Políticas industriales para el siglo XXI
Lecciones de los Estados Unidos

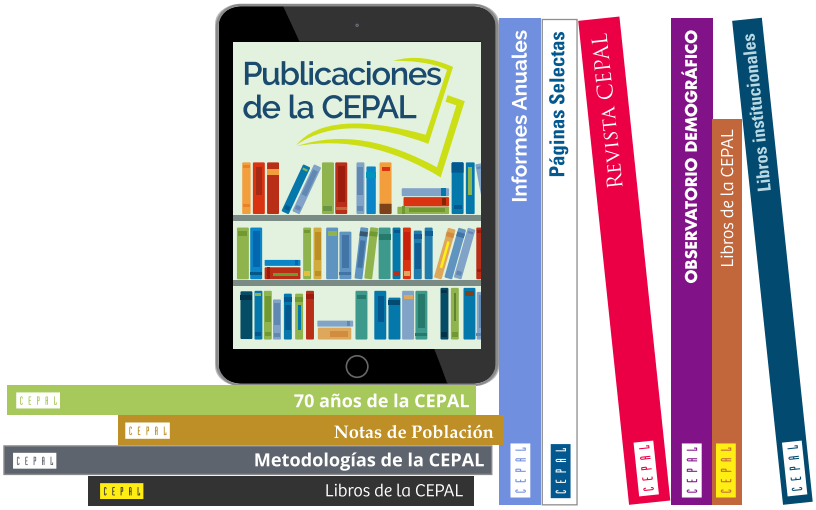
William B. Bonvillian

Naciones Unidas

CEPAL

cooperación alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.

Deseo registrarme

www.cepal.org/es/publications

www.instagram.com/publicacionesdelacepal

www.facebook.com/publicacionesdelacepal

www.issuu.com/publicacionescepal/stacks

www.cepal.org/es/publicaciones/apps

NACIONES UNIDAS

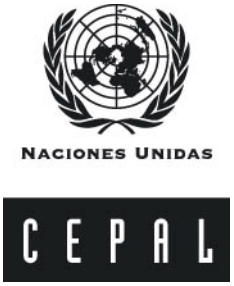
CEPAL

Documentos de Proyectos

Políticas industriales para el siglo XXI

Lecciones de los Estados Unidos

William B. Bonvillian



Este documento fue preparado por William B. Bonvillian, Consultor de la Unidad de Inversiones y Estrategias Empresariales de la División de Desarrollo Productivo y Empresarial de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). El documento fue coordinado por Andrea Laplane, Oficial de Asuntos Económicos, y Cecilia Plottier, Oficial a Cargo, ambas de la Unidad de Inversiones y Estrategias Empresariales, con la colaboración de Nunzia Saporito, de la misma División, en el marco de las actividades del proyecto "Reactivación transformadora: superando las consecuencias de la pandemia de COVID-19 en América Latina y el Caribe" del programa de cooperación entre la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), financiado por el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania.

Las Naciones Unidas y los países que representan no son responsables por el contenido de vínculos a sitios web externos incluidos en esta publicación.

No deberá entenderse que existe adhesión de las Naciones Unidas o los países que representan a empresas, productos o servicios comerciales mencionados en esta publicación.

Las opiniones expresadas en este documento, que es traducción de un texto original en inglés que no fue sometido a edición formal, son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la Organización o las de los países que representa.

Publicación de las Naciones Unidas
LC/TS.2024/13
Distribución: L
Copyright © Naciones Unidas, 2024
Todos los derechos reservados
Impreso en Naciones Unidas, Santiago
S.2400451[S]

Esta publicación debe citarse como: W. B. Bonvillian, "Políticas industriales para el siglo XXI: lecciones de los Estados Unidos", *Documentos de Proyectos*, (LC/TS.2024/13), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2024.

