

Tendencias tecnológicas post COVID-19 en México

Post COVID-19 technological trends in Mexico

Diana Terrazas-Santamaria*

*Profesora-Investigadora, Centro de Estudios Económicos, El Colegio de México.
Correo electrónico: dterrazas@colmex.mx. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7236-882X>

RESUMEN

Este artículo estudia las tendencias tecnológicas en México en el periodo posterior a la pandemia, utilizando las tecnologías registradas en las solicitudes de las patentes y modelos de utilidad del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI). Se encontró que el número de solicitudes disminuyó en más del 50% en 2020 y en 2021, respecto a 2018. Por su parte, las tecnologías relacionadas con el COVID-19 aumentaron significativamente en 2020-2021 respecto a 2018, pero no así las de tecnologías digitales. De manera interesante, aproximadamente el 90% de los modelos de utilidad tienen únicamente inventores y solicitantes mexicanos, mientras que en las patentes este porcentaje se reduce a la mitad. Ello indicaría que las invenciones menores de productos o herramientas industriales están siendo desarrollados localmente, pero las invenciones que requieren mayor novedad y que incluyen no sólo objetos, sino también substancias o procesos, sólo la mitad son mexicanas.

ABSTRACT

This article examines technological postpandemic trends in Mexico, using the technologies recorded in patent and utility model applications filed with the Mexican Institute of Industrial Property (IMPI). We found that the number of applications decreased by more than 50% in 2020 and 2021 compared to 2018. On the other hand, technologies related to COVID-19 significantly increased in 2020-2021 compared to 2018, but not digital technologies. Interestingly, we found that approximately 90% of utility models have only Mexican inventors and applicants, while in patents, this percentage is halved. This finding suggests that minor inventions related to products or industrial tools are being developed locally, but inventions requiring more significant novelty, including not only objects but also substances or processes, are only half Mexican.

Recibido: 15/septiembre/2023
Aceptado: 28/noviembre/2023
Publicado: 31/enero/2024

Palabras clave:

| Patentes | México |
| COVID-19 | Innovación |
| Propiedad intelectual |

Keywords:

| Patents | Mexico |
| COVID-19 | Innovation |
| Intellectual property |

Clasificación JEL | JEL Classification |

O30, O32, O33



Esta obra está protegida
bajo una Licencia
Creative Commons
Reconocimiento-
NoComercial-
SinObraDerivada 4.0
Internacional

INTRODUCCIÓN

La reciente pandemia de COVID-19 presentó una oportunidad única en la era moderna de la innovación donde, por ejemplo, la industria farmacéutica y la de tecnologías de la información tuvieron un papel central en aliviar oportunamente las dificultades propias de dicha pandemia. Ante la ocurrencia de una crisis, las agendas de investigación y desarrollo (I+D) se ven rápidamente modificadas para generar respuestas novedosas.

Existen dos visiones encontradas sobre cómo responderá la innovación ante una crisis económica. Si la demanda agregada cae, la visión cíclica apunta a que la innovación caerá también debido a la falta de incentivos para innovar, mientras que la contra cíclica indica que una crisis promoverá el florecimiento de la innovación (Archibugi y Filippetti, 2011; Archibugi, Filippetti, y Frenz, 2013).

Al respecto, los estudios disponibles sobre los efectos en la innovación derivados de la crisis desatada por la pandemia de COVID-19 son principalmente para países desarrollados y para el sector farmacéutico y de tecnologías de la información (p. ej., Gold, 2022; Gzybowski, 2021; Mossoff y Adalja, 2022; Bloom, Davis, y Zhestkova, 2021).

En este contexto, las instituciones que gobiernan los derechos de propiedad intelectual (PI) tienen un efecto importante en las estrategias de los agentes para generar y difundir las invenciones, debido a que pueden agilizar los trámites de solicitudes y reducir tiempos de revisión. Por ejemplo, el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) incentivó durante la pandemia el uso de herramientas tecnológicas que les permitiera a los usuarios realizar todos los trámites en línea garantizando la certidumbre jurídica de los mismos.¹

El desarrollo de vacunas contra el virus de COVID-19 enmarcó de manera única la importancia de la innovación, en enero de 2020 iniciaron los primeros proyectos de vacuna conjuntamente entre universidades y empresas farmacéuticas, principalmente estadounidenses y europeas (Martínez, 2021). Por otro lado, la pandemia también obligó a utilizar tecnologías digitales y de la información para mantener las actividades empresariales, comerciales y educativas. Las empresas farmacéuticas y del sector digital han aumentado su gasto en I+D, mientras que las del sector automotriz, la aeronáutica y la defensa, han reducido su gasto en I+D (OECD, 2021).

Las patentes han servido como piedra angular en el diseño de protección de innovaciones debido a que le ofrece al dueño de la innovación, que ha costeado el desarrollo de la misma, el monopolio temporal de la innovación, a cambio de que se haga pública la información para que otros puedan generar nuevo conocimiento a partir de ello (Alshrari *et al.*, 2022; Guderian, 2019; Zerhouni, Nabel y Zerhouni, 2020).

De esta manera, las patentes sirven como aproximación de los intereses innovativos en un punto en el tiempo, ya que ofrecen un panorama de los campos del conocimiento que están siendo desarrollados, además de la información sobre los inventores y dueños. Es decir, la información documental de las patentes sirve como herramienta cuantitativa para realizar análisis estadístico sobre los cambios en la innovación de un periodo a otro.

Si se considera como dirección de la innovación a la combinación de todas las decisiones de los agentes involucrados (p. ej., empresas, universidades, gobiernos) sobre qué oportunidades tecnológicas aprovechar en un momento determinado (OMPI, 2022), entonces la información contenida en las patentes deberían de reflejar si existió un cambio de la dirección de la innovación y hacia dónde se direccionó, si es que la hubo. Singh, Triulzi, y Magee (2021) mencionan que, si bien las patentes en sí mismas no pueden ser consideradas como el resultado del proceso de cambio tecnológico, pueden ser utilizadas como el insumo intermedio que resulta de dicho proceso y como tal contiene información valiosa sobre las tecnologías específicas que cobran importancia en cierto momento.

En este contexto, el presente artículo analiza cómo la pandemia de COVID-19 afectó la tendencia de la innovación en México a través del estudio de las solicitudes de patentes y modelos de utilidad² ante el Instituto Mexicano de Propiedad Industrial (IMPI) desde 2018 a 2022. De esta forma, abarca el periodo previo al inicio de la pandemia (2018-2019), el pico de la pandemia (2020) y el periodo donde las actividades regresaron paulatinamente a la normalidad (2021-2022).

1. <https://www.gob.mx/impi/prensa/el-imp-i-abre-nuevamente-sus-puertas-y-ofrece-servicios-en-linea-para-evitar-salir-de-casa-247513?idiom=es>

2. Los modelos de utilidad son considerados “patentes pequeñas”, particularmente relevantes para países en desarrollo, como México (Suthersanen, 2019).

Hasta donde se tiene conocimiento, este trabajo es el primero para México que investiga qué tecnologías fueron las que cobraron importancia y cuáles perdieron impulso, así como el análisis de la nacionalidad de los dueños e inventores de estas. De esta forma, se puede saber si la pandemia generó un cambio en la dirección de la innovación en México semejante a lo reportado en estudios para países desarrollados. Si la respuesta es afirmativa, entonces interesa saber quiénes la generaron y hacia qué tecnologías se dirigió la innovación.

Las solicitudes del IMPI contienen los códigos de la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) que sirven para el análisis estadístico de los cambios en la dirección de la innovación. La tecnología de cada patente puede ser aproximada por los códigos tecnológicos donde la invención es relevante (Lobo y Strumsky 2019) y la evolución de esos códigos provee información para analizar la evolución de los esfuerzos e intereses innovativos (p. ej., Angelucci, Hurtado-Albir, y Volpe 2018; Jeon *et al.*, 2023; Singh, Triulziy Magee 2021). Además, el estado tecnológico en un momento dado puede ser asemejado a la distribución de densidad empírica de las clasificaciones tecnológicas y la medición de cambios entre estas distribuciones también aproximan a la existencia de un cambio tecnológico después de la pandemia (Terrazas-Santamaria, Mendoza-Palacios, y Berasaluce-Iza, 2023).

El número total de solicitudes de patentes y modelos de utilidad en México disminuyó en 57% en 2020 y en 2021 respecto al 2018. Casi la totalidad de los modelos de utilidad son propiedad y creados sólo por mexicanos (~90%), pero únicamente la mitad de las patentes tienen esta característica. Los modelos de utilidad son otorgados a invenciones menores de productos con utilidad industrial, por lo que no tienen como requisito mostrar una actividad inventiva substancial.

En cuanto a la tendencia tecnológica, aquellas tecnologías enfocadas al tratamiento, prevención y detección del COVID-19 aumentaron considerablemente en 2020 y 2021 respecto a 2018, pero no ocurre lo mismo con las invenciones relacionadas a tecnologías digitales y de la información, hecho que contrasta con lo ocurrido en países desarrollados (Bloom, Davis, y Zhestkova, 2021; Gzybowski, 2021).

En un modelo Probit, se encontró que un mayor número de inventores, solicitantes (únicamente mexicanos) y una mayor variedad de campos tecnológicos tienen un impacto positivo y significativo en la probabilidad de solicitar patentes específicas del virus SARS-CoV-2. Además, las patentes aumentan la probabilidad de patentamiento relacionado con el COVID-19 comparadas con los modelos de utilidad.

El artículo está organizado de la siguiente manera, en la Sección 1 se presenta una revisión de literatura sobre patentes e innovación; en la Sección 2 se hace una breve descripción del sistema de patentes en México; en la Sección 3 se describen los datos y se muestran estadísticas descriptivas de los mismos; en la Sección 4 se presentan los resultados sobre las tendencias tecnológicas en México, y en la última sección se presentan las conclusiones.

I. PATENTES E INNOVACIÓN

Las patentes corresponden a un derecho de propiedad temporal sobre una invención. Una patente da el derecho, pero no lo garantiza, de excluir a terceros de usar o lucrar con la invención patentada (Rockett, 2010). La protección de dichas invenciones mediante el uso de patentes se ha considerado una actividad necesaria en el fomento de la innovación y el progreso tecnológico, esta protección proporciona a las empresas cierta certidumbre sobre el retorno parcial de su inversión en investigación (Ceccagnoli y Rothaermel, 2008).

Las patentes se han utilizado ampliamente como una aproximación de la actividad innovativa debido a que se solicitan principalmente con propósitos de comercialización, debido a que se obtiene el monopolio legal

sobre el conocimiento que cubre la patente (Benson y Magee, 2015; Griliches, 1990; Ouellette, 2017; Rockett, 2010). Las estadísticas asociadas a las patentes suelen ser ampliamente utilizadas en estudios para medir la innovación y examinar el cambio tecnológico (Nagaoka, Motohashi, y Goto, 2010; Yildirim, 2023).

Las patentes también reflejan el cambio en la variedad de conocimiento que se genera con el tiempo (p. ej., software y biotecnología) y en los cambios legales e institucionales que las gobiernan (Bloom, Jones, van Reenen, y Webb, 2020). Es por ello por lo que se incluyen las invenciones que requieren mayor novedad para ser patentadas y aquellas que abarcan únicamente mejoras a productos existentes y de utilidad industrial (modelos de utilidad). De esta forma, se pretende capturar una mayor parte de la actividad innovativa del país antes y después de la pandemia COVID-19.

La teoría evolutiva de la innovación está de acuerdo con la distinción schumpeteriana sobre innovación (Lundvall *et al.*, 2002). Se reconoce a las innovaciones como la combinación de ideas, productos y recursos existentes que pueden estar “distantes” entre sí (Hyde y Fu, 2022; Usher, 1955; Ruttan, 2000; Fleming, 2001; Flemming y Sorenson, 2001; Frenken y Nuvolari, 2004; Youn *et al.*, 2015). En estos términos, una patente puede ser considerada como un conjunto de datos que contienen la información creada por los inventores de otras patentes que la antecedieron (Singh *et al.*, 2021). Es decir, las patentes actuales son resultado de la recombinación de conocimiento, ideas e información contenida en las patentes pasadas.

Las ideas tecnológicas y científicas capturadas en las patentes previas son, con frecuencia, utilizadas en las tecnologías más novedosas (Rosenberg, 1982; Verspagen, 1997; Youn *et al.*, 2015; Basnet y Magee, 2016). Esta recombinación de conocimiento genera nuevas tecnologías y dominios tecnológicos que pueden ser bien evaluados por medio de la información (clasificación) tecnológica contenida en los documentos de patentes. El hecho de que una patente se clasifique en todos los códigos tecnológicos relevantes donde encaja la novedad permite realizar estudios significativos sobre los cambios en las tendencias tecnológicas (Strumsky, Lobo, y van der Leeuw, 2012).

Los modelos de utilidad fueron concebidos como instrumentos para fomentar la innovación en países en desarrollo, debido a que, si un país no tiene la capacidad inventiva y desarrollo tecnológico suficiente para generar invenciones que sean acreedoras a una patente tradicional, se desaceleraría la innovación incremental que es más adecuada para las necesidades locales (Martínez y Ayala, 2017).

Los modelos de utilidad han cobrado popularidad, aproximadamente 70 países tienen un sistema de patentes donde ofrece dos niveles de patentes, asemejándose de alguna forma a los modelos de utilidad (Suthersanen, 2019), incluyendo México. Debido a la menor duración de la vigencia de un modelo de utilidad, menores costos y menores restricciones para otorgarlo —comparado con una patente— éstos pueden ser más atractivos para invenciones que tengan una naturaleza más incremental o para productos con un ciclo de vida corto (Heikkilä, 2023). Sin embargo, es importante incluirlos en el estudio de la actividad innovativa de un país, junto con las patentes, porque proveen un contacto con el ámbito innovativo local.

La pandemia, las patentes y los cambios en la tendencia tecnológica

La pandemia causada por el SARS-Cov-2 (COVID-19) puso en evidencia dentro de las comunidades menos cercanas a la producción y difusión del conocimiento la importancia de la ciencia y la tecnología para la atención de este tipo de urgencias. Los gobiernos emprendieron acciones para detener la propagación de la enfermedad y el regreso a la normalidad. La coordinación entre gobiernos, empresas y el resto de las partes interesadas logró generar un conjunto de vacunas en tiempo récord (Martínez, 2021). Las vacunas contra COVID-19 fueron el resultado de la asignación de recursos financieros y humanos hacia un objetivo específico, explícitamente se direccionó la I+D hacia un área de preocupación mundial (OMPI, 2022). Esta redirección de recursos es un ejemplo claro de un cambio formal en las áreas de prioridad de innovación de gobiernos y empresas.

Siendo las patentes uno de los indicadores más recurrentes para evaluar la innovación real que ocurre en las empresas, el Estado o la sociedad, se esperaría que reflejaran un cambio en la dirección de la innovación tras el paso de la pandemia. Los estudios teóricos y empíricos sobre patentes, dentro de la literatura sobre innovación y emprendimiento, las han vinculado profundamente con la dinámica de la innovación en las sociedades (Hyde y Fu, 2022).

Hingley y Park (2017) indican que los ciclos económicos en el patentamiento actuarán en dos direcciones opuestas: los recursos y el costo de oportunidad. Por un lado, cuando la economía está en recesión, las empresas tendrán menos recursos para destinar a I+D, ya sean propios o externos, como financiamiento gubernamental; es decir, la innovación será procíclica. Por otro lado, el enfoque contra cíclico indica que la innovación aumentará durante una recesión debido a que el costo de oportunidad es menor, los costos de los insumos de investigación bajarán y no será tan costoso destinar recursos, ya que la pérdida de ventas no será grande.

Además de la recombinación de conocimiento, las tendencias tecnológicas también pueden cambiar por factores imprevistos, como una pandemia de alcance global. La pandemia propició la secuenciación de una serie de acciones dirigidas a su resolución, gran parte de ellas incidieron directamente en la creación y apuntalamiento de ciertas tecnologías a través de la cooperación público-privada para la designación de áreas prioritarias, la intervención gubernamental (mediante políticas específicas) y la asignación de recursos a áreas específicas de investigación (OMPI, 2022).

La pandemia propició que diversas tecnologías alcanzaran rápidamente las fases de desarrollo y aplicación. Ejemplo de ello son las tecnologías digitales que sirvieron para reorganizar la operación de las organizaciones y la interacción de la sociedad (Lee y Trimi, 2021). Todavía es incierto si los cambios generados por la pandemia, como el trabajo remoto, comercio electrónico o la educación en línea, serán permanentes o sirvieron sólo para aliviar el momento más álgido de la misma. Lo anterior es de particular importancia para el presente estudio, debido a las condiciones estructurales en México, donde la cobertura de internet y acceso a las tecnologías digitales y de la información son aún limitadas para la población general; la probabilidad de teletrabajar apenas supera el 15% (CEPAL, 2020).

Las empresas destinan el gasto de I+D a los productos o servicios que potencialmente les traerán los mayores beneficios económicos. Si éstas no consideran que el mercado mexicano consumirá sus productos, entonces no se esperaría un cambio significativo en las tecnologías digitales y de la información después de la pandemia en estas tecnologías. La misma analogía no es evidente para las tecnologías asociadas al tratamiento, prevención y detección del virus SARS-CoV-2, donde la demanda se genera de manera exógena a las preferencias de los consumidores y al estado actual de la educación, comercio y dinámica laboral. Aunado a ello, en 2022, México fue el segundo mercado más grande en productos farmacéuticos de Latinoamérica sólo después de Brasil (15° en el mundo) mientras que los medicamentos patentados representan el 51% por ciento del valor del mercado.³

Existe evidencia de que las empresas suelen optar por reducir sus esfuerzos en innovación y patentamiento en tiempos de crisis a pesar de las consecuencias negativas a largo plazo (Hingley y Park 2017; Disoska *et al.*, 2020; Archibugi, Filippetti y Frenz 2013; Guderian 2019). Por ejemplo, el mantenimiento de una patente durante su lapso de vida útil suele ser demasiado costoso. Por ello, en tiempos de crisis, cuando los fondos son limitados, mantenerlas o presentar otras nuevas suele resultar difícil para las empresas (Madhusudanan, Iddon, Cevik, Naismith y Fitzgerald, 2023).

3. <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/mexico-healthcare-products-services>

Aunque los estudios que han explorado dichas cuestiones con relación a la pandemia reciente son aún escasos, éstos señalan una disminución en las decisiones de patentamiento durante el pico de la pandemia.⁴ La incertidumbre económica que devino con ella influyó directamente en las estrategias de las empresas y en el ajuste de los presupuestos destinados a la propiedad intelectual (p. ej., la solicitud y el mantenimiento de patentes) (Gzybowski, 2021).

Estudiar y evidenciar el desarrollo de nuevas tecnologías (cambio en las tendencias tecnológicas) es útil para evaluar las mejoras en la productividad, la eficacia de las políticas gubernamentales destinadas a influir en dicha tecnología y las ramificaciones o los derrames económicos de ciertas tecnologías (Rosenberg, 1982). A este respecto, los documentos de patente ofrecen información valiosa sobre el estado de una tecnología en un momento determinado y para detectar cambios tecnológicos a partir de éstos (Terrazas-Santamaria, Mendoza-Palacios, y Berasaluce-Iza, 2023).

II. SISTEMA DE PATENTES EN MÉXICO

El IMPI es el organismo descentralizado de la administración pública federal facultado para la gestión y el otorgamiento de patentes en México. Creado en 1993, goza de personalidad jurídica y patrimonio propio. Se encarga de expedir títulos de propiedad para otorgar protección jurídica a las invenciones reconocidas por el Estado (Kurczyn y Villanueva, 2009). La Ley Federal de Protección a la Propiedad Industrial (LFPI) regula todo lo relacionado a la propiedad intelectual (PI) en México.

Para ello, el IMPI actúa en dos modalidades por medio de las cuales se pueden proteger las creaciones intelectuales en el país: la primera es la patente, otorgada a invenciones, modelos de utilidad, diseños y esquemas trazados en circuitos integrados; la segunda es la referente al registro de marcas, avisos comerciales y declaración de protección de denominación de origen (Cerón *et al.*, 2014).

Cuando el IMPI concede una patente, otorga el derecho al inventor o su causahabiente, de exclusividad sobre la invención por un periodo de 20 años (LPPI Art. 53) y de 15 años para un modelo de utilidad (LPPI Art. 53), contados a partir de la fecha de presentación de la solicitud. En este sentido, se reconoce a la patente o un modelo de utilidad como un instrumento jurídico que otorga el derecho temporal de explotación exclusiva en favor de las personas que realizan una invención. Un documento de patente otorgado por el IMPI posee las especificaciones legales y tecnológicas de la invención. Los documentos de patente muestran información relevante sobre el inventor, su nacionalidad, dirección, adscripción, género, etc.

Las solicitudes de patentes en México han sido primordialmente realizadas por solicitantes extranjeros. Estudios sobre las tendencias de patentamiento en el país han revelado que en los últimos años más del 90% de las solicitudes de patentes realizadas ante el IMPI provienen de este tipo de solicitantes (Kurczyn y Villanueva, 2009). Algunos autores han relacionado esta cuestión con los cambios en la legislación sobre derechos de propiedad intelectual y la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) (Aboites, 2007).

Aunque el TLCAN se centró en la negociación comercial de bienes y servicios, el comercio de tecnología y los flujos de capital de conocimiento tuvieron también un peso importante dentro de la firma del tratado (Park, 2011) y fue el primer tratado comercial en el mundo en incluir la regulación sobre propiedad intelectual (Chávez *et al.*, 2018). La renegociación del Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC) mantuvo

4. De acuerdo con Gzybowski (2021), algunas empresas invierten en I+D cuando sus líneas de productos quedan obsoletas o cuando los competidores crean productos similares o superiores. Con el avance de la pandemia, algunas empresas tendieron a reducir el gasto en I+D y recortaron los presupuestos destinados a la propiedad intelectual, limitándose a depender de los ingresos concedidos por los productos ya existentes.

y generó algunas nuevas disposiciones sobre la protección de la PI en México, sobre todo, en patentes de la industria farmacéutica y de carácter biológico. En 2020 entró en vigor la nueva Ley Federal de Protección a la Propiedad Industrial derivado del T-MEC. Uno de los principales cambios contempla la indemnización al titular por la violación de alguno o algunos de los derechos de su propiedad industrial.⁵

El IMPI también otorga los modelos de utilidad a las invenciones que muestren novedad y aplicación industrial, pero que no alcanzan un desarrollo tecnológico similar al de una patente. Sin embargo, es importante incluirlos en el análisis de las patentes mexicanas porque la solicitud de registro de modelo de utilidad ante el IMPI es la misma que para una patente. De acuerdo con el IMPI, la duración aproximada del trámite de una patente es de 3 a 5 años, mientras que para un modelo de utilidad es de 1.5 años y tiene un menor costo.⁶

Martínez (2017) destaca que el dueño de una patente en México debe pagarle al Estado de manera quinquenal una suma semejante al Impuesto al Valor Agregado (IVA) como si se tratara de una actividad comercial ordinaria, lo que podría disminuir los incentivos al uso de esta herramienta como protección de las invenciones.

III. DATOS

La información de las solicitudes de patentes proviene del Sistema de Información de la Gaceta de la Propiedad Industrial (SIGA-IMPI 2.0) que es el sistema público para buscar y descargar los ejemplares oficiales publicados por el IMPI. En la sección de búsqueda de ejemplares se seleccionó el área respectiva a Patentes, específicamente, se consideraron las Solicitudes de Patente, de Registros de Modelos de Utilidad y de Diseños Industriales. Se filtraron por las solicitudes de Patentes y Modelos de Utilidad efectuadas entre los meses de enero del 2018 y diciembre del 2022.

Se excluyeron de la base las solicitudes que fueron hechas bajo el Tratado de Cooperación en Materia de Patentes (PCT, por sus siglas en inglés) debido a que los agentes que utilizan esta opción pueden tener estrategias de patentabilidad diferentes a los que buscan protección nacional individual. El interés del presente artículo es analizar las tendencias tecnológicas de México como resultado de la actividad innovativa nacional. Sólo se analizan patentes que buscaron exclusivamente la protección nacional, sin la posibilidad de buscar con esa misma solicitud protección en otras oficinas de patentes.⁷

Todo nacional o residente de un país puede solicitar una patente ante la oficina nacional y es válida únicamente en el país o región donde se solicita, no existen patentes internacionales. Sin embargo, el PCT abre la posibilidad de obtener una patente de invención en varios países con una misma solicitud nacional y es administrado por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) (WIPO, 2023). En México, el IMPI actúa como oficina receptora de las solicitudes de patentes bajo el PCT.

La base de datos final contiene 9,659 solicitudes, de las cuales 7,446 (77%) corresponden a patentes y 2,213 (23%) a modelos de utilidad presentadas ante el IMPI entre 2018 y 2022. En la Tabla 1 se presentan las variables de análisis por patente. Las patentes estudiadas son aquellas que buscaron individualmente la protección ante el IMPI. Sin embargo, no se tiene la información sobre si las solicitudes consideradas fueron presentadas anteriormente en otra oficina de patentes o el IMPI fue la primera oficina de solicitud.

5. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFPPI.pdf>

6. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/700283/Gu_a_de_invenciones__1_.pdf

7. El convenio de París permite presentar solicitudes posteriores en otras oficinas de patentes nacionales o regionales dentro de los doce meses siguientes a la fecha de presentación de la primera solicitud.

Tabla 1. Variables de análisis por patente

Solicitante(s)	Nacionalidad de cada solicitante y número de solicitantes
Inventor(es)	Nacionalidad de cada inventor y número de inventores
Tecnología(s)	Clasificaciones CIP
Fecha de solicitud	Fecha de presentación ante el IMPI
Tipo	Patente o modelo de utilidad

Fuente: elaboración propia.

Se considera la “Fecha de solicitud” y no la fecha de otorgamiento por dos razones: 1) no todas las solicitudes serán finalizadas hasta obtener una patente, ya sea porque lo descrito en la solicitud no amerita el otorgamiento de la patente, o porque el solicitante no completa el proceso, y 2) el plazo entre la solicitud y la concesión suele durar varios meses o años.

De acuerdo con el Art. 107 de la LPPI, todas las solicitudes serán publicadas después de 18 meses de la presentación inicial, pero los solicitantes pueden optar porque sea pública antes de este periodo. Una vez publicada la solicitud, el expediente es abierto para la consulta pública, por lo que al momento de la última actualización de la base de datos (30 de junio de 2023) existían solicitudes hechas en 2022 que pudieron no haber sido públicas aún, pero se decidió incluir 2022 como periodo postpandemia para tener un acercamiento de la dirección de la innovación.

La variable “Tipo” diferencia entre solicitudes de patentes y de modelos de utilidad. De acuerdo con la LPPI, se otorga una patente cuando se trata de “una sola invención o a un grupo de invenciones, relacionadas de tal manera entre sí, que conformen un único concepto inventivo” (LPPI Art. 93); y un modelo de utilidad a “los objetos, utensilios, aparatos o herramientas que, como resultado de una modificación en su disposición, configuración, estructura o forma, presenten una función diferente respecto de las partes que lo integran o ventajas en cuanto a su utilidad” (LPPI Art. 59).

El “Inventor” se refiere al Artículo 39 de la LPPI que indica “Se presume inventor, diseñador o creador a la persona o personas físicas que se señalen como tales en la solicitud de patente o de registro, quienes tendrán el derecho a ser reconocidos con tal carácter”. Una patente puede tener más de un inventor y cada inventor tiene registrada una nacionalidad.

La variable “Solicitante” indica la nacionalidad de cada solicitante de la patente o diseño de utilidad. A diferencia de los inventores, que sólo son personas físicas, los solicitantes también pueden ser empresas, universidades, agencias de gobierno o el (los) inventor(es) mismos.

Cada patente contiene una Clasificación Internacional de Patentes (CIP). La variable Tecnología constituye un “sistema jerárquico de símbolos que no dependen de idioma alguno para la clasificación de las patentes y los modelos de utilidad con arreglo a los distintos sectores de la tecnología a los que pertenecen”. El IMPI es la oficina encargada de asignar los símbolos de la CIP que correspondan a cada solicitud.

El CIP está compuesto de secciones (jerarquía más alta), éstas están divididas en clases y en subclases. Por ejemplo, el CIP *A61B* corresponde a la Sección “Necesidades corrientes de la vida”, a la Clase *A61* “Ciencias médicas o veterinarias; higiene” y Subclase *A61B* “Diagnostico; cirugía; identificación”.

Destaca que cada solicitud de patente o modelo de utilidad puede tener más de un símbolo en la CIP, es por ello que se consideran aquellos símbolos únicos por sección, clase o subclase para codificar la variable

“Tecnología”. Por ejemplo, la solicitud de patente “MX/a/2018/002983” tiene los símbolos CIP “A01N 63/00; A61L 15/42; A61P 31/12; D06M 11/83”; de acuerdo con este criterio, esta patente estaría clasificada en las Secciones A y D, Clases A01, A61 y D06, Subclases A01N, A61L, A61P y D06M.

En la Tabla 2 se presenta el número de solicitudes por tipo y por año. De 2018 a 2022, las patentes representaron el 77% de las solicitudes y los diseños de utilidad el 23%. Los diseños de utilidad han aumentado su participación en estas solicitudes, pasando de 17% en 2018 a 38% en 2022.

Tabla 2. Número de solicitudes por tipo y por año

Tipo	2018	2019	2020	2021	2022	Total
Patente	2,323 (83%)	1,815 (79%)	1,360 (76%)	1,323 (75%)	625 (62%)	7,446 (77%)
Modelo de utilidad	469 (17%)	492 (21%)	420 (24%)	442 (25%)	390 (38%)	2,213 (23%)
Total	2,792	2,307	1,780	1,765	1,015	9,659

Fuente: elaboración propia.

Además, el número total de solicitudes ha disminuido en el periodo analizado, pasando de 2,792 en 2018 a 1,765 en 2021.⁸ Tomando como año base 2018, las solicitudes en 2020 disminuyeron 17% y en 2021, 36%. Este primer hallazgo sugiere que la actividad innovativa en México, medida a través de las solicitudes de patentes y modelos de utilidad, sí se vio afectada negativamente por la pandemia del COVID-19. Una posible explicación es que las actividades del IMPI fueron suspendidas del 27 de marzo al 6 de julio de 2020, pero ello no explica por qué las solicitudes en 2021 fueron similares a las de 2020.

La Tabla 3 presenta el número de solicitantes e inventores por año, y sus respectivos porcentajes.

Tabla 3. Número de solicitantes e inventores por año

	Número de solicitantes						Número de inventores										Total
	1	%	2	%	≥3	%	1	%	2	%	3	%	4	%	≥5	%	
2018	2,500	90	162	6	130	5	991	35	544	19	499	18	312	11	446	16	16
2019	2,102	91	139	6	66	3	914	40	424	18	341	15	253	11	375	16	16
2020	1,621	91	116	7	43	2	723	41	374	21	270	15	178	10	235	13	13
2021	1,641	93	80	5	44	2	700	40	373	21	266	15	163	9	263	15	15
2022	953	94	46	5	16	2	373	37	298	29	161	16	82	8	101	10	10
Total	8,817	91	543	6	299	3	3,701	38	2,013	21	1,537	16	988	10	1,420	15	15

Fuente: elaboración propia.

8. Recordemos que, debido a que las solicitudes son públicas 18 meses después de la fecha de presentación, excepto cuando los solicitantes permitan su publicación antes del vencimiento del plazo, el año 2022 puede ser una observación parcial de lo sucedido en ese año. Además, el Art. 107 de la LPPI indica que “No se publicarán las solicitudes que no hubiesen sido admitidas a trámite, las abandonadas, las retiradas, las desistidas o las desechadas,” es por ello que tampoco es posible distinguir si el menor número de solicitudes observadas públicamente se debe a que más solicitudes cayeron dentro de lo dispuesto en el artículo.

Durante 2018-2022, el 91% de las solicitudes tienen un solicitante. Sin embargo, este porcentaje ha crecido a lo largo de los años, pasando de 90% en 2018 a 94% en 2022. En cuanto al número de inventores, el 38% de las solicitudes durante el periodo analizado tienen un inventor, 21% dos inventores y el resto tres o más inventores. De 2018 a 2021, se observa un aumento de cinco puntos porcentuales (pp) en el número de solicitudes de un inventor (35% a 40%), de dos pp las solicitudes de dos inventores (19% a 21%) y una disminución de tres pp en las de tres inventores (18% a 15%).

Aproximadamente la mitad de las patentes tienen solicitantes que son sólo mexicanos (Tabla 4). Este porcentaje se mantuvo entre 2018 y 2020 (~ 51%), pero en 2021 disminuyó (40%). Los diseños de utilidad parecen seguir otra lógica, alrededor del 90% tienen sólo a solicitantes mexicanos, sin un cambio drástico durante el periodo.

Tabla 4. Proporción de solicitantes mexicanos por tipo

	<i>Número de solicitantes</i>							<i>Número de inventores</i>						
	Ninguno	%	Todos	%	Otro	%	Total	Ninguno	%	Todos	%	Otro	%	Total
2018	1,123	48	1,191	51	9	0	2,323	45	10	422	90	2	0	469
2019	889	49	920	51	6	0	1,815	41	8	449	91	2	0	492
2020	647	48	710	52	3	0	1,360	32	8	386	92	2	0	420
2021	786	59	534	40	3	0	1,323	39	9	397	90	6	1	442
2022	622	100	3	0	0	0	625	24	6	364	93	2	1	390
Total	4,067		3,358		21		7,446	181	8	2,018	91	14	1	2,213

Fuente: elaboración propia.

Si se analiza la proporción de inventores mexicanos (Tabla 5), podemos acercarnos a la actividad inventiva en sí misma, debido a que los inventores son aquellas personas físicas que crearon la invención. Los modelos de utilidad tienen principalmente sólo a inventores mexicanos, permaneciendo sin cambios durante el periodo estudiado. Sin embargo, las patentes han mostrado una disminución en aquellas que tienen sólo inventores de México, pasando de 49% en 2018 a 38% en 2021.

Tabla 5. Proporción de inventores mexicanos por tipo

	<i>Patentes</i>							<i>Modelo de utilidad</i>						
	Ninguno	%	Todos	%	Otro	%	Total	Ninguno	%	Todos	%	Otro	%	Total
2018	1,110	48	1,149	49	64	3	2,323	44	9	420	90	5	1	469
2019	884	49	867	48	64	4	1,815	46	9	439	89	7	1	492
2020	639	47	673	49	48	4	1,360	35	8	380	90	5	1	420
2021	777	59	499	38	47	4	1,323	39	9	394	89	9	2	442
2022	611	98	7	1	7	1	625	28	7	359	92	3	1	390
Total	4,021		3,195		230		7,446	192	9	1,992	90	29	1	2,213

Fuente: elaboración propia.

Casi la totalidad de los modelos de utilidad son propiedad y creados sólo por mexicanos, pero únicamente la mitad de las patentes tienen esta característica.

Después del pico de la pandemia, en 2021, el número de patentes que no tenían a ningún inventor o solicitante mexicano aumentó a 59%, ambos, respecto a años anteriores donde se mantuvo estable, posiblemente debido a que las tecnologías que se patentaron cambiaron durante la pandemia y poco tiempo después. Las patentes conllevan procesos inventivos que son largos, probablemente lo observado en 2021 y 2022 fueron las realizaciones de la actividad inventiva llevada a cabo en 2020 cuando la pandemia de COVID-19 alcanzó su nivel más alto.

En 2022 casi todas las patentes fueron solicitadas e inventadas sólo por extranjeros. Ello podría suceder porque si sólo se observan los primeros meses de 2022, al momento de la última actualización de la base de datos, los extranjeros son los primeros en embarcarse en la solicitud de patentes ante el IMPI. Pudiera ser que los solicitantes e inventores mexicanos tardan más en solicitar patentes durante un año dado.

En la Tabla 6 se enumeran los países de los inventores extranjeros registrados en las solicitudes de patentes. Estados Unidos de América (E.U.A.) representa la mitad de éstos, aunque su proporción disminuyó en de 2018 a 2020. La presencia de Alemania, China, España e Italia aumentó durante el mismo periodo.

Tabla 6. Nacionalidades de inventores extranjeros (% por año): patentes

	2018	2019	2020	2021	2022	Total
<i>E.U.A.</i>	50.1	45.9	43.4	47.9	51.1	47.8
<i>Alemania</i>	8.7	8.3	9.8	9.5	11.4	9.3
<i>India</i>	6.4	3.6	2.8	5.0	3.9	4.6
<i>Canadá</i>	3.8	3.3	2.8	2.8	1.8	3.1
<i>China</i>	3.4	3.8	4.1	7.0	8.2	5.0
<i>Japón</i>	2.9	2.6	3.3	3.4	2.2	2.9
<i>España</i>	2.7	1.9	3.6	2.6	1.3	2.5
<i>Francia</i>	2.4	3.9	3.7	2.4	1.8	2.9
<i>Italia</i>	2.4	2.6	3.1	2.8	4.5	2.9
<i>Brasil</i>	1.6	1.3	1.0	1.3	1.3	1.3
<i>Otros</i>	17.3	24.0	23.5	16.5	13.8	19.1

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a las nacionalidades de los solicitantes extranjeros de patentes (Tabla 7), E.U.A. representa más de la mitad de 2018 a 2022. Si consideramos 2020 como el año donde se realizaron los mayores esfuerzos para crear vacunas y tratamientos contra COVID-19, no sorprende que aumentara la representación de los países con mayor presencia en el mercado farmacéutico mexicano (Alemania, Francia, Suiza, Italia y China).

Tabla 7. Nacionalidades de solicitantes extranjeros (% por año): patentes

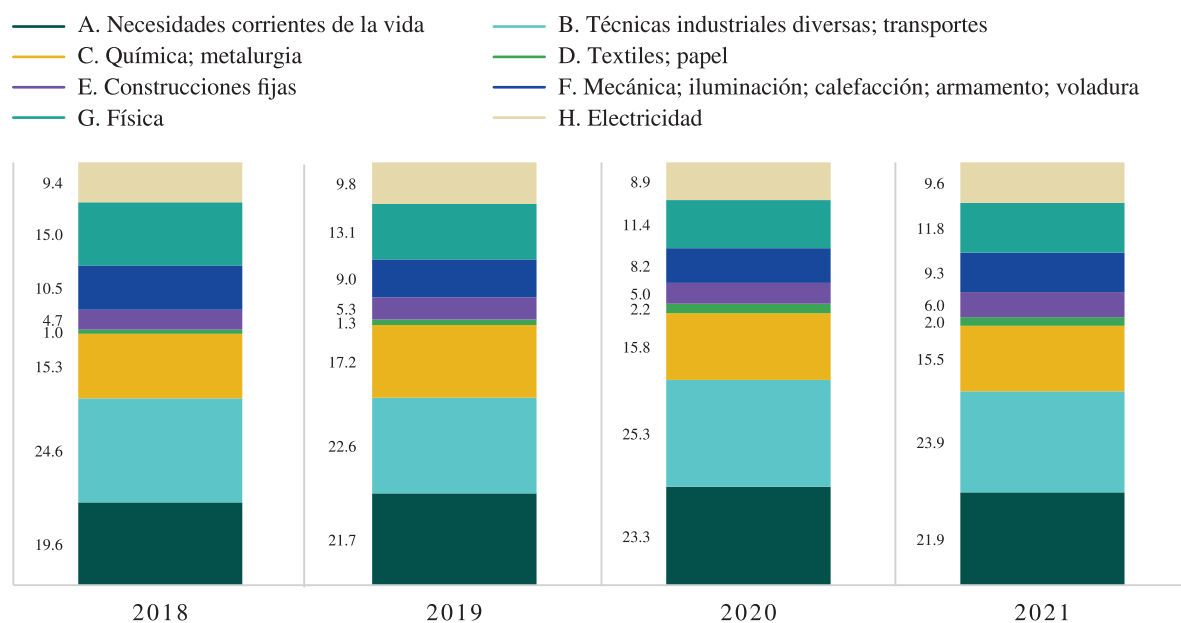
	2018	2019	2020	2021	2022	Total
<i>E.U.A.</i>	50.1	45.9	43.4	47.9	51.1	47.8
<i>Alemania</i>	8.7	8.3	9.8	9.5	11.4	9.3
<i>India</i>	6.4	3.6	2.8	5.0	3.9	4.6
<i>Canadá</i>	3.8	3.3	2.8	2.8	1.8	3.1
<i>China</i>	3.4	3.8	4.1	7.0	8.2	5.0
<i>Japón</i>	2.9	2.6	3.3	3.4	2.2	2.9
<i>España</i>	2.7	1.9	3.6	2.6	1.3	2.5
<i>Francia</i>	2.4	3.9	3.7	2.4	1.8	2.9
<i>Italia</i>	2.4	2.6	3.1	2.8	4.5	2.9
<i>Brasil</i>	1.6	1.3	1.0	1.3	1.3	1.3
<i>Otros</i>	17.3	24.0	23.5	16.5	13.8	19.1

Fuente: elaboración propia.

En 2020, Suiza, Alemania, España, Francia, Reino Unido y E.U.A. fueron los países con mayor Inversión Extranjera Directa (IED) para Fabricación de Productos Farmacéuticos en México. En cuanto a importaciones de Productos Farmacéuticos a México, en 2022, los principales orígenes comerciales de Productos Farmacéuticos fueron E.U.A., Alemania, Francia (USD 428M), Puerto Rico y China.⁹

La CIP tiene ocho Secciones diferentes que representan el mayor nivel de jerarquización de tecnologías en dicha clasificación, denotadas con las letras A-H. Si se observan las Secciones por solicitud de patente (Figura 1), en 2020, aumentó el porcentaje de las Secciones A y B y disminuyó el de las Secciones F, G y H. La Sección A es la asociada a los productos farmacéuticos

Figura 1. Secciones únicas por solicitud de patente (% por año)

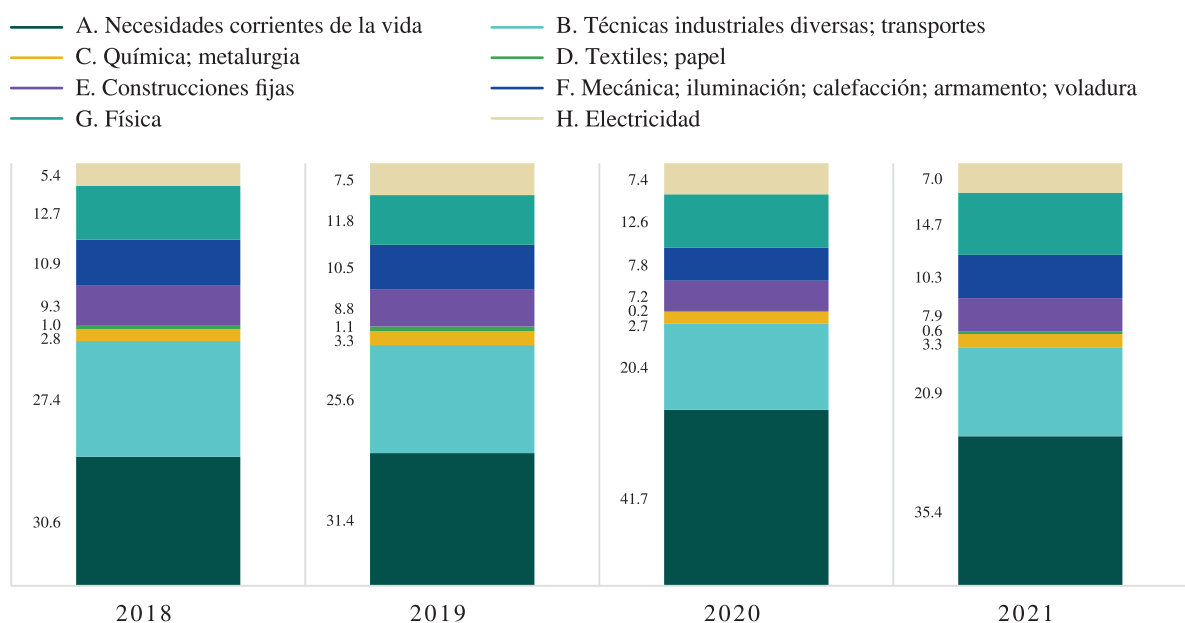


Fuente: elaboración propia.

Jeon *et al.* (2023) también encuentran que la Sección A representó la mayor proporción en las solicitudes de PI en 21 países durante 2020 y 2022, debido a que la mayoría de las patentes relacionadas con COVID-19 están englobadas en las necesidades corrientes de la vida.

Si se observan las Secciones en los modelos de utilidad (Figura 2), en 2020, la Sección A aumentó considerablemente respecto a 2018 y 2019, mientras que la Sección B disminuyó. Una posible explicación al aumento de la Sección A en 2020 es que las invenciones locales dedicadas al COVID-19 aumentaron como proporción del total.

9. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/product/pharmaceutical-products?yearsBACI=2021>

Figura 2. Secciones únicas por solicitud de modelo de utilidad (% por año)

Fuente: elaboración propia.

Como ya se mencionó, una patente puede ser asignada a más de un código CIP. Una patente donde las diferentes clases pertenecen a una Sección es considerada como de única tecnología; las patentes a las que se les asignan dos o más códigos CIP en diferentes secciones se definen como tecnologías convergentes (Jeon *et al.*, 2023).

En la Tabla 8 se observa que el 79% de las patentes y el 88% de los modelos de utilidad tienen una única tecnología, de las solicitudes que tienen tecnologías convergentes, el 89% de patentes y modelos de utilidad tienen dos tecnologías. Este hallazgo de prevalencia de tecnologías únicas es consistente con Jeon *et al.* (2023), quienes encuentran que durante 2020 y 2022, las solicitudes de patentes relacionadas con COVID-19 en Japón, E.U.A. y la Unión Europea fueron en su mayoría de tecnología única.

Tabla 8. Número de Secciones diferentes por solicitud

Número de Secciones	Patentes	%	Modelos de utilidad	%
1	5,870	78.8	1,938	87.6
2	1,401	18.8	244	11.0
3	167	2.2	31	1.4
4	6	0.1	0	0.0
5	2	0.0	0	0.0
Total	7,446	100	2,213	100

Fuente: elaboración propia.

IV. TENDENCIA TECNOLÓGICA

En esta sección se analiza la tendencia tecnológica, medida a través de las solicitudes de patentes y modelos de utilidad solicitados ante el IMPI entre 2018 y 2022. La prepandemia comprende 2018-2019 y la postpandemia 2020-2021.¹⁰ Los principales instrumentos para estudiar las tendencias tecnológicas fueron los códigos de la CIP registrados en cada solicitud para aproximarnos al estado tecnológico en cada año. El objetivo principal del presente artículo es evaluar si existió un cambio en la tendencia tecnológica en México comparando el periodo periodos prepandemia con el postpandemia.

Divergencia como cambio en la dirección de innovación

En este apartado se analiza la dirección de la innovación postpandemia en México, utilizando medidas de distancia probabilística de las distribuciones de las Secciones de 2018 a 2021.

Siguiendo a Terrazas-Santamaria, Mendoza-Palacios, y Berasaluce-Iza (2023), si en un año dado consideramos la distribución de densidad empírica de las Secciones de las solicitudes de patentes y modelos de utilidad, podemos caracterizar el estado tecnológico en ese momento. De esta manera, la distancia entre estas distribuciones es una medida de qué tanto cambió el estado tecnológico de un momento a otro. Debido a la naturaleza de la CIP, la distribución de densidad corresponde a una variable categórica. Se utilizaron tres medidas de divergencia para variables categóricas y el comando *reldist* en Stata siguiendo a Jann (2021). Sea $k=1, \dots, K$ las categorías correspondientes a las Secciones o a las Clases de la CIP. Jann (2021) indica que las medidas de divergencia para datos categóricos son las siguientes:

$$\widehat{X^2} = \sum_{k=1}^K \frac{(\widehat{p}_k^D - \widehat{p}_k^R)^2}{\widehat{p}_k^R}$$

$$\widehat{KL} = \sum_{k=1}^K \widehat{p}_k^D \ln \left(\frac{\widehat{p}_k^D}{\widehat{p}_k^R} \right)$$

$$\widehat{TVD} = \sum_{k=1}^K \frac{1}{2} |\widehat{p}_k^D - \widehat{p}_k^R|$$

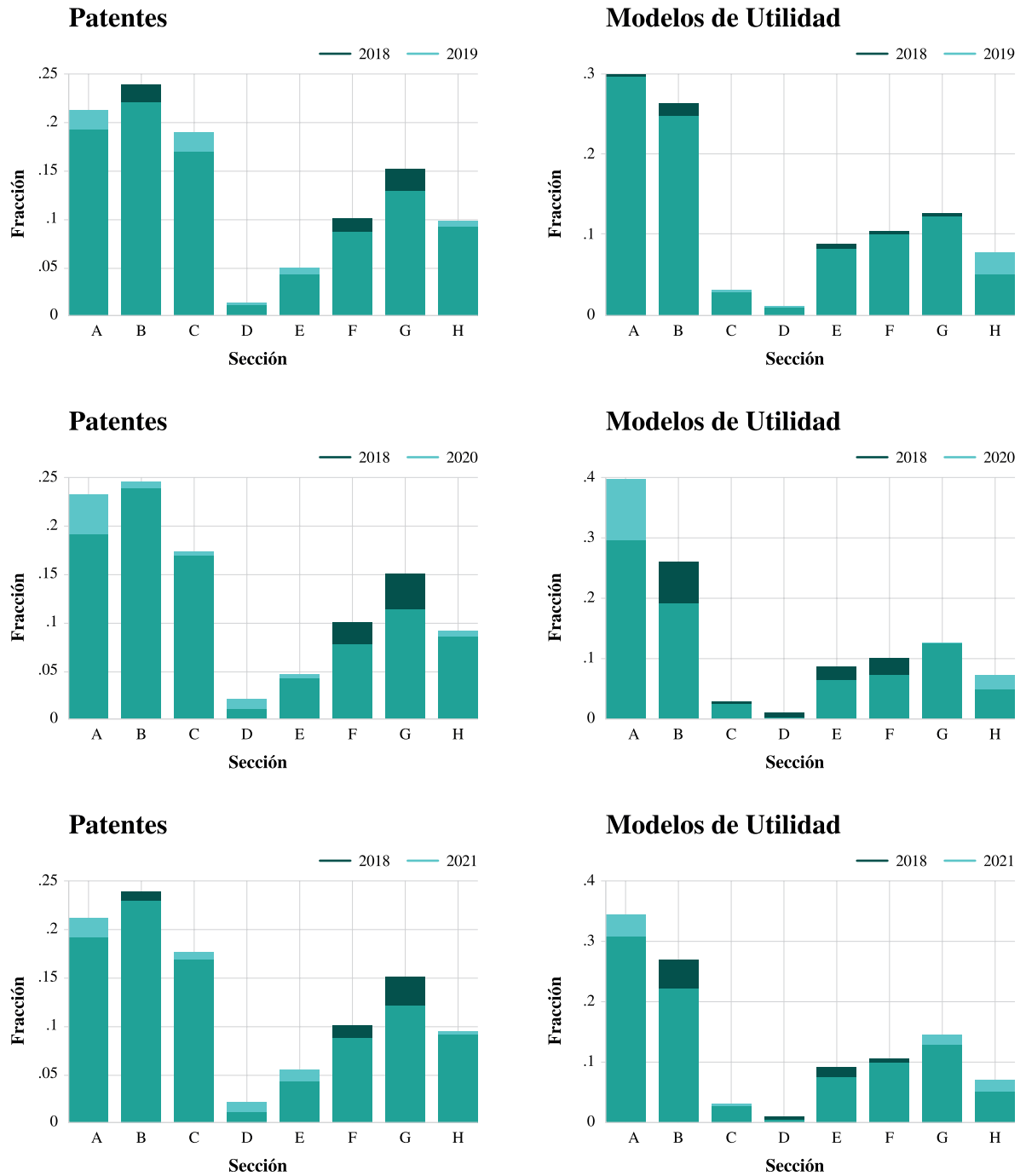
$$\text{donde } \widehat{p}_k^D = \widehat{P}_D(X = k) \text{ y } \widehat{p}_k^R = \widehat{P}_R(X = k)$$

Cada medida considera una escala diferente, pero todas deberían indicar que el estado tecnológico de un año a otro cambió considerablemente si el valor del estimador es más grande. El año base es denotado por R y el año que se compara es denotado por D . $\widehat{X^2}$ es el estimador de divergencia Chi-cuadrada, \widehat{KL} es el estimador de Kullback–Leibler (entropía) y \widehat{TVD} corresponde al estimador de la distancia de variación total.

En la Figura 3 mostramos las distribuciones de densidad empírica de las Secciones tomando como año base (R) el 2018 y los años de comparación (D) el 2019, 2020 y 2021. A primera vista, las distribuciones que menos se parecen son las de 2018 y 2020.

10. Se decidió excluir en el análisis estadístico el año 2022 como periodo postpandemia debido a que, al 30 junio de 2023, no se habían hecho públicas todas las solicitudes de patentes y modelos de utilidad.

Figura 3. Distribución de densidad de Secciones: patentes y modelos de utilidad

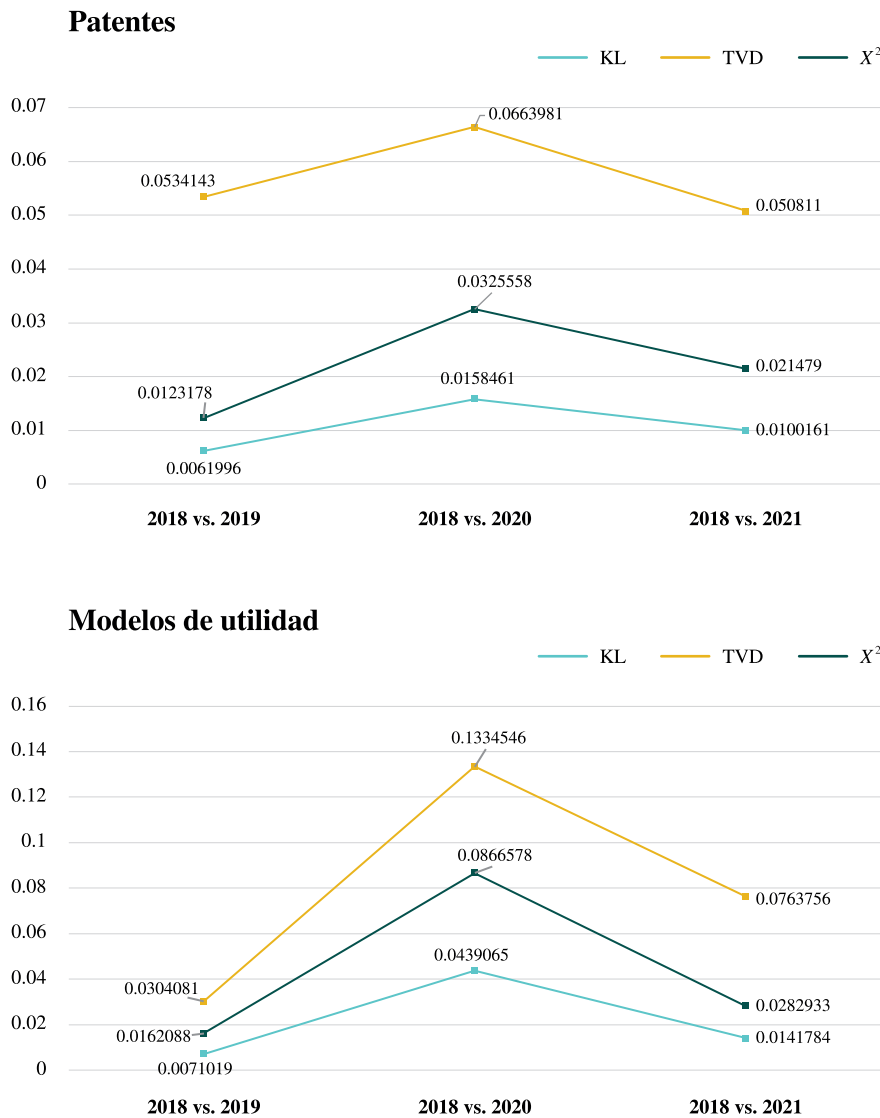


Fuente: elaboración propia.

Si se calculan los valores de las medidas de divergencia, Figura 4, el valor de éstas es más pequeño entre 2018 vs. 2019 y 2018 vs. 2021, y más grande entre 2018 vs. 2020,¹¹ a pesar de que el número de patentes entre 2020 y 2021 es similar.

La magnitud de los valores de divergencia es más del doble para modelos de utilidad que para patentes si se compara 2018 vs. 2020. Es decir, la distribución conjunta de las Secciones cambió más para las invenciones incrementales de aplicación industrial que para las patentes.

Figura 4. Divergencia entre distribuciones de Secciones: patentes y modelos de utilidad



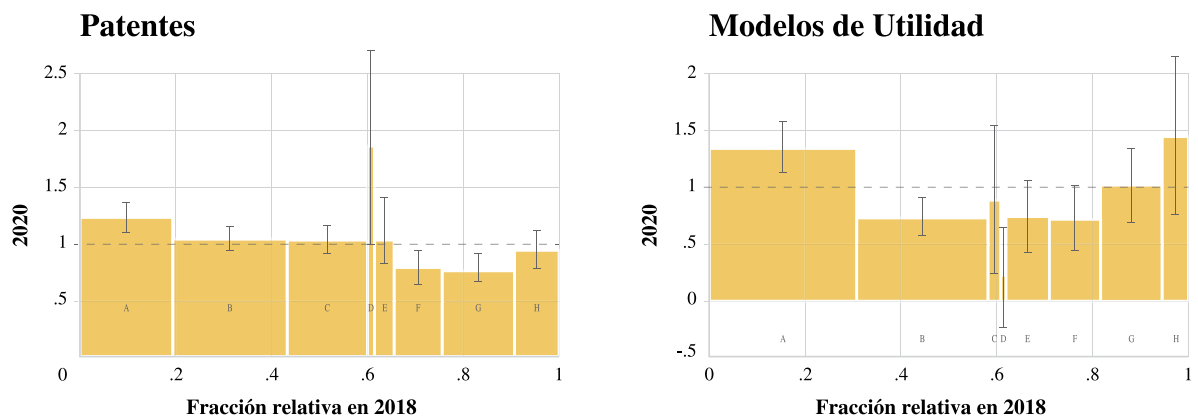
Fuente: elaboración propia.

11. Cada una de las tres medidas de divergencia tiene una escala distinta dependiendo de su cálculo, pero el patrón de divergencia coincide.

La hipótesis de que la pandemia COVID-19 afectó la dirección de innovación no puede ser descartada debido a que las distribuciones de densidad de las Secciones entre 2018 y 2020 difieren substancialmente, más para los modelos de utilidad que para las patentes. Es interesante notar que el estado tecnológico de 2021 se asemeja al de 2018, lo que indica que el cambio en la dirección de la innovación fue temporal en México y sólo ocurrió en el pico de la pandemia durante 2020, regresando en 2021 a lo mostrado en prepandemia.

La Figura 5 presenta los histogramas relativos de las ocho Secciones A-H para patentes y modelos de utilidad, con sus respectivos intervalos de confianza al 95%, comparando 2018 y 2020 que son los años con mayores valores en las medidas de divergencia.

Figura 5. Histograma relativo de las Secciones entre 2018 y 2020: patentes y modelos de utilidad



Fuente: elaboración propia.

En las patentes, la Sección A tiene una mayor proporción relativa en 2020 respecto a 2018 y una menor proporción relativa de las Secciones F y G. Recordemos que la Sección A contiene todos los productos y sustancias farmacéuticas, incluyendo las vacunas y equipos médicos asociados a combatir el virus SARS-CoV-2. En los modelos de utilidad, la Sección A también está sobrerrepresentada en 2020 respecto a 2018, pero las Secciones B y D están subrepresentadas. Por ejemplo, los modelos de utilidad de la Sección A contienen aparatos respiratorios, útiles en los tratamientos durante la pandemia.

Clases de la CIP

Para proveer más información sobre los cambios de innovación, nos enfocamos en las Clases tecnológicas por solicitud, tres símbolos únicos de la CIP. Las Clases proveen una visión más detallada de las tecnologías contenidas en cada solicitud de patente.

En la Tabla 9 se enumeran las diez principales Clases de la CIP en la base de datos del 2020, como porcentaje del total. Estas Clases acumulan el 45% del total de las Clases para patentes y el 54% para modelos de utilidad.

La Clase que contiene el mayor número de patentes es la A61, tanto en 2020 (11.4%) como en 2018 y 2021 con 9.6%, respectivamente (Figura 6). La Clase A61 contempla las tecnologías para vacunas, preparaciones médicas, fármacos, detección de enfermedades y aparatos respiratorios, entre otros. La Clase B65 aumentó su representación en 2020 y 2021 respecto a 2018 y la B60, G01 y G06 disminuyeron. Otros autores también han encontrado que, en las principales oficinas de PI en el mundo, las Clases A01, A61 y G01 estuvieron asociadas a la I+D durante la pandemia (Jeon *et al.*, 2023; Liu *et al.*, 2021).

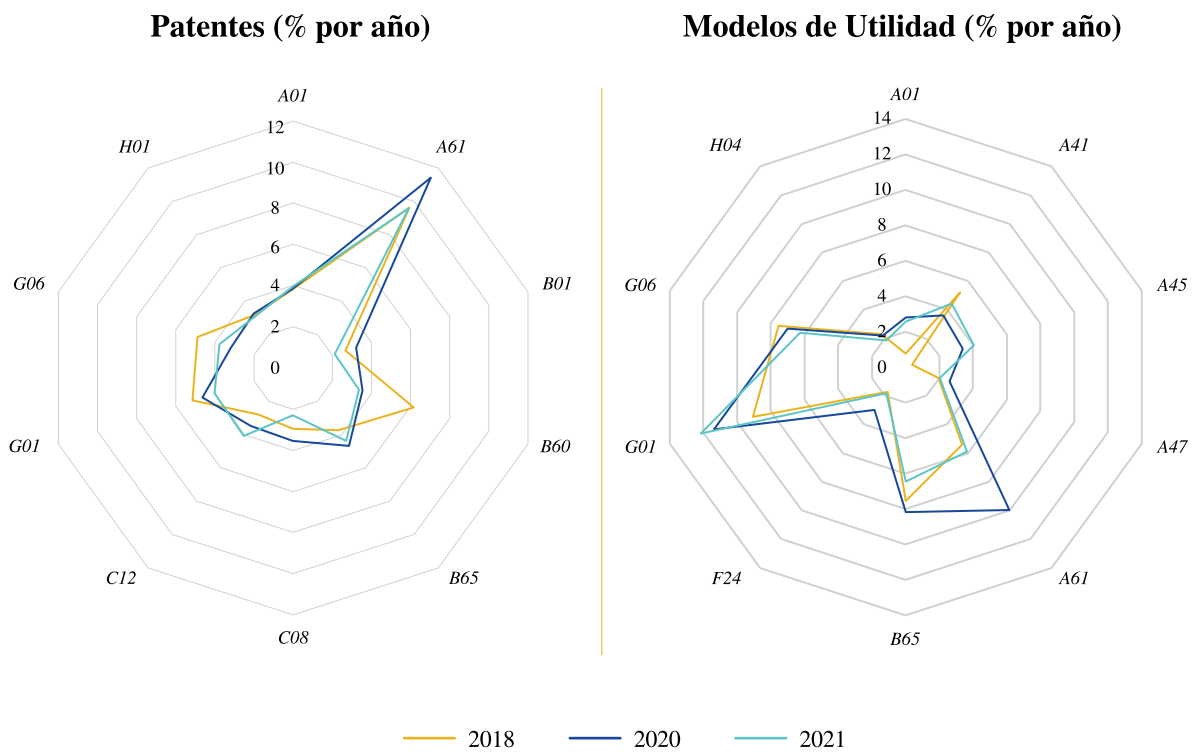
Tabla 9. Diez principales Clases de la CIP (% en 2020): patentes y modelos de utilidad

<i>Patentes</i>		<i>Modelo de utilidad</i>	
Clase	Descripción	Clase	Descripción
A01	Agricultura; silvicultura; cría; caza; captura; pesca	A01	Agricultura; silvicultura; cría; caza; captura; pesca
A61	Ciencias médicas o veterinarias; higiene	A41	Vestimenta
B01	Procedimientos o aparatos físicos o químicos en general	A45	Objetos de uso personal o artículos de viaje
B60	Vehículos en general	A47	Mobiliario; artículos o aparatos de uso doméstico; molinillos de café; molinillos de especias; aspiradores en general
B65	Transporte; embalaje; almacenado; manipulación de materiales delgados o filiformes	A61	Ciencias médicas o veterinarias; higiene
C08	Compuestos macromoleculares orgánicos; su preparación o producción química; composiciones basadas en compuestos macromoleculares	B65	Transporte; embalaje; almacenado; manipulación de materiales delgados o filiformes
C12	Bioquímica; cerveza; bebidas alcohólicas; vino; vinagre; microbiología; enzimología; técnicas de mutación o de genética	F24	Calefacción; hornillas; ventilación
G01	Metrología; ensayos	G01	Metrología; ensayos
G06	Calculo; conteo	G06	Calculo; conteo
H01	Elementos eléctricos	H04	Técnicas de las comunicaciones eléctricas

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 6 se presenta en un gráfico radial, uno para patentes y otro para modelos de utilidad el porcentaje respecto al total de cada una de las Clases descritas en la Tabla 9. En 2018, la Clase *G06*, que contempla invenciones de tecnologías de la información, y la *B60*, de vehículos en general, representaban en las patentes el 4.9% y el 6.2%; en postpandemia, estas invenciones se redujeron en 2020, en las solicitudes mexicanas, al 3.2% y 3.5%, respectivamente. Una posible explicación es que ahora esas invenciones utilizaron la opción de solicitud PCT o que efectivamente disminuyó en México el interés innovativo en esas tecnologías. La Clase *A61* “Ciencias médicas o veterinarias; higiene” era la que mayor porcentaje acumulaba desde 2018 (9.6%) y aumentó en 2020 al 11.4%.

Los modelos de utilidad tienen más Clases en la Sección A que las patentes si sólo consideramos las principales Clases dentro de las solicitudes (Figura 6). En 2020, la Clase *G01* representó el 11.4% y la *A61* el 10%; su aumento fue notorio respecto a 2018 (9.1% y 5.4%, en el mismo orden). Esas tecnologías están asociadas al tratamiento, detección y las vacunas de COVID-19 (Wei *et al.*, 2022).

Figura 6. Principales clases por año (% de 2018, 2020 y 2021): patentes y modelos de utilidad

Fuente: Elaboración propia.

Lo encontrado en esta subsección indica que las tecnologías asociadas al COVID-19 tuvieron un aumento en las solicitudes de patentes y modelos de utilidad en México. A diferencia de los hallazgos en los países desarrollados,¹² las tecnologías asociadas a tecnologías digitales (*G06*, *H04*) no tuvieron un aumento considerable en la postpandemia (OMPI, 2022).

Recordemos que los modelos de utilidad tienen mayoritariamente sólo inventores y solicitantes mexicanos, mientras que en las patentes, sólo la mitad de las solicitudes, tienen esta característica y la otra mitad sólo extranjeros. A continuación, estudiaremos los factores que afectan en mayor medida la solicitud de invenciones relacionadas estrechamente con el tratamiento, vacunas y prevención de COVID-19.

Tecnologías relacionadas con COVID-19

En los resultados anteriores, las tecnologías asociadas al COVID-19 aumentaron en 2020 y 2021 respecto a 2018. Es por ello que, se analizan los factores que podrían explicar la probabilidad de patentar en dichas tecnologías.

12. Entre enero y septiembre de 2020, se duplicó en Estados Unidos el número de nuevas solicitudes de patentes asociadas con videoconferencias, teletrabajo y la interactividad remota (Yildirim, 2023).

Para analizar las tecnologías específicas asociadas a la detección, prevención y tratamiento del virus COVID-19, utilizamos las Subclases del CIP encontradas por Wei *et al.* (2022).¹³ En la Tabla 10 presentamos la lista de esas Subclases.¹⁴

Tabla 10. Tecnologías asociadas a la detección, prevención y tratamiento del COVID-19

Subclase CIP	Descripción
A61K	Preparaciones de uso médico, dental o para el aseo
A61P	Actividad terapéutica específica de compuestos químicos o de preparaciones medicinales
C07K	Péptidos
C12N	Microorganismos o enzimas; composiciones que los contienen; propagación, cultivo o conservación de microorganismos; técnicas de mutación o de ingeniería genética; medios de cultivo
C12Q	Procesos de medida, investigación o análisis en los que intervienen enzimas, ácidos nucleicos o microorganismos composiciones o papeles reactivos para este fin; procesos para preparar estas composiciones; procesos de control sensibles a las condiciones del medio en los procesos microbiológicos o enzimológicos
C12R	Relativo a los microorganismos utilizados en los procedimientos clasificados en las subclases C12C - C12Q
G01N	Investigación o análisis de materiales por determinación de sus propiedades químicas o físicas

Fuente: elaboración propia con base en Wei *et al.* (2022).

Construimos una variable dicotómica *Covid19* que toma el valor 1 si una solicitud de nuestra base de datos contiene alguna de las Subclases de la Tabla 10 (648 observaciones) y 0 en otro caso (9,011 observaciones) para analizar la probabilidad de solicitar una patente o modelo de utilidad asociado a la detección, prevención y tratamiento del COVID-19,

En la Tabla 11 se reportan los resultados del modelo Probit utilizando distintas variables explicativas, calculamos $P(\text{Covid19})$, y en la Figura 7 se muestran los efectos marginales promedio de las variables explicativas.

Tabla 11. Modelo Probit: $P(\text{Covid19})$

	<i>Coficiente</i>	<i>S.E.</i>	<i>Z</i>
Número de solicitantes	0.021	0.026	0.80
Número de inventores	0.072 ***	0.009	8.05
Solicitantes mexicanos (Todos=1)	0.988 ***	0.114	8.70
Inventores mexicanos (Todos=1)	-0.169	0.109	-1.55
Año 2019	0.098	0.056	1.75
Año 2020	0.153 **	0.059	2.58

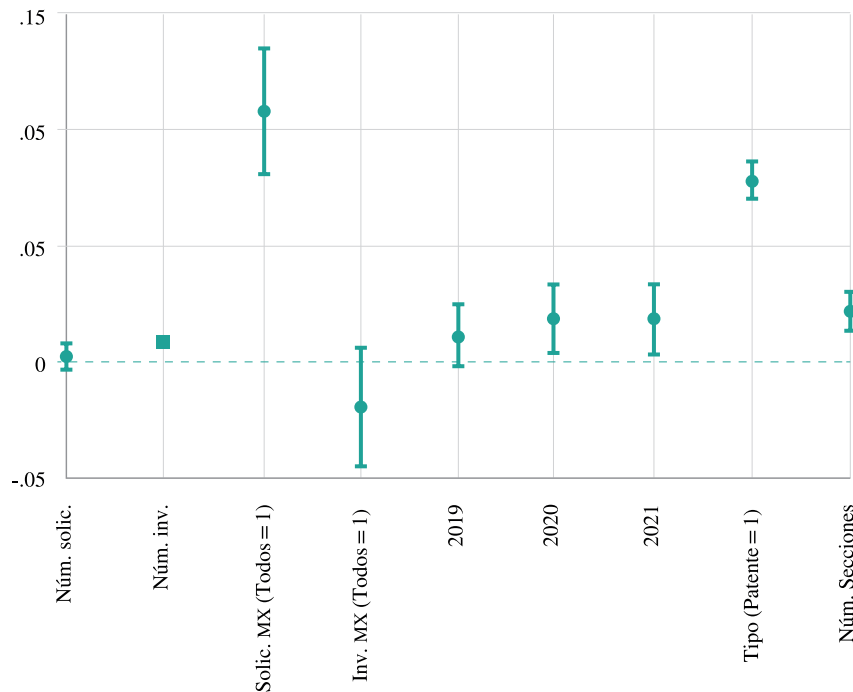
13. La identificación puntual de las tecnologías de detección, prevención y tratamiento del virus COVID-19 escapa el objetivo de nuestro artículo, es por ello que decidimos tomar de ese artículo especializado las tecnologías clases de la CIP asociadas a ello.

14. Las Subclases representan una jerarquía más abajo que las Clases, acotando aún más las tecnologías asociadas a la detección, prevención y tratamiento del COVID-19.

	<i>Coefficiente</i>	<i>S.E.</i>	<i>Z</i>
Año 2021	0.151 *	0.062	2.43
Tipo (Patente=1)	1.029 ***	0.077	13.38
Número de secciones	0.194 ***	0.039	5.04
Constante	-3.500 ***	0.110	-31.86
N = 9,659			
Wald chi2(9) = 577.43			
Pseudo R2 = 0.143			
* p<.05; ** p<.01; *** p<.001			

Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Efecto marginal promedio con IC al 95%



Fuente: elaboración propia.

Las variables número de inventores y número de Secciones tienen un efecto positivo y significativo; es decir, equipos más grandes de inventores y patentes con tecnologías convergentes (más de una Sección) aumentan la probabilidad de solicitar protección ante el IMPI de invenciones relacionadas a COVID-19. Es posible que, debido a que las invenciones englobadas en la variable *Covid19* requerían ser novedosas de manera rápida, más personas estuvieron involucradas en los equipos de trabajo. Por otro lado, Jeon *et al.* (2023) también encuentra que la convergencia tecnológica, donde varias Secciones de la CIP coexisten en una sola patente, fue prevalente en el desarrollo de vacunas, tratamientos y equipo de diagnóstico durante la pandemia de COVID-19.

La variable que refleja si todos los solicitantes son mexicanos también tiene un efecto significativo y positivo en la probabilidad que aumenta en 0.108 respecto a otras configuraciones donde existe al menos un solicitante extranjero. Es factible que, si las solicitudes que consideramos optaron por la solicitud individual ante el IMPI y no por la vía del PCT, entonces esas invenciones para enfrentar la pandemia COVID-19 fueron solicitadas para proteger la innovación localmente precisamente porque los solicitantes eran todos mexicanos.

No hay efecto en la probabilidad para el año 2019 respecto al 2018, pero sí lo hay para 2020 y 2021. La probabilidad de una solicitud hecha en 2020 y 2021 aumenta en 0.0184 respecto a una hecha en 2018. Este hallazgo confirma la hipótesis de que en años postpandemia existieron más patentes y modelos de utilidad relacionadas con el tratamiento, prevención y detección del virus COVID-19, y de manera más significativa en el pico de la misma (año 2020). Por su parte, si una solicitud corresponde a una patente, ésta aumenta la probabilidad en 0.079 respecto a las solicitudes de modelo de utilidad.

CONCLUSIONES

La más reciente crisis mundial derivada por el virus COVID-19 exigió la cooperación de distintos agentes involucrados en los procesos innovativos (gobiernos, universidades, empresas) para responder ágilmente con tratamientos y vacunas que permitieran disminuir la mortalidad y regresar lo más pronto posible a las actividades económicas. De esta manera, la innovación cobró un papel central en la respuesta a la crisis, debido a que dio nacimiento a invenciones que de otra forma hubieran tardado más en desarrollarse, como las tecnologías digitales y de la información, o no hubieran aparecido, como las vacunas contra el virus SARS-CoV-2 y sus variantes.

Estudios recientes que han analizado la dirección de la innovación postpandemia se han enfocado en países desarrollados, utilizando información de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) (p. ej., Braguinsky *et al.*, 2023; Wei *et al.*, 2022; Hyde y Fu, 2022; Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, 2022).

Poco se sabe sobre el tema en países en desarrollo que, generalmente, no son los generadores de las invenciones y que adaptan y adoptan ese nuevo conocimiento. Sin embargo, debido a que los países en desarrollo comercializan esas innovaciones, las oficinas nacionales de PI reciben las solicitudes para su protección, además de las invenciones hechas localmente.

En este contexto, el presente artículo analizó la dirección reciente de la innovación en México, medida a través de las solicitudes de patentes y modelos de utilidad de 2018 a 2022. Se incluyeron los modelos de utilidad porque éstos corresponden a invenciones menores que poseen una actividad innovativa marginal, no como las patentes, pero sí son consideradas como invenciones de objetos o productos de aplicación industrial únicamente. Si bien las solicitudes de patentes tienen limitaciones, ofrecen una aproximación sobre cuáles fueron los intereses de innovación al momento de la solicitud y quiénes estaban interesados en protegerlos.

Se encontró que el número total de patentes disminuyó en 2020 y 2021, comparado con 2018. Existen distintas razones que pudieron haber incidido en dicha cuestión, desde la eliminación de los fideicomisos destinados a fomentar la innovación en las empresas¹⁵ e incluso aquellos relacionados con los efectos propios de la pandemia. Es posible que, con la pandemia, un mayor número de solicitudes fuesen abandonadas o retiradas,

15. En 2020 se eliminaron 109 fideicomisos, más de la mitad de esos recursos formaban parte de los fondos recibidos por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). La extinción de programas como el Programa de Estímulos a la Innovación (PEI) y el Fondo de Innovación Tecnológica (FEI) afecta directamente la capacidad de I+D de empresas y agentes públicos dependientes de esos recursos públicos.

sólo las solicitudes que son completadas son publicadas, o que las empresas recortaran gastos en I+D y en la protección de su PI. Sin embargo, con la información contenida en la base de datos no es posible distinguir entre estas razones.

La hipótesis de que la pandemia del COVID-19 afectó la dirección de innovación en México no puede ser descartada debido a que las tecnologías entre 2018 y 2020 difieren substancialmente, aproximadas por las Secciones CIP, más para los modelos de utilidad que para las patentes. Es interesante notar que existe evidencia que sugiere que el cambio en la dirección de la innovación fue temporal en México y sólo ocurrió en el pico de la pandemia durante 2020, regresando en 2021 a lo mostrado en prepandemia. En línea con los países desarrollados, las tecnologías relacionadas con el tratamiento, prevención y detección de COVID-19 aumentaron en el mismo periodo. Sin embargo, las tecnologías digitales no mostraron el mismo patrón.

Es importante mencionar que, los modelos de utilidad registran casi en su totalidad sólo inventores y solicitantes mexicanos, contrastando con las patentes donde es la mitad; y la otra mitad sólo extranjeros. Ello nos indica que los modelos de utilidad pueden contener innovaciones más locales que las patentes. Este resultado ha sido poco explorado en la literatura de innovación en México, y sería importante revisar si éstos han servido para incentivar la innovación localmente y quiénes lo están haciendo.

Una limitación de nuestro estudio es que debido a que la base de datos registra solamente solicitudes ante el IMPI que no se adhirieron al PCT, es un subconjunto de todas las solicitudes de patentes. Por ejemplo, no fue posible distinguir si la disminución de las solicitudes totales y de patentes a partir de 2020 se debe a que más solicitantes optaron por el PCT en vez de solicitud individual de patentamiento en México. No obstante, nos da una idea de los intereses innovativos en un momento dado para aquellas innovaciones que buscaron de manera individual la protección legal en territorio mexicano.

La innovación no es sólo una respuesta a las crisis, sino que representa un medio para gestionarlas y aminorarlas. Los individuos, organizaciones y gobiernos respondieron de manera novedosa y veloz a los desafíos inesperados que creó la pandemia COVID-19. Por ejemplo, los gobiernos ayudaron a atenuar la incertidumbre del retorno económico de las innovaciones que se realizaban a principios de 2020 para el desarrollo de las vacunas, aportando recursos directamente a los proyectos y facilitando la cooperación entre organizaciones privadas y universidades.

Este estudio aporta a la discusión de la política nacional de innovación y hacia dónde se ha dirigido la protección de la propiedad intelectual en el país. Los avances logrados durante esta crisis seguramente darán forma a la trayectoria de la innovación. De esta manera es posible evaluar y adaptar las políticas públicas y marcos regulatorios.

Una posible extensión del presente artículo es contrastar los hallazgos considerando las solicitudes del PCT y analizar si difieren entre sí en, por ejemplo, inventores, solicitantes y tecnologías. Posiblemente, las invenciones que se solicitan bajo el PCT que inician en el IMPI, como oficina receptora, tienen una lógica distinta en cuanto a estrategia de protección intelectual.

De igual forma, sería interesante analizar los efectos que han tenido en el patentamiento las reducciones y el direccionamiento en el financiamiento a la innovación y los cambios en la política científica, tecnológica y de innovación recientemente concretados bajo la administración actual. La desaparición de programas de fomento a la I+D (PEI, FIT, etc.) empresarial pudo haber afectado directamente los esfuerzos de las empresas por innovar e incidido inmediatamente en la disminución de solicitudes de patentes durante el periodo más álgido de la pandemia (2020-2021). Asimismo, los cambios explícitos en las áreas de prioridad nacional presuponen también un área de análisis interesante, en los últimos años se ha ido retirando el financiamiento público a las actividades

de innovación (y patentamiento) privadas, dicha cuestión representa un giro importante, con resultados aún desconocidos, para el patentamiento nacional.

La importancia de analizar las tendencias tecnológicas en México va más allá del interés académico, las instituciones que intervienen directamente en la I+D, como el IMPI y CONACYT, proyectan su presupuesto y asignación de recursos con base en la expectativa de innovación para maximizar el beneficio social. De la misma manera, las empresas locales y transnacionales planean estratégicamente sus actividades innovadoras con el fin de maximizar sus beneficios económicos.

REFERENCIAS

- Aboites, J. (2007). México y Corea: Estudio Comparado de Flujos de Conocimiento. *Mundo Siglo XXI*, 8, 61-68.
- Alshrari, A. S., Hudu, S. A., Imran, M., Asdaq, S. M. B., Ali, A. M., & Rabbani, S. I. (2022). Innovations and development of COVID-19 vaccines: A patent review. *Journal of Infection and Public Health*, 15(1), 123–131. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2021.10.021>
- Angelucci, S., Hurtado-Albir, F. J., & Volpe, A. (2018). Supporting global initiatives on climate change: The EPO's "Y02-Y04S" tagging scheme. *World Patent Information*, 54, S85–S92. <https://doi.org/10.1016/j.wpi.2017.04.006>
- Archibugi, D., & Filippetti, A. (2011). Is the economic crisis impairing convergence in innovation performance across Europe? *Journal of Common Market Studies*, 49(6), 1153–1182. <https://doi.org/10.1111/j.1468-5965.2011.02191.x>
- Archibugi, D., Filippetti, A., & Frenz, M. (2013). Economic crisis and innovation: Is destruction prevailing over accumulation? *Research Policy*, 42(2), 303–314. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.07.002>
- Basnet, S., & Magee, C. L. (2016). Modeling of technological performance trends using design theory. *Design science*, 2, E8. <https://doi.org/10.1017/dsj.2016.8>
- Benson, C. L., & Magee, C. L. (2015). Quantitative determination of technological improvement from patent data. *PLoS ONE*, 10(4), 1–23. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121635>
- Bloom, N., Davis, S. J., & Zhestkova, Y. (2021). COVID-19 Shifted Patent Applications Toward Technologies that Support Working from Home. *AEA Papers and Proceedings*, 111, 263–266. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3695191>
- Bloom, N., Jones, C. I., van Reenen, J., & Webb, M. (2020). Are ideas getting harder to find? *American Economic Review*, 110(4), 1104–1144. <https://doi.org/10.1257/aer.20180338>
- Braguinsky, S., Choi, J., Ding, Y., Jo, K., & Kim, S. (2023). Mega Firms and Recent Trends in the U.S. Innovation: Empirical Evidence from the U.S. Patent Data. *Working Paper 31460*. National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w31460>
- Ceccagnoli, M., & Rothaermel, F. T. (2008). Appropriating the returns from innovation. In *Advances in the Study of Entrepreneurship, Innovation, and Economic Growth* 18, 11–34. [https://doi.org/10.1016/S1048-4736\(07\)00001-X](https://doi.org/10.1016/S1048-4736(07)00001-X)
- CEPAL. (2020). Universalizar el acceso a las tecnologías digitales para enfrentar los efectos del COVID-19. *Informe Especial COVID-19*, 1, 1–27. <https://www.fcc.gov/consumers/guides/guia-de-velocidades-de-banda-ancha>.
- Cerón, M. T., Del Carmen Pineda, L., Pico, B., & González, M. (2014). Análisis de la situación actual en el registro de patentes por parte de las universidades en México. *European Scientific Journal*, ESJ, 10(22). <https://ejournal.org/index.php/esj/article/download/3903/3694>

- Disoska, E. M., Tevdovski, D., Toshevska-Trpchevska, K., & Stojkoski, V. (2020). Evidence of innovation performance in the period of economic recovery in Europe. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 33(3), 280–295. <https://doi.org/10.1080/13511610.2018.1524288>
- Fleming, L. (2001). Recombinant uncertainty in technological search. *Management Science*, 47(1), 117–132. <https://doi.org/10.1287/mnsc.47.1.117.10671>
- Fleming, L., & Sorenson, O. (2001). Technology as a complex adaptive system: evidence from patent data. *Research Policy*, 30(7), 1019–1039. [https://doi.org/10.1016/s0048-7333\(00\)00135-9](https://doi.org/10.1016/s0048-7333(00)00135-9)
- Frenken, K., & Nuvolari, A. (2004). The Early Development of the Steam Engine: An Evolutionary interpretation using complexity theory. *Industrial and Corporate Change*, 13(2), 419–450. <https://doi.org/10.1093/icc/dth017>
- Gold, E. R. (2022). What the COVID-19 pandemic revealed about intellectual property. *Nature Biotechnology*, 40(10), 1428–1430. <https://doi.org/10.1038/s41587-022-01485-x>
- Griliches, Z. (1990). Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey. *Journal of Economic Literature*, 28(4), 1661–1707. <https://www.jstor.org/stable/2727442>
- Guderian, C. C. (2019). Identifying Emerging Technologies with Smart Patent Indicators: The Example of Smart Houses. *International Journal of Innovation and Technology Management*, 16(2), 1–24. <https://doi.org/10.1142/S0219877019500408>
- Gzybowski, M. (2021). Covid-19's Impact on U.S. Patent Filings. *Bloomberg Law*. <https://news.bloomberglaw.com/ip-law/covid-19s-impact-on-u-s-patent-filings>
- Heikkilä, J. T. S. (2023). Key performance indicators for utility model systems. *World Patent Information*, 74 (August). <https://doi.org/10.1016/j.wpi.2023.102222>
- Hingley, P., & Park, W. G. (2017). Do business cycles affect patenting? Evidence from European Patent Office filings. *Technological Forecasting and Social Change*, 116, 76–86. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.11.003>
- Hyde, D., & Fu, E. (2022). Cross-technology innovation trends and evidence with patent and funding data. *World Patent Information*, 70(August), 102129. <https://doi.org/10.1016/j.wpi.2022.102129>
- Jann, B. (2021). Relative distribution analysis in Stata. *Stata Journal*, 21(4), 885–951. <https://doi.org/10.1177/1536867X211063147>
- Jeon, E., Kim, K., Park, H., & Cho, K. (2023). Global Collaboration in Technology Sectors during the COVID-19 Pandemic: A Patent Review. *Sustainability*, 15(15). <https://doi.org/10.3390/su151511831>
- Kurczyn, P. y Villanueva, F. (2009). Las invenciones de los investigadores asalariados en las entidades públicas de investigación y desarrollo en México. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado*, nueva serie, 42(125), 855–879. <https://doi.org/10.22201/ijj.24484873e.2009.125.4125>
- Lee, S. M., & Trimi, S. (2021). Convergence innovation in the digital age and in the COVID-19 pandemic crisis. *Journal of Business Research*, 123(May 2020), 14–22. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.09.041>
- Liu, K., Gu, Z., Islam, M. S., Scherngell, T., Kong, X., Zhao, J., Hu, Y. (2021). Global landscape of patents related to human coronaviruses. *International Journal of Biological Sciences*, 17(6), 1588–1599. <https://doi.org/10.7150/ijbs.58807>
- Lobo, J., & Strumsky, D. (2019). Sources of inventive novelty: two patent classification schemas, same story. *Scientometrics*, 120(1), 19–37. <https://doi.org/10.1007/s11192-019-03102-2>
- Lundvall, B., Johnson, B., Andersen, E. S., & Dalum, B. (2002). National systems of production, innovation and competence building. *Research Policy*, 31(2), 213–231. [https://doi.org/10.1016/s0048-7333\(01\)00137-8](https://doi.org/10.1016/s0048-7333(01)00137-8)

- Madhusudanan, A., Iddon, C., Cevik, M., Naismith, J. H., & Fitzgerald, S. (2023). Non-pharmaceutical interventions for COVID-19: A systematic review on environmental control measures. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 381(2257). <https://doi.org/10.1098/rsta.2023.0130>
- Martínez C., G. (2017). Sistema de patentes en México. *Revista Jurídica Jalisciense*, 56, 131–157.
- Martínez, N. (2021). La producción y el flujo del conocimiento en la carrera internacional por las vacunas de COVID-19. *Foro Internacional*, 62(247), 47–102. <https://doi.org/10.24201/fi.v62i1.2879>
- Martínez, R. M., & Ayala, J. R. G. (2017). Modelos de utilidad como mecanismo para fomentar la innovación en los países en vías de desarrollo. *Cimexus*, 12(2), 239–252.
- Mossoff, A., & Adalja, A. (2022). Patents as a Driver of the Unprecedented Biomedical Response to COVID-19. *Inquiry (United States)*, 59. <https://doi.org/10.1177/00469580221124819>
- Nagaoka, S., Motohashi, K., & Goto, A. (2010). Patent statistics as an innovation indicator. *Handbook of the Economics of Innovation. Vol. 2*. Elsevier B.V. [https://doi.org/10.1016/S0169-7218\(10\)02009-5](https://doi.org/10.1016/S0169-7218(10)02009-5)
- OECD. (2021). *Perspectivas de la OCDE sobre Ciencia, Tecnología e Innovación 2021. Oportunidades en tiempos de crisis*. OCDE.
- OMPI. (2022). *Informe mundial sobre la propiedad intelectual 2022*. La dirección de la innovación. <https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/es/wipo-pub-944-2022-es-world-intellectual-property-report-2022-the-direction-of-innovation.pdf>
- Ouellette, L. L. (2017). Who reads patents? *Nature Biotechnology*, 35(5), 421–424. <https://doi.org/10.1038/nbt.3864>
- Rockett, K. (2010). Property rights and invention. *Handbook of the Economics of Innovation. Vol. 1*. Elsevier B.V. [https://doi.org/10.1016/S0169-7218\(10\)01007-5](https://doi.org/10.1016/S0169-7218(10)01007-5)
- Rosenberg, N. (1982). *Inside the black box: technology and economics*. Cambridge University Press.
- Ruttan, V. W. (2000). *Technology, Growth, and Development: An Induced Innovation Perspective*. Oxford University Press.
- Singh, A., Triulzi, G., & Magee, C. L. (2021). Technological improvement rate predictions for all technologies: Use of patent data and an extended domain description. *Research Policy*, 50(9), 104294. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2021.104294>
- Strumsky, D., Lobo, J., & van der Leeuw, S. (2012). Using patent technology codes to study technological change. *Economics of Innovation and New Technology*, 21(3), 267–286. <https://doi.org/10.1080/10438599.2011.578709>
- Suthersanen, U. (2019). Utility models: Do they really serve national innovation strategies? in Josef Drexel & Anselm Kamperman Sanders (eds), *The Innovation Society and Intellectual Property*. Edward Elgar. <https://doi.org/10.4337/9781789902358.00010>
- Terrazas-Santamaria, D., Mendoza-Palacios, S., & Berasaluce-Iza, J. (2023). An Alternative Approach to Frequency of Patent Technology Codes: The Case of Renewable Energy Generation. *Economics*, 17(1). 20220039. <https://doi.org/10.1515/econ-2022-0039>
- Usher, A. P. (1955). *A history of mechanical inventions*. New York: Dover Publications, Inc.
- Verspagen, B. (1997). Measuring intersectoral technology spillovers: Estimates from the European and US Patent Office databases. *Economic Systems Research*, 9(1), 47–65. <https://doi.org/10.1080/09535319700000004>
- Wei, F., Zhou, H., Gao, G., & Zheng, Q. (2022). Analysis of trends in patent development for coronavirus detection, prevention, and treatment technologies in key countries. *Journal of Biosafety and Biosecurity*, 4(1), 23–32. <https://doi.org/10.1016/j.jobb.2021.10.005>

- WIPO. (2023). *Patent Cooperation Treaty Patent System The International Yearly Review 2023*. <https://doi.org/10.34667/tind.48061>
- Yildirim, M. (2023). COVID-19 Pandemic and Technological Change: Analysis of Patent Applications. *Journal of Productivity*, 57(3), 549–562. <https://doi.org/10.51551/verimlilik.1261654>
- Youn, H., Strumsky, D., Bettencourt, L. M. A., & Lobo, J. (2015). Invention as a combinatorial process: Evidence from US patents. *Journal of the Royal Society Interface*, 12(106). 20150272 <https://doi.org/10.1098/rsif.2015.0272>
- Zerhouni, W., Nabel, G. J., & Zerhouni, E. (2020). Patents, economics, and pandemics. *Science*, 368(6495), 1035. <https://doi.org/10.1126/science.abc7472>