

Se propone que el rezago del tiempo se explica en función de un conjunto de variables relevantes para el proceso de innovación y de fórmula en la siguiente ecuación:

$$\text{lagtimePatcit} = f(\dot{A}, \text{SizeRT}, \text{AssignPat}, \text{Techinnscope}, \text{ScTech_links}, \text{ValuePat}) \quad (1)$$

Las variables independientes se definen en el siguiente cuadro.

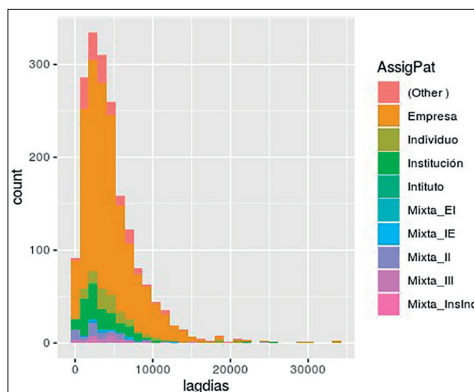
Cuadro 3. Variables independientes explicativas de las capacidades de absorción del conocimiento tecnológico en la industria farmacéutica.

Variable	Variable proxy ... estimado mediante
$\dot{A}$	Stock de conocimiento previo
SizeRT	Tamaño de los equipos de investigación
AssignPat	Titularidad de la patente
Techinnscope	Alcance de la invención
ScTech_links	Flujo del conocimiento científico hacia el ámbito tecnológico
ValuePat	Valor de la patente

Fuente: elaboración propia.

Si se descompone la variable del número de días por tipo de titular se aprecia que son las empresas las que generan el mayor número de patentes. Además, se aprecia el comportamiento sesgado de la variable dependiente.

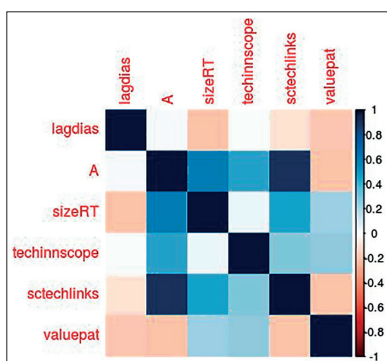
Gráfica 5. Histograma por tipo de inventor.



Fuente: elaboración propia.

Se aprecia, por medio del heatmap, el grado de correlación entre las variables involucradas en el estudio. Aunque la correlación parece débil, se encuentra una relación muy fuerte entre las variables independientes, además el tiempo depende de algunos factores inconmensurables.

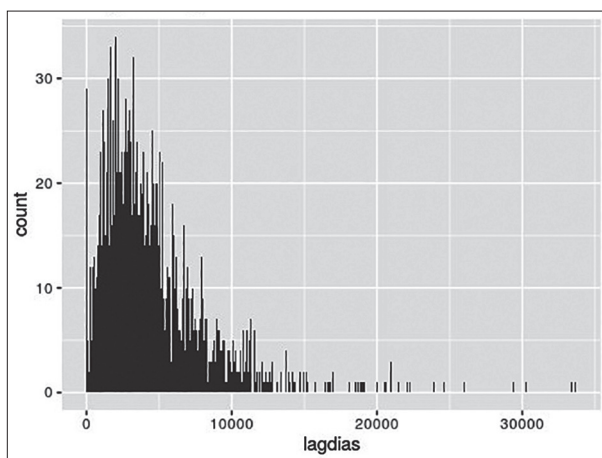
Gráfica 6. Mapa de calor, correlaciones.



Fuente: elaboración propia.

El comportamiento de la variable *lagtimePatcit* muestra una particularidad, no se comporta como una normal, sino como una Poisson, por ser variable de conteo. Es decir, se cuenta el número de días que trascurren entre las solicitudes de quien cita y la citada.

Gráfica 7. Tiempo rezagado de la patente. Días.



Fuente: elaboración propia.

El estudio del comportamiento de una variable con estas características se debe a Siméon-Denis Poisson quien estudió, por primera vez, una variable de este tipo. La función de distribución Poisson mide la probabilidad de que ocurra un evento y en un marco de tiempo específico suponiendo que la probabilidad de que ocurra y no se encuentra afectada por las observaciones previas y se captura por medio de la expresión:

$$\Pr[Y = y | \lambda] = \frac{e^{-\lambda} \lambda^y}{y!} \quad (2)$$

de donde se desprende que la tasa de eventos promedio λ_i permite calcular los parámetros de regresión por medio de la expresión:

$$\lambda_i = e^{x_i \beta} \quad (3)$$

La estimación empírica del modelo de Poisson se realiza por medio de máxima verosimilitud, o quasi-verosimilitud, en casos de sobredispersión, la cual se ajusta por métodos de estimación iterativa basada en el método del gradiente o en el método Newton-Rapshon. Se observa, con claridad meridiana, que la distribución de la variable no se asemeja a una distribución Normal o t de Student.

Cuadro 4. *Modelo Poisson para el rezago de los días.*

summary(m1 <- glm(lagdias ~ A+sizeRT+AssigPat+techinnscope+sctechlinks+valuepat, family="poisson", data=base2))					
## Call:					
## glm(formula = lagdias ~ A + sizeRT + AssigPat + techinnscope + sctechlinks + valuepat, family = "poisson", data = base2)					
##	Coefficients:				
##		Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
##	(Intercept)	8.47E+00	1.37E-03	6176.718	< 2e-16
##	A	2.63E-03	8.29E-06	316.889	< 2e-16
##	sizeRT	-1.80E-02	2.23E-04	-80.882	< 2e-16
##	AssigPatEmpre	-2.81E-03	1.29E-03	-2.174	0.029738
##	AssigPatIndivi	2.06E-01	1.81E-03	113.868	< 2e-16
##	AssigPatInstitu	-2.50E-01	1.81E-03	-138.321	< 2e-16
##	AssigPatIntitut	-7.07E-01	2.18E-02	-32.389	< 2e-16
##	AssigPatMixta	-3.45E-01	1.81E-02	-19.084	< 2e-16
##	AssigPatMixta	1.28E-01	3.87E-03	33.008	< 2e-16
##	AssigPatMixta	-6.33E-02	2.69E-03	-23.557	< 2e-16
##	AssigPatMixta	-6.46E-02	2.92E-03	-22.129	< 2e-16
##	AssigPatMixta	-7.63E-01	1.55E-02	-49.363	< 2e-16
##	techinnscope	-8.90E-05	2.62E-05	-3.395	0.000686
##	sctechlinks	-3.81E-03	1.35E-05	-283.074	< 2e-16
##	valuepat	-6.29E-03	3.24E-05	-194.532	< 2e-16

Fuente: elaboración propia.

El modelo muestra un buen ajuste empírico, y reporta significancia estadística al 1 por ciento en todas las variables, salvo en la variable dummy de la titularidad de la patente correspondiente a empresa, la cual muestra significancia al 10 por ciento. Además de que se realizaron las pruebas pertinentes de sobre dispersión y bondad de ajuste.

La estimación de los parámetros de regresión implica transformar los valores por medio de función exponencial, e^{α} , ya que los coeficientes representan aportaciones exponenciales, donde: e^{α} : efecto sobre el promedio de los días desde que se libera la patente, cuando todas las variables son 0.

A su vez, e^{β_i} : efecto multiplicativo de cada una de las variables explicativas sobre el promedio de los días para cada incremento unitario en las variables independientes.

El efecto depende del signo de la estimación. Si $\beta_i = 0$, entonces $e^{\beta_i} = 1$ y el valor esperado es e^{α} por lo que no existe relación estadística entre las variables.

Si $\beta_i > 0$, entonces el valor esperado es $e^{\beta_i} > 1$ y es e^{β_i} veces más grande que e^{α} .

Si $\beta_i < 0$, entonces el valor esperado es $e^{\beta_i} < 1$ y es e^{β_i} veces más pequeño que e^{α} .

El signo de los coeficientes implica incrementos o disminuciones en la cuenta esperada promedio en función de los incrementos unitarios en las variables dependientes.

Con base en los resultados obtenidos por el modelo Poisson se encuentra que el promedio de los días transcurridos desde que se solicita una patente y ésta es citada por otra invención es de 4,777 días o 13 años de rezago tecnológico en promedio en el sector biofarmacéutico. Conforme a este promedio, las variables explicativas, en función de su signo, representa incrementos unitarios expresados como porcentajes del promedio de rezago tecnológico.

Cuadro 5. *Modelo Poisson para el rezago.*

##	Variable	coeficiente	exponente
##	(Intercept)	8.47E+00	4777.696
##	A	2.63E-03	1.003
##	sizeRT	-1.80E-02	0.982
##	AssigPatEmpre	-2.81E-03	0.997
##	AssigPatIndivi	2.06E-01	1.229
##	AssigPatInstitu	-2.50E-01	0.779
##	AssigPatIntitut	-7.07E-01	0.493
##	AssigPatMixta	-3.45E-01	0.709
##	AssigPatMixta	1.28E-01	1.136
##	AssigPatMixta	-6.33E-02	0.939
##	AssigPatMixta	-6.46E-02	0.937
##	AssigPatMixta	-7.63E-01	0.466
##	techinnscope	-8.90E-05	1
##	sctechlinks	-3.81E-03	0.996
##	valuepat	-6.29E-03	0.994

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 6. *Tiempo rezagado estimado por medio del modelo Poisson (número de días de rezago).*

Intercept	4778
A	13
sizeRT	-85
AssigPatEmpre	-13
AssigPatIndivi	1095
AssigPatInstitu	-1056
AssigPatIntitut	-2421
AssigPatMixta	-1393
AssigPatMixta	651
AssigPatMixta	-293
AssigPatMixta	-299
AssigPatMixta	-2549
techinnscope	0
sctechlinks	-18
valuepat	-30

Fuente: elaboración propia.

IV.3. Resultados

Los resultados obtenidos del modelo Poisson propuesto sugieren que las seis variables independientes resultaron estadísticamente significativas: Es decir, que $\dot{A}$, $SizeRT$, $AssignPat$, $Techinnscope$, $ScTech_links$ y $ValuePat$ influyen en las capacidades de absorción del conocimiento científico y tecnológico en el sector biofarmacéutico en México (cuadro 4).

Con respecto al stock de conocimiento ($\dot{A}$), se encuentra que al incrementarse una cita de patente ($BwPat\ Cit$), se aumenta en 12.5 días el rezago (cuadro 4); lo cual sugiere que en la medida en que el gasto en investigación y desarrollo (I+D) sea extremadamente reducido, la consulta de patentes aún es limitada y con retraso; por tanto, no se contribuye a incrementar tales capacidades. Esta variable ha sido reconocida para estudiar los flujos de conocimiento (Griliches, 1998). Sin embargo, en diversos estudios se ha encontrado que no necesariamente son los inventores los que realizan las citas sino más bien los examinadores de las oficinas de propiedad intelectual. De cualquier forma, las citas revelan que los inventores conocen las novedades desarrolladas por otros agentes domésticos o internacionales por medio de congresos o interacciones con colegas dentro de su especialidad científica o tecnológica, aunque la información de la patente no se tenga con precisión. De ahí la importancia de que el gasto en I+D incluya la movilidad de los investigadores para acrecentar los flujos de conocimiento.

A su vez, con respecto al tamaño de los grupos de investigación, considerando el número de inventores (*SizeRT*), se encontró que por cada inventor adicional el *lagtimePatcit* disminuye en 85 días (cuadro 4). Lo anterior implica que, entre mayor número de inventores participen en el equipo de investigación, se incrementan las habilidades conjuntas para consultar un número superior de patentes, apuntando hacia la frontera del conocimiento. La consulta de patentes más recientes aporta más, y diversas ideas. Estos hallazgos coinciden con Bianco y Venezia (2019).

Con relación al tipo de inventor (*AssignPat*), la estimación de la elasticidad muestra que si es individual se aumenta el rezago (*lagtimePatcit*) en 1,095 días; cuando el titular es empresa disminuye 13 días; al tratarse de institución disminuye en 1,056 días y en particular al ser instituto disminuye en 2,421 días. A diferencia de lo que ocurre en otros países donde las firmas están involucradas en la I+D y en la actividad inventiva, en México los empresarios en su mayoría distan de tener una visión de la innovación y son pocos los emprendedores. Así, aunque se constata disminución del *lagtimePatcit* en el caso de las firmas, el impacto hacia capacidades de absorción es superior en patentes de instituciones, con acento en institutos; Éstos se caracterizan por su investigación de frontera.

El flujo del conocimiento científico al ámbito tecnológico (*ScTech_links*), número de artículos científicos citados, disminuye el *lagtimePatcit* en 18 días por cada cita. En este sector los vínculos entre los ámbitos científico-académico y el tecnológico son fundamentales, tal como lo demuestra la actual pandemia. Universidades e institutos de salud y laboratorios farmacéuticos del mundo se encuentran trabajando conjuntamente para desarrollar las diferentes vacunas contra la Covid-19. Estos vínculos en México aún son limitados, y por ello el impacto es reducido. En la medida en que las patentes citen artículos científicos, el sector biotecnológico mexicano fortalecerá sus capacidades de absorción del conocimiento tecnológico (Guzman *et al.*, 2015).

No obstante que *Techinnscope*, (números de reivindicaciones) resulta estadísticamente significativa, su elasticidad nula indica la falta de respuesta (cuadro 4). Considerando que esta variable se ha identificado con la difusión de prácticas nacionales; la complejidad de las actividades de la ciencia; la emergencia de nuevos sectores, y las estrategias de patentes (Guellec *et al.*, 2007), suponemos que al estar ausente un sistema sectorial biofarmacéutico de innovación en México, las reivindicaciones no tienen el suficiente impacto para transformarse en mayores capacidades.

Finalmente, *ValuePat* (número de citas hacia adelante (*FwPatCit*) como variable proxy), al incrementarse una cita más, influye en disminuir 30 días el *lagtimePatcit* (cuadro 4). Un reconocimiento de la invención mediante citas hacia adelante da cuenta de su relevancia y lo que supone mayores capacidades de absorción del conocimiento previo. Breitzman y Thomas (2015) encuentran que el *FwPatCit*, se

asocia también con el tamaño del equipo de inventores y al respecto demuestran que, en promedio, las patentes con ocho o más co-inventores son citados significativamente más que en sus cinco primeros años que las patentes con pocos inventores.

A la luz de estos resultados, el sector farmacéutico mexicano deberá crear vínculos con universidades e institutos especializados que permitan disminuir el tiempo de rezago de la manera más eficiente. Si se crearan las sinergias necesarias entre los actores relevantes, el rezago del sector farmacéutico mexicano podría disminuir, de acuerdo con los resultados del modelo Poisson expuesto en esta investigación, hasta en 9.6 años.

Las limitaciones que podríamos observar en este trabajo empírico, es que no se contó con la información desagregada de las patentes concedidas a titulares mexicanos por el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), sólo todas las patentes concedidas a titulares mexicanos por USPTO en el sector biofarmacéutico. Aunque el uso de variables *proxy* podría tener algunos sesgos en los resultados, cada una de éstas se construyó retomando los antecedentes de investigaciones previas de diversos autores especialistas en estudios con el uso de patentes. Con relación a los datos de las vacunas, se actualizaron datos, sin embargo, hay un momento de cierre porque la información varía día con día.

CONCLUSIONES

La pandemia global de la Covid-19 dejó de manifiesto las fragilidades diferenciadas de los sistemas de salud en las naciones del mundo; así también, los enormes desafíos de la comunidad científica para conocer con mayor profundidad la naturaleza de los nuevos virus transmitidos de animales a humanos, contener la propagación e inmunizar a la población de los efectos adversos a la salud y a la vida. En tal sentido, entre los mayores retos al que se han enfrentado los países industrializados y algunos emergentes están: incrementar los esfuerzos en investigación y desarrollo, extender los vínculos entre firmas-universidades y centros de investigación y con apoyo gubernamental para contar con una vacuna o vacunas que inmunicen eficazmente el virus de la Covid-19, apresurar la autorización de vacunas para su aplicación y lograr su aplicación universal. No obstante, el acelerado esfuerzo individual o conjunto de firmas, institutos de investigación y universidades internacionales para pasar las diferentes fases de desarrollo de vacunas eficaces y aprobarse en tiempos récords, aún el proceso de probar la eficacia total y el control de los efectos secundarios no se ha concluido, sino que se irá mostrando en el curso de la aplicación; como es el caso de las vacunas Pfizer-Biotech, Moderna, Sputnik y Cansino entre otras.

En lo que compete a México ha sido evidente la creciente difusión de la Covid-19 y una significativa tasa de mortalidad, asociada a la elevada comorbilidad, un frágil sistema de salud y un sector biofarmacéutico tecnológicamente dependiente. En tales circunstancias, conforme a la simulación del Modelo SIR reactualizada, se prevé que la pandemia podría prolongarse en México por 2.3 años, hasta mediados de 2022, cuando se acceda a las vacunas y sean aplicadas entre toda la población, empezando por la de mayor vulnerabilidad. Sin embargo, aun cuando las empresas farmacéuticas transnacionales dispongan de vacunas autorizadas, varios frentes se abren para México que sugieren la necesidad de disponer de una sustantiva capacidad financiera gubernamental para adquirirlas. En ciertos casos producirlas (AztraZeneca-Oxford University) y distribuir las entre la población, al tiempo que se continúa atendiendo a los contagiados con severos problemas de comorbilidad.

El enorme monto que se eroga en la adquisición de vacunas, que se suma al creciente déficit comercial en medicamentos y sus productos, pone al descubierto la significativa dependencia tecnológica local en el sector biofarmacéutico. En tal sentido, este estudio contribuye a estimar las limitadas capacidades de absorción tecnológicas de México y a identificar a factores de la naturaleza del proceso de innovación que pueden influir notablemente en acrecentarlas. Se propuso el rezago con el que las patentes de México solicitadas citan novedades previas patentadas (*lagtimePatcit*) como variable *proxy* de las capacidades de absorción tecnológicas. Así también un modelo Poisson, con base en datos de patentes concedidas a titulares de México por USPTO. Los hallazgos sugieren que entre mayor sea: el stock de conocimiento, el tamaño de los equipos de investigación, la titularidad de firmas; los flujos de conocimiento científico al ámbito tecnológico, el ámbito de la innovación y el valor de la patente citada, será posible reducir el rezago del tiempo en que se citan novedades previas. Así, la puesta en marcha de políticas que impulsen mayor gasto en I+D, incorporación creciente de investigadores, activa participación de firmas en las tareas de innovación, fomentar la interacción entre universidades-centros de investigación y empresas, impulsar un mayor ámbito de la invención y de su valor o importancia, son imperantes para crear las sinergias necesarias para disminuir el rezago tecnológico e incrementar las capacidades de absorción de conocimiento en la biofarmacéutica. El fortalecimiento de este sector se plantea hoy en día como una prioridad para dar cobertura de salud a la población de México. Se requiere atender las enfermedades prevalentes en México que han favorecido que la actual pandemia del Covid-19 se haya extendido con funestos resultados. Pero, además, que el país disminuya su dependencia tecnológica y el déficit comercial en medicamentos, vacunas y equipo médico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrams, David y Sampat, Bhaven (2018), “Drug Patent Citations and Value”, Working Paper.
- Acatitla, Edgar y Guzmán, Alenka (2014), “Measuring the diffusion of nanotechnologies as a new technological paradigm”, *15th International Conference of the Joseph A. Schumpeter Society*, Jena, Alemania, 27-30 julio.
- Agrawal, Madhu (2000), *Global Competitiveness in the Pharmaceutical Industry. The effect of National Regulatory, Economic, and Market Factors*, Pharmaceutical Products Press, Nueva York.
- Archibugui, Daniele; Denni, Mario y Filippetti, Andrea (2009), “The Technological Capabilities of Nations: The State of the Art of Synthetic Indicators”, *Technological Forecasting & Social Change*, 76 (7), pp. 917-931, doi:10.1016/j.techfore.2009.01.002.
- Archibugui, Daniele y Pianta, Mario (1996), *Techonological Change trough patents and innovation survey*, Institute for Studies on Scientific Research, Roma.
- Banco Mundial (2020), “Coronavirus: La respuesta del Grupo Banco Mundial ante la emergencia mundial de hacer frente a la pandemia”, *El Grupo Banco Mundial y la Covid19 (coronavirus)*, <https://www.bancomundial.org/es/who-we-are/news/coronavirus-covid19>.
- Basberg, Bjorn (1987), “Patents and the measurement of technological change: A survey of the literature”, *Research Policy*, 16 (2-4), pp. 131-141, [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(87\)90027-8](https://doi.org/10.1016/0048-7333(87)90027-8).
- Bell, Martin (1984), “Learning and the Accumulation of Industrial Technological Capacity in Developing Countries”, en Fransman Martin y King, Kenneth (eds.), *Technological Capacity in the Third World*, cap. 10, Macmillan, Londres, pp. 187-209, https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-349-17487-4_10.
- Bianco, Federica y Venezia, Marica (2019), “Features of R&D Teams and Innovation Performances of Sustainable Firms: Evidence from the Sustainable Pionners in the IT Hardware Industry”, *Sustainable*, 11 (4253), pp.1-19, <https://doi.org/10.3390/su11174524>.
- Bittencourt, Pablo y Giglio, Ricardo (2013), “Un análisis empírico sobre la capacidad de absorción tecnológica de la industria brasileña”, *Revista Cepal 111*, pp. 183- 199, <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35939/RVE111BittencourtGiglio.pdf?sequence=1>.
- Breitzman, Anthony y Thomas, Patrick (2015), “Inventor team size as a predictor of the future citation impact of patents”, *Scientometrics*, 103, march, pp. 631-647, <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1550-5>.
- Casisiman, Bruno; Veugelers, Reinhilde y Zúñiga, Pluvia (2010), “Diversity of Science Linkages: A Survey of Innovation Performance Effects and Some Evidence from Flemish Firms”, *The Open-Access, Open-Assessment E-Journal*, 4 (33), pp. 1-26, <http://dx.doi.org/10.5018/economics-ejournal.ja.2010-33>.

- Cohen, Wesley y Levinthal, Daniel (1990), "Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation", *Administrative Science Quarterly*, 35, pp. 128-152, doi: 10.2307/2393553.
- Criscuolo, Paola (2001), "Measuring knowledge flows among European and American multinationals: a patent citation analysis", Paper presented at The Future of Innovation Studies Conference, Eindhoven University of Technology, Netherlands, september, <https://pdfs.semanticscholar.org/0fa5/15b856a3088ccc7cb867172dc-5f3b33519f0.pdf>.
- DataLab (2020), Covid-19 dashboard México, <http://datalab.geoint.mx/>.
- Deloitte Insight (2020), "Biopharma leaders prioritize r&d, technological transformation, and global market presence. Findings from a new survey and analysis of investor calls in the first half of 2020", A report from the Deloitte Center for Health Solutions, www.deloitte.com/centerforhealthsolutions.
- Dosi, Giovanni; Grazzi, Marco y Moschella, Daniele (2015), "Technology and Costs in International Competitiveness: From Countries and Sectors to Firms", *Research Policy*, 44 (10), pp. 1795-814, <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.05.012>.
- Duguet Emmanuel y MacGarvie, Megan (2005), "How Well do Patent Citations Measure Flows of Technology? Evidence from French Innovation Surveys", *Economics of Innovation & New Technology*, 14 (5), pp. 375-393, <https://doi.org/10.1080/1043859042000307347>.
- Fernald, Kenneth; Pennings, Enrico; van den Bosh, J. F.; Commandeur, Harry y Claassen, E. (2017), "The moderating role of absorptive capacity and the differential effects of acquisitions and alliances on Big pharma firm's innovation performance", *plos one* 12 (2), e0172488, doi:10.1371/journal.pone.0172488, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5322930/pdf/pone.0172488.pdf>.
- Gay, Claudine; Latham, William y Le Bas, Christian (2008), "Collective Knowledge, Prolific Inventors and the Value of Inventions: An Empirical Study of French, German and British Patents in the US, 1975-1999", *Economics of Innovation and New Technology*, 17 (1-2), pp. 5-22, <https://doi.org/10.1080/10438590701279193>.
- Guellec, Dominique; van Pottelsberghe, Bruno y van Zeebroeck, Nicolas (2007), "Claiming more: The Increased Voluminosity of Patent Applications and its Determinants", *CEPR Discussion Paper*, núm. 5971.
- Griliches, Zvi y Mairesse, Jacques (1984), "Productivity and R&D at the Firm Level", en Griliches, Zvi (ed.), *R&D Patents and Productivity*, Chicago University Press, Chicago.
- Griliches, Zvi (1998). "Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey", en Griliches, Zvi, *R&D and Productivity: The Econometric Evidence*, National Bureau of Economic Research, Massachusetts, pp. 287-343.
- Guzmán, Alenka y Gómez, Hortensia (2015), "Patterns of knowledge flows from industrialized to emerging countries. The evidence of the Pharmaceutical Industry's use

- of patent citation”, *Contaduría y Administración*, vol. 60, (SI), pp. 31-56, ISSN 0186-1042. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cy.2015.08.008>.
- Guzmán, Alenka; Acatitla, Edgar y Vázquez, Thalia (2016). “Propensity toward industry-science links across Mexico’s technological sectors: An analysis of patents, 1980-2013”. *Econoquantum*, 13, pp. 125-157.
- Guzmán, Alenka; Acatitla, Edgar y Brown, Flor (2020), “Conditional Factors Pushing the Catch Up Across Developed and Emerging Countries in the Nanotechnology Sector, 2000-2010”, *Economics of Innovation and New Technology*, 29 (7), pp. 670-688, ISSN1476-8364, <https://doi.org/10.1080/10438599.2020.1715059>.
- Hall, Bronwyn; Jaffe, Adam y Trajtenberg, Manuel (2005), “Market Value and Patent Citations”, *The RAND Journal of Economics*, 36 (1), pp. 16-38, <https://www.jstor.org/stable/1593752>.
- Hall, Bronwyn (2006), “Innovation and diffusion”, en Fagerberg, Jan y Mowery, David (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press, Oxford, pp. 459-484.
- Henderson Rebecca; Jaffe, Adam y Trajtenberg, Manuel. (2005), “Patent Citations and the Geography of Knowledge Spillovers: A Reassessment Comment”, *American Economic Review*, 95(1), pp.461-464, marzo, <http://doi.org/10.1257/0002828053828644>.
- Hu, Albert y Jaffe, Adam (2003), “Patent citations and international knowledge flow: the cases of Korea and Taiwan”, *International Journal of Industrial Organization*, Elsevier 21 (6), pp- 849-880, REPEC:eee:indorg:v:21:y:2003:i:6:p:849-880.
- Hurmelinna, Pia y Puumalainen, Kaisu (2005), “Dynamics of industry and innovation: organizations, networks and systems”, Documento presentado en la Conferencia 2005, DRUID Dynamics of Industry and Innovation: Organizations, Networks and Systems, Copenhagen, Junio 27-29.
- Inegi, Dirección General de Estadísticas Sociodemográficas; Estadísticas Vitales.
- Iñesta, Antonio y Oteo, Luis Ángel (2011), “The Pharmaceutical Industry and the Sustainability of Healthcare Systems in Developed Countries and in Latin America”, *Ciencia & Saude Coletiva*, 16 (6), pp. 2713-2724, <http://doi.org/10.1590/S1413-81232011000600010>.
- IFPMA (International Federation of Pharmaceutical Manufacturers & Associations) News release (2020), “Pharma industry body joins as founding partner a new global collaboration to accelerate the development, production and equitable access to new Covid-19 tools”, Ginebra, 24 de abril, https://www.ifpma.org/wp-content/uploads/2020/04/Press-release-IFPMA-global-collaboration-COVID19_24April2020.pdf.
- Jaffe, Adam y Trajtenberg, Manuel (1999), “International knowledge flows: evidence from patent citations”, *Economics of Innovation and New Technology*, 8 (1-2), pp. 105-136.

- (2002), *Patent, Citations, and Innovations*, The MIT Press Cambridge, Cambridge, Massachusetts and London.
- Jaffe, Adam y Gaétan, de Rassenfosse (2017), “Patent citation data in social science research: Overview and Best Practices”, *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 68 (6), pp. 1360-1374, doi:10.1002/asi.23731.
- John Hopkins University of Medicine (2020), Coronavirus Resource Center, <https://coronavirus.jhu.edu/map.html>.
- Kale, Dinar y Little, Stephan (2007), “From Imitation to Innovation: The Evolution of R&D Capabilities and Learning Process in the Indian Pharmaceutical Industry”, *Technology Analysis and Strategic Management*, 19 (5), pp. 589-609, <https://doi.org/10.1080/09537320701521317>.
- Kim, Linsu (2001), *La dinámica del aprendizaje tecnológico en la industrialización*, Edit. Universidad de Korea, Seúl.
- Kwon, Soonwoo; Lee, Jihong y Lee, Sokbae (2014), “International trends in technological progress: stylized facts from patent citations”, *Centre of Microdata Methods and Practice*, CEMMAP working paper CWP16/14, pp. 1-45, Available at: <http://www.cemmap.ac.uk/wps/cwp161414.pdf>.
- Lanjouw, Jean y Schankerman, Mark (2004), “Patent Quality and Research Productivity: Measuring innovation with Multiple Indicators”, *The Economic Journal*, 114 (495), pp. 441-465, <https://www.jstor.org/stable/3590103?origin=JSTOR-pdf&seq=1>.
- Lerner, Josh y Seru, Amit (2017). “The use and misuse of patent data: issues for corporate finance and beyond”, Working Paper, Issue, Harvard Business School, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3071750> or <https://ssrn.com/abstract=3071750>.
- Levin, Richard; Klevorick, Alvin; Nelson, Richard y Sidney, Winter (1987), “Appropriating the Returns from Industrial Research and Development”, *Brookings Papers on Economic Activity*, núm 3, pp. 783-831.
- López, Andrés (2009), “Innovation and appropriability, empirical evidence and research agenda”, en World Intellectual Property Organization, *The Economics of Intellectual Property. Suggestions for Further Research in Developing Countries and Countries with Economies in Transition*, World Intellectual Property Organization, Ginebra pp. 1-40, https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/economics/1012/wipo_pub_1012.pdf.
- Lugones, Gustavo; Gutti, Patricia y Le Clech, Néstor (2007), “Indicadores de capacidades tecnológicas en América Latina. Estudios y perspectivas”, Sede Subregional de la Cepal en México 89, Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Mazzucato, Mariana y Dosi, Giovanni (2006), *Knowledge Accumulation and Industry Evolution. The Case of Pharma-Biotech*, Cambridge University Press, Nueva York.
- MacGarvie, Megan (2005), “The Determinants of International Knowledge Diffusion as Measured by Patent Citations”, *Economics Letters*, 87 (1), pp. 121-126, <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2004.09.011>. (Nightingale and Mahdi, 2016.)

- OCDE (2019), Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, Health Statistics.
- OMS (2019), Organización Mundial de la Salud, *World At Risk, Annual report on global preparedness for health emergencies*, octubre.
- Orsenigo, Luigi (2019), *The Emergence of Biotechnology. Institutions and Markets in Industrial Innovation*, CBS Publishers & Distributors pvt. LTD, Nueva Delhi.
- Ozawa, Sachiko; Higgins, Collen; Yemeke, Yatenda; Nwokike, Jude; Evans, Lawrence; Hajjou, Mustapha y Pribluda, Víctor (2020), "Importance of Medicine Quality in Achieving Universal Health Coverage", *Plos One*, 15 (17), e0232966. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232966>.
- Raan, Anthony van (2017), "Patent Citations Analysis and Its Value in Research Evaluation: A Review and a New Approach to Map Technology-relevant Research", *Journal of Data and Information Science*, 2 (1), pp. 13-50, doi:<https://doi.org/10.1515/jdis-2017-0002>.
- Shadlen, Kenneth; Guennif, Samira; Guzmán, Alenka y Nalitha, Narayanan (eds.) (2011), *Intellectual Property, Pharmaceuticals and Public Health. Access to Drugs in Developing Countries*, Cheltenham (UK), Northampton, Edward Elgar, M.A. (US).
- Schmookler, Jacob (1962), "Economic sources of inventive activity", *The Journal of Economic History*, vol. 22(1), pp. 1-20, doi: <https://doi.org/10.1017/S0022050700102311>.
- Seow, Jeffrey; Graham, Carl; Merrick, Blair *et al.*, (2020), "Longitudinal evaluation and decline of antibody responses in SARS-COV-2 infection", *Nature Microbiology*, 5, pp. 1598-1607, doi: <https://doi.org/10.1038/s41564-020-00813-8>.
- Singh, Shailu (2018), "Patenting Matters, Not Patents: Firm Market Value in Indian Manufacturing", *The Journal of Applied Economic Research*, 12 (1), pp. 67-87, <https://doi.org/10.1177/0973801017738423>.
- Smith, Derek (2014), "A Citation-Based Patent Evaluation Framework to Reveal Hidden Value and Enable Strategic Business Decisions", *Technology Innovation Management Review*, junio, pp. 4-13, https://timreview.ca/sites/default/files/article_PDF/Smith_TIMreview_June2014.pdf.
- Stonedahl, Forrest y Wilensky, Uri (2008), "NetLogo Virus on a Network model", Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL, <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/VirusonaNetwork>.
- The Lancet Regional Health (2020), "Covid 19: remaking the social contract", 395 (10234), 2 de mayo, pp. 1405-1406, doi:[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30983-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30983-1).
- World Health Organization (2020), *WHO Coronavirus Disease (Covid-19) Dashboard*, <https://covid19.who.int>.

- Yoguel, Gabriel y Boscherini, Fabio (2001), “El desarrollo de las capacidades innovativas de las firmas y el rol del sistema territorial”, *Desarrollo Económico*, 41 (161), pp. 37-69, <https://doi.org/10.2307/3455964>.
- Zhang, Feng; Jiang, Guohua y Cantwell, John (2019), “Geographically Dispersed Technological Capability Building and mnc Innovative Performance: The Role of Intra-firm Flows and Newly Absorbed Knowledge”, *Journal of International Management*, 25 (3), pp. 224-234, <https://doi.org/10.1016/j.intman.2019.04.002>.
- Zimmer, Carl; Corum, Jonahatan y Lee, Sui (2020), “Coronavirus Vaccine Tracker”, New York Times, noviembre 27, <https://www.nytimes.com/interactive/2020/science/coronavirus-vaccine-tracker.html>.
- Zúñiga, María Pluvia; Guzmán, Alenka y Brown, Flor (2007), “Technology acquisition strategies in the pharmaceutical industry in Mexico”, *Comparative Technology Transfer and Society (CTTS)*, John Hopkins University Press, vol. 5, (3), pp. 274-296, doi: 10.1353/ctt.2007.0033.