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Documentos y Publicaciones, publicaciones.cepal@un.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

Índice

Introducción 5
A. Importancia de las políticas industriales para las naciones en desarrollo 6

I. El contexto histórico de los Estados Unidos 9
A. Acontecimientos posteriores a la Segunda Guerra Mundial 10
B. Postura de los economistas tradicionales de los Estados Unidos 11

II. Definición de la política industrial 13
A. El debate en torno a los objetivos sociales de las políticas industriales 13
B. Políticas económicas industriales frente a políticas de innovación industrial 15

III. Antecedentes de las políticas de innovación industrial en los Estados Unidos 17
A. Cuatro períodos de políticas de innovación industrial 17
B. Desafíos pendientes en los sectores energético y manufacturero 19
C. Aspectos generales 20

IV. Los factores que impulsan las nuevas políticas de los Estados Unidos 23
A. La pandemia 23
B. El cambio climático 24
C. El avance tecnológico de China 24

V. Políticas de innovación industrial de los Estados Unidos entre 2020 y 2022 y sus enfoques subyacentes 27
A. Enfoque descendente 27
B. Enfoque ascendente 32
C. Enfoque basado en los proyectos de demostración 36
D. Enfoque de apoyo directo a la producción 37
E. Enfoque basado en las cadenas de suministro 40
F. Combinación entre enfoques basados en investigaciones básicas y aplicadas 42
G. Enfoque basado en la aplicación regional 45
H. Síntesis 46

VI. La nueva infraestructura necesaria para las políticas de innovación industrial de los Estados Unidos 47
A. Infraestructura organizacional 48
1. Coordinación interinstitucional 48
2. Establecer vínculos entre las actividades de investigación básica y aplicada 49
3. Integración entre los organismos, la industria y las universidades 49
4. Capacitar a los agentes de cambio con habilidades de gestión de proyectos, no solo de investigación 50
5. Educación para la fuerza de trabajo técnica 50
6. Certificación y validación de tecnologías 51
B. Infraestructura para ampliar la escala 52
1. Adopción de técnicas avanzadas de fabricación 52
2. Pruebas y demostraciones de tecnologías 52
3. Financiamiento para la ampliación de la escala 53
4. Adquisiciones 53
5. Cartografía de las cadenas de suministro y cierre de las brechas 54
C. Infraestructura de evaluación 54

VII. Resumen de las nuevas políticas de innovación industrial de los Estados Unidos 57

VIII. Las cinco lecciones fundamentales de los enfoques de los Estados Unidos en materia de políticas de innovación industrial potencialmente pertinentes para las naciones de América Latina y el Caribe 61
A. Los cinco enfoques más pertinentes: lecciones de las políticas de innovación industrial de los Estados Unidos que podrían ser relevantes para los países de América Latina y el Caribe 62
1. Promover la innovación regional 62
2. Ofrecer financiamiento para aumentar la escala 63
3. Promover las técnicas avanzadas de fabricación 64
4. Promover la educación de la fuerza de trabajo 65
5. Evaluar la adopción de enfoques descendentes y ascendentes 66

Bibliografía 69

Introducción

Durante la pandemia de enfermedad por coronavirus (COVID-19), de 2020 a 2022, en muchas naciones se observó un resurgimiento de las políticas económicas estatales activistas, a través de las cuales se buscó acceder a insumos médicos y desarrollar terapias, así como contrarrestar el desplome económico ocasionado por la pandemia[1].

A medida que la pandemia perdió intensidad y la enfermedad pasó a ser endémica, muchos Estados aplicaron estrategias de recuperación económica que mantuvieron las políticas intervencionistas adoptadas durante el punto álgido de la crisis, las cuales se basaban en políticas industriales. Estos nuevos enfoques han dejado atrás la lógica tradicional de buscar mejoras en materia de productividad y competitividad para pasar a un modelo de crecimiento basado en el desarrollo de la capacidad de innovar.

Estas políticas de crecimiento se basan en intervenciones gubernamentales deliberadas en las etapas de la innovación posteriores a la investigación. Las políticas se centran en mejorar los conocimientos y las capacidades tecnológicas para lograr que los sistemas de producción adopten nuevas tecnologías y generen un mayor número de empleos de calidad, y en fortalecer la resiliencia de las cadenas de suministro para responder a futuras crisis y cumplir los requisitos en materia de sostenibilidad. Se necesitan nuevas maneras de organizar la innovación, y se han emprendido proyectos a gran escala para gestionar los nuevos programas. Debido a que estas políticas se centran en fomentar la innovación, colectivamente pueden denominarse "políticas de innovación industrial". Si bien los diversos países están aplicando distintos enfoques, un análisis de las prácticas internacionales puede ofrecer lecciones valiosas para los países de América Latina y el Caribe.

[1] Las opiniones expresadas en este trabajo corresponden exclusivamente al autor, y no necesariamente reflejan la postura de su empleador, el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT).

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es examinar los nuevos enfoques en materia de políticas de innovación industrial en los Estados Unidos. Tradicionalmente, los Estados Unidos se han opuesto a que el Gobierno intervenga en su sistema de innovación. Pero, entre 2020 y 2022, el país ha impulsado una serie de importantes iniciativas en materia de políticas de innovación industrial para mejorar su sistema de innovación tecnológica, que se examinan en el presente estudio.

Además de esta introducción, en el resto de la cual se aborda la importancia de las políticas industriales para los países en desarrollo, este documento consta de ocho secciones. En la primera sección, se brinda una síntesis histórica de las políticas industriales en los Estados Unidos. En la segunda, se examinan las definiciones de política industrial y el debate sobre sus objetivos, y se destaca la noción de políticas de innovación industrial. En la tercera, se presentan los antecedentes históricos de las políticas de innovación industrial en los Estados Unidos. En la cuarta, se describen los factores que llevaron al resurgimiento de las políticas industriales en el país a una escala sin precedentes en materia de calidad y cantidad. En la quinta sección se analizan siete enfoques de políticas de innovación industrial que subyacen a las iniciativas que los Estados Unidos emprendieron entre 2020 y 2022. En la sexta, se examina de qué manera debe evolucionar la infraestructura institucional para que el nuevo ímpetu en materia de políticas de innovación industrial se mantenga. En la séptima, se ofrece un resumen de estas nuevas políticas y enfoques y, en la octava y última, se examinan cinco lecciones principales para los países de América Latina y el Caribe.

A. Importancia de las políticas industriales para las naciones en desarrollo

¿Son las políticas de innovación industrial importantes para los países en desarrollo? Según la definición de las Naciones Unidas, los países en desarrollo son aquellos con una calidad de vida relativamente limitada, con una base industrial no desarrollada y con un índice de desarrollo humano (IDH) —un indicador diseñado por las Naciones Unidas en 1993 como medidor comparativo de la pobreza, la alfabetización, la educación, la esperanza de vida y otros factores relacionados— entre bajo y moderado.

Si bien durante mucho tiempo fue una noción controvertida en la economía, la política industrial resurgió en las últimas décadas como respuesta a los postulados económicos neoliberales de principios del siglo XX, que favorecían la libertad del comercio y el mercado, la desregulación, la globalización y la reducción del rol de los gobiernos y que comenzaron a predominar a partir de la década de 1960. En las décadas de 1980 y 1990, comenzó a surgir una literatura económica diferente y opuesta a ese neoliberalismo generalizado[2]. Hace mucho tiempo que los estudios de las Naciones Unidas vienen examinando enfoques de política industrial para las naciones en desarrollo. Por ejemplo, en un estudio de la Comisión Económica para África (CEPA) llevado a cabo en 2016, se concluyó que el debate sobre la política industrial había sido indudablemente el de mayor carga ideológica en la historia de la economía, y que la mejor prueba de la naturaleza ideológica de dicho debate se observaba en la polémica sobre los "milagros económicos" en ciertos países de Asia oriental, como el Japón, la República de Corea y Taiwán (Provincia China de), dado que, si bien cuesta creerlo hoy, hasta la década de 1980, muchos economistas de la corriente de pensamiento predominante negaban la existencia —por no hablar de la eficacia— de las políticas industriales en esos países. Los autores se preguntan por qué opinaban de esa manera esos economistas, cuando una mirada rápida a los periódicos y revistas financieros —y ni que hablar de una visita breve a esos países— habría alcanzado para darse cuenta del enorme alcance y la injerencia de sus políticas industriales (CEPA, 2016, pág. 28).

[2] Véase más información sobre el contexto histórico en, por ejemplo, Oqubay y otros (2020), Andreoni y Chang (2019), Chang (1993), Amsden (1989) y Johnson (1982).

Un informe de 2019 del Fondo Monetario Internacional (FMI) sintetiza la noción fundamental señalada arriba. En el informe se examinaban los países que alcanzaron la condición de desarrollados tras la Segunda Guerra Mundial (Cherif y Hasanov, 2019). En su estudio, el FMI dividió a los 14 países en esa categoría en tres grupos:

i) Países cuyo crecimiento económico se basó en sus ingentes recursos naturales, en particular el petróleo. Esto fueron los países del Oriente Medio.

ii) Países con economías más pequeñas que lograron crecer integrándose a economías regionales de mayor magnitud. Portugal, que se integró a la Unión Europea, es un ejemplo.

iii) Países que aplicaron políticas industriales basadas en intervenciones económicas de sus gobiernos. Tal fue el modelo de desarrollo de Asia Oriental.

Todos los países en esta tercera categoría, que incluye al Japón (que debía reconstruirse tras la Segunda Guerra Mundial), Taiwán (Provincia China de), la República de Corea y Singapur, se valieron de políticas industriales como motor del crecimiento. Queda claro que en esas naciones en desarrollo, las políticas industriales han sido una importante herramienta para lograr el crecimiento económico. China es el ejemplo más reciente de una nación en desarrollo perteneciente a esta tercera categoría. El informe del FMI y el informe de la CEPA de 2016 forman parte de un conjunto más amplio de literatura que —especialmente tras la crisis económica de 2008, cuando las teorías y prácticas económicas convencionales se enfrentaron a importantes cuestionamientos— parece indicar que los estudios sobre los enfoques de política industrial podrían ser beneficiosos para las naciones en desarrollo.

Por lo tanto, un examen de las recientes políticas industriales de los Estados Unidos puede ofrecer algunos enfoques que podrían ser de utilidad para los países en desarrollo de las Américas. Tras un examen exhaustivo de estas nuevas políticas, en este trabajo se hace un intento de extraer enseñanzas para las economías en desarrollo. Tales enseñanzas incluyen cuestiones relativas a la innovación regional, a la importancia de la industria manufacturera y de la adopción de innovaciones en la producción, al financiamiento para la ampliación de la producción, a la educación de la fuerza laboral y a la incorporación de enfoques descendentes (*top-down*) y ascendentes (*bottom-up*).

I. El contexto histórico de los Estados Unidos

Los Estados Unidos transitaron distintas etapas en lo referido a sus políticas industriales a medida que evolucionaron para transformarse de un país agrario y en desarrollo a una nación desarrollada a mediados del siglo XIX[3]. Tales políticas han seguido un patrón de acción y reacción gubernamental. Tras el establecimiento de un gobierno central por mandato constitucional en 1789, el Gobierno adoptó una serie de enfoques de política industrial; por ejemplo, instauró un sistema basado en un banco central y se hizo con la propiedad de arsenales y astilleros para impulsar la producción militar. A nivel estatal, se brindó apoyo directo para actividades relacionadas con la infraestructura vial, los canales, las rutas de navegación, las redes ferroviarias y la industria manufacturera. En la década de 1830, un movimiento político determinó el cierre del banco central y se opuso a la adjudicación de monopolios en la industria del transporte por parte de los estados para abogar por un modelo basado en la libre competencia.

La guerra civil de los Estados Unidos, de 1861 a 1865, sumada al auge del predominio político del norte durante la mayor parte de lo que quedaba de ese siglo, dieron lugar a una nueva ronda de políticas intervencionistas dirigida a los sectores de los ferrocarriles intercontinentales, las universidades concesionarias de tierras y la distribución de tierras mediante ocupación. El posterior surgimiento de las sociedades comerciales como el modelo organizacional por excelencia para la industria supuso un desafío para el poder del Estado. A su vez, esto llevó a una reacción "progresiva", que se reflejó en la promulgación de normas gubernamentales para el sector ferroviario y de leyes antimonopolio.

Durante la Primera Guerra Mundial, el gobierno federal se hizo con el control de gran parte de la economía, lo que incluyó la imposición generalizada de controles de precios. A esto siguió una reacción contra las intervenciones del Gobierno que duró hasta la depresión económica de la década de 1930 y las políticas intervencionistas del "New Deal" que buscaron mitigarla. Durante la Segunda Guerra Mundial, se implementaron controles semejantes a los de la Primera Guerra Mundial.

[3] Este trabajo se basa en Bonvillian (2022).

A. Acontecimientos posteriores a la Segunda Guerra Mundial

En la esfera de las políticas de innovación del período bélico, Vannevar Bush —el asesor científico del presidente Franklin Roosevelt durante la Segunda Guerra Mundial— lideró la creación de un sistema estrechamente interconectado para el avance tecnológico. Su enfoque permitió establecer a gran escala el modelo de universidades de investigación financiadas con fondos federales, las cuales estaban estrechamente vinculadas con la industria, el ejército y organismos gubernamentales. También se establecieron centros de investigación y desarrollo financiados con fondos federales, y estas instituciones posibilitaron el logro de importantes avances en materia de tecnología bélica, como el radar y las armas atómicas. Fue un sólido sistema de políticas industriales diseñadas por Bush y otros líderes tecnológicos lo que permitió a los Estados Unidos y a los aliados ganar la guerra. Inmediatamente tras la finalización del conflicto, Bush lideró el desmantelamiento de gran parte de este eficaz sistema "interconectado". En su lugar, recomendó centrarse en labores de investigación básica dentro de un sistema desconectado. El título del tratado sobre políticas en el que abogó por este enfoque, *Science, the Endless Frontier*, buscó apelar a la noción estadounidense de que, si se buscan oportunidades, hay que ir hasta el límite (Bush, 1945).

¿Por qué abogó por este enfoque desconectado? Ante el desmantelamiento de la maquinaria bélica a la espera de la paz mundial, es probable que Bush quisiera preservar algunas partes del sistema. Vio el potencial del modelo de universidades de investigación financiadas con fondos federales, y abogó por que las actividades de investigación básica recibieran apoyo federal a fin de sostener esa creación. La investigación básica es mucho menos costosa que el desarrollo aplicado, y es probable que haya pensado que el Gobierno sería capaz de seguir apoyando esta etapa básica a pesar de los recortes presupuestarios de la posguerra. También le preocupaba el hecho de que la ciencia había quedado demasiado ligada al Gobierno y a la enorme intensidad de su poder político y militar, y quería protegerla y reclamar su independencia. Bush abogó por lo que posteriormente se denominó el "modelo lineal" para la innovación (*pipeline model*), en el cual las primeras etapas de la investigación reciben el apoyo federal, y las etapas posteriores, las que llevan al desarrollo tecnológico, reciben el apoyo de la industria. En ese sistema de innovación, el modelo eliminaba los vínculos entre los actores.

Una de las consecuencias del enfoque aislado de Bush fue que el gobierno federal no apoyó la innovación en la esfera de las tecnologías y los procesos de fabricación. Eso le correspondió a la industria. Los Estados Unidos fueron la primera nación en adoptar la producción en masa a gran escala y, para finales de la Segunda Guerra Mundial, ningún país siquiera se acercaba a la producción industrial que estas innovaciones en materia de producción hicieron posible. Por lo tanto, no era necesario que el Gobierno se abocara al sector manufacturero: el liderazgo necesario parecía estar asegurado. Con todo, la producción puede ser altamente innovadora de por sí; el diseño de una nueva tecnología o producto para su aplicación es una actividad de elevada creatividad, que implica un exhaustivo trabajo de diseño y, a menudo, innovaciones científicas que permitan materializar una idea a un precio de mercado con la resiliencia necesaria. No obstante, el sistema de innovación de los Estados Unidos pasó por alto esta noción, consideró que solo la etapa de investigación y desarrollo (I+D) era innovación, y no comprendió que la producción era un aspecto importante de la innovación. Estas deficiencias a la hora de innovar en materia de producción perjudican a la totalidad del sistema de innovación[4]. A menudo, esto significa que los nuevos productos y tecnologías permanecen en el ámbito de las ideas y, o bien no ingresan al mercado, o bien se explotan a gran escala en otros lugares, con las pérdidas económicas que ello trae aparejado.

[4] Véase un análisis de este problema en Bonvillian y Singer (2018).

B. Postura de los economistas tradicionales de los Estados Unidos

El modelo lineal de Bush también reflejó las actitudes posteriores de los economistas neoclásicos tradicionales de los Estados Unidos. En pocas palabras, su opinión ha sido que cuando los gobiernos intervienen en ámbitos del mercado donde no se observan fallas claras, los mercados se distorsionan y pierden eficiencia. Con relación a las políticas industriales, los economistas han señalado dos problemas fundamentales. El primero se relaciona con una asimetría en la información: los gobiernos no saben en qué deben centrarse, por lo que sus intervenciones en el mercado serán ineficaces. El segundo se vincula con la noción de "captura del regulador": los actores del sector privado que buscan obtener rentas económicas se valdrán de los mecanismos de apoyo gubernamental para distorsionar los mercados, limitando la competencia.

Parte de la renuencia de los economistas estadounidenses de la corriente predominante a apoyar la intervención gubernamental, no solo en una economía, sino también en su sistema de innovación, se deriva de los límites de su conjunto de herramientas. Estos economistas hacen hincapié en la generación de modelos económicos matemáticos de los mercados y su eficiencia, y son incapaces de generar —y, por tanto, comprender— modelos de innovación y de los complejos sistemas que la sustentan. La innovación exige tener en cuenta una serie de aspectos complejos que van más allá de los avances científicos y que no son del todo idóneos para la generación de modelos económicos; entre ellos, la cultura, las tradiciones, los intereses políticos creados, los agentes de cambio, la infraestructura gubernamental, las expectativas públicas, la acción colectiva y la gestión organizacional[5]. Muchos economistas de la corriente predominante han considerado la innovación como un factor exógeno, que reviste importancia para el crecimiento económico, pero escapa al alcance de las herramientas de las que disponen para entenderla y generar modelos sobre ella.

Por otro lado, el economista Dani Rodrik ha señalado que los argumentos que justifican la aplicación de políticas industriales se basan en dos nociones fundamentales: las externalidades y las fallas de coordinación (Rodrik, 2022 y 2008). Las externalidades incluyen los costos o los beneficios que las acciones de los productores generan para la sociedad en su conjunto. Dado que los beneficios sociales de las inversiones en desarrollo tecnológico superan los beneficios que recibe la empresa que las realiza, es inevitable que la empresa reduzca sus inversiones y que gran parte de los potenciales beneficios no se materialicen. Las fallas de coordinación ocurren porque las empresas realizan sus inversiones para el avance tecnológico en lugares donde existe una infraestructura adecuada, donde hay disponibles conocimientos en materia de I+D, y donde hay presencia de proveedores de calidad y de mano de obra calificada. Si estas condiciones no existen, es porque se produjo una falla de coordinación que ha impedido crearlas, y los organismos gubernamentales tienen la responsabilidad de mejorar dicha coordinación. Tales han sido, por mucho tiempo, los fundamentos teóricos de la aplicación de políticas industriales en las economías en desarrollo (Rodrik, 2004).

Sin embargo, en los Estados Unidos, las condiciones de coordinación mencionadas —infraestructura, I+D, proveedores y mano de obra— han existido por largo tiempo en numerosas regiones. Por lo tanto, los economistas neoclásicos de la corriente predominante se han opuesto a las intervenciones gubernamentales en materia de política industrial por considerarlas un factor disruptivo de la eficiencia del mercado. Pese a ello, el Gobierno de los Estados Unidos ha aplicado enfoques de política industrial en una serie de ámbitos económicos en los que se observan fallas de mercado de varios tipos, entre ellos los sectores de la atención de la salud, la infraestructura de transporte y energía, la agricultura y la educación.

---

[5] Véase un análisis de la dinámica de la innovación en Bonvillian y Weiss (2015).

En lo concerniente a la innovación, el Gobierno ha brindado un sólido apoyo a la investigación científica, aduciendo como justificación la necesidad de superar una falla de mercado, dado que, en general, la industria no puede hacer frente al riesgo que implican las investigaciones de largo plazo que no tienen aplicaciones claras. No obstante, al aplicar el modelo lineal de Bush, en general el Gobierno ha seguido la doctrina económica tradicional y ha evitado intervenir en las etapas de innovación posteriores a la investigación, con la excepción del sector de la defensa. Hasta hace poco, esto se ha traducido en una falta de atención a la innovación en materia de tecnologías y procesos de fabricación.

II. Definición de la política industrial

A. El debate en torno a los objetivos sociales de las políticas industriales

Una cuestión preliminar se refiere a la definición de la política industrial. En 2013, un economista británico la definió de manera amplia como cualquier tipo de intervención o política gubernamental que busque mejorar el entorno de negocios o alterar la estructura de la actividad económica en favor de sectores, tecnologías o tareas que se estime ofrezcan mejores perspectivas de crecimiento económico o de bienestar social con respecto a un escenario en que no se realiza ninguna intervención (Warwick, 2013; pág. 16; UNCTAD, 2016; Page y Tarp, 2017). Más recientemente, otro analista definió la política industrial como un conjunto de políticas y programas diseñados explícitamente para favorecer a determinadas industrias y tecnologías (Atkinson, 2021). En este sentido, pueden existir diversas políticas industriales con una variedad de objetivos; entre ellos, el fomento de la competitividad internacional de los Estados Unidos, en particular en los sectores de la tecnología avanzada[6].

Otros han tomado el término "política industrial" y lo han aplicado a objetivos que guardan una mayor relación con las políticas sociales y, sobre la base del aspecto referido al "bienestar social", han abogado por la "innovación basada en misiones" (Mazzucato, Kattel y Ryan-Collins, 2020; Mazzucato, 2021). En este enfoque se busca aplicar la innovación tecnológica no solo a la conquista de desafíos tecnológicos, sino también al logro de objetivos sociales, como reducir la desigualdad económica y avanzar hacia el desarrollo sostenible, y se propone el programa de misiones lunares Apolo como modelo organizativo para alcanzarlos.

[6] En un informe de 2022 del Centro de Estudios Estratégicos Internacionales (CSIS) se examinan algunas de las definiciones más tradicionales de política industrial; véase DiPippo y otros (2022).

La propuesta de diseñar una política industrial que permita lograr objetivos de bienestar social plantea la cuestión sobre el propósito de tales políticas[7]. Un informe de un grupo de expertos estadounidense de orientación liberal brinda un buen ejemplo; en él se aboga por una política industrial dirigida al sector de los servicios, ya que es allí donde las mujeres y las personas afrodescendientes tienen mayores probabilidades de conseguir empleo (Tucker, 2019). No obstante, dado que los sectores de los servicios también concentran los salarios más bajos y los empleos de menor calidad, surge la pregunta de por qué no centrarse más bien en los sectores tecnológicos, que ofrecen empleos de calidad, y trabajar para brindar a la fuerza laboral la educación que tanto necesita para que las minorías puedan tener un mejor acceso a esos empleos de calidad.

La economista política Suzanne Berger argumenta que esos objetivos son demasiado ambiciosos (Berger, 2021). Los programas tecnológicos, como el Programa Apolo o el Proyecto Manhattan, se organizaron en torno a metas tecnológicas, no a objetivos sociales amplios: la meta era enviar un cohete a la luna o crear armas atómicas, no resolver desigualdades económicas o alcanzar otros objetivos sociales. Priorizar las metas sociales por encima de las metas de desarrollo tecnológico en el ámbito de las políticas industriales supone el riesgo de crear confusión en el ámbito político y resulta simplemente poco viable.

Lo que Berger está diciendo es que en el término "política industrial" lo más importante debe ser la noción de "industrial". Ir más allá de esa noción añade una dimensión política de gran magnitud que exige un consenso público generalizado para lograr cambios políticos sostenidos y de largo plazo. Transformar objetivos de tipo social (por ejemplo, la igualdad económica) en la razón de ser de las políticas industriales exige un consenso político amplio que es difícil de alcanzar en los Estados Unidos y en la mayoría de las demás naciones. Establecer objetivos de una naturaleza más tecnológica —que también podrían incorporar objetivos sociales— es más manejable desde el punto de vista político.

La economía del crecimiento postula desde hace mucho que el avance tecnológico y las innovaciones conexas son el principal factor de crecimiento económico, que a su vez es uno de los principales impulsores del bienestar económico y social. Sin embargo, ciertas metas sociales son más compatibles con una estrategia tecnológica que otras, por ejemplo, el desarrollo de una tecnología energética que sea útil en la lucha contra el cambio climático, o la aplicación de tecnologías avanzadas de fabricación para mejorar la competitividad del sector manufacturero y preservar los puestos de trabajo vinculados a este.

A menudo obligado por crisis externas, de manera periódica el gobierno federal ha patrocinado activamente enfoques basados en políticas industriales. Aunque el bienestar social en general no ha sido la meta buscada, puede ser un resultado secundario; en realidad, las metas a menudo se centran en el logro de objetivos sectoriales o tecnológicos más acotados o en la consecución de metas económicas, como mejorar la competitividad económica. Dicho esto, nadie que haya presenciado la sucesión de cierres de fábricas de automóviles, plantas metalúrgicas y otros establecimientos de la región industrial del medio oeste de los Estados Unidos, y cómo estos pueden dar lugar a verdaderas pesadillas sociales, podría afirmar que una política industrial basada en una recuperación de la competitividad carece de justificación social.

---

[7] Véase Atkinson (2020). Weller y otros (2020) abogan por una política industrial que produzca herramientas y pedagogías de aprendizaje híbrido que amplíen el acceso a la educación de alta calidad y a tecnologías energéticas compatibles con los valores y las prioridades de las comunidades, así como a tecnologías para las infraestructuras descuidadas y peligrosas, a fin de avanzar hacia el logro de los ideales estadounidenses de la igualdad, la justicia y la oportunidad. Roberston y Hamilton (2020) sostienen que las políticas industriales deberían replantearse en torno a intervenciones económicas que favorezcan a los trabajadores y prioricen el cuidado de los niños y de los ancianos, la atención de la salud y la vivienda.

B. Políticas económicas industriales frente a políticas de innovación industrial

Tradicionalmente, los Estados Unidos han aplicado numerosos enfoques de política industrial de tipo económico en esferas tales como el transporte y la infraestructura energética, la atención de la salud mediante programas de prestaciones médicas y el apoyo a la infraestructura y los precios agrícolas, y el Gobierno ha participado mediante la concesión de subsidios, la adjudicación de contratos, la reglamentación y políticas fiscales que, a su vez, inciden en el avance de la tecnología. Estas intervenciones de política industrial se han aplicado en sectores económicos concretos e implican la puesta en marcha de las tecnologías disponibles para promover la ejecución de políticas gubernamentales.

Las políticas de innovación industrial son algo distintas. Se centran en el papel del gobierno de promover enfoques innovadores dentro del contexto más amplio de la política industrial económica, por ejemplo, apoyando la aplicación de tecnologías y procesos avanzados de fabricación. La política de innovación industrial no solo incluye la función del gobierno en torno a la investigación, sino también con relación a las etapas posteriores de desarrollo y aplicación de las innovaciones tecnológicas.

La política de innovación industrial se desarrolla dentro de las etapas bien conocidas que debe transitar una nueva tecnología: investigación, desarrollo, elaboración de prototipos de la tecnología, pruebas, demostración, desarrollo de productos, financiamiento de productos, ingreso al mercado y creación de un mercado más amplio. Para impulsar el avance de una tecnología, el gobierno debe intervenir en una o más de estas etapas. Tal es la definición que se adopta en este trabajo. Por ejemplo, la manera en que los Estados Unidos organizaron la Segunda Guerra Mundial desde la perspectiva de la ciencia y la tecnología, a saber, mediante intervenciones en las que el Gobierno, la industria y las universidades cooperaron entre sí en todas estas etapas económicas, fue un claro ejemplo de una política de innovación industrial diseñada para satisfacer las necesidades tecnológicas planteadas por el conflicto.

La política de innovación industrial va más allá del enfoque aplicado en el programa de misiones a la luna por el que algunos abogan, que se basa en un modelo de contratación pública relativamente sencillo en el que el gobierno adjudica contratos a empresas y organizaciones para lograr la tecnología que nos lleve, por ejemplo, a la luna. La realidad es que muchos enfoques de política industrial también exigen que el sector privado, cuya magnitud es mucho mayor, desarrolle, adopte e incorpore las nuevas tecnologías, una iniciativa de organización y sistematización tecnológica mucho más compleja que requiere una estrecha colaboración entre los sectores público y privado. La energía y los retos climáticos relacionados, por ejemplo, pertenecen a esta categoría. También es importante recordar que la política industrial, tal como se examina en este trabajo, puede conllevar una diversidad de enfoques de aplicación.

III. Antecedentes de las políticas de innovación industrial en los Estados Unidos

A. Cuatro períodos de políticas de innovación industrial

Pese a la renuencia de sus economistas tradicionales, tras el fin de la Segunda Guerra Mundial, el gobierno federal transitó cuatro etapas bien definidas que pueden considerarse como predecesoras de los enfoques de políticas de innovación industrial. En cada una de ellas, ha intentado reunificar —al menos de manera parcial— a los diferentes actores del sistema de innovación del país en las etapas industriales posteriores a la investigación (Bonvillian, 2014).

El primero de estos cuatro períodos coincidió con la Guerra Fría, durante la cual se estableció con firmeza una política de innovación industrial en la esfera de la defensa, si bien no sucedió lo mismo en la de la industria civil. Comenzando alrededor de 1950, el ejército se esforzó por integrar a los principales agentes de la innovación —la industria, la universidad y el gobierno— en favor de la misión de defensa, lo que en última instancia dio lugar a la creación de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) y del Organismo de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa (DARPA), ambos en 1958[8]. La magnitud de la amenaza planteada por la Guerra Fría obligó al Departamento de Defensa a volver a aplicar el enfoque de cooperación de la Segunda Guerra Mundial que se describió de forma breve anteriormente.

El segundo período correspondió a la etapa de competencia con el Japón en el sector manufacturero, en las décadas de 1970 y 1980, cuando la economía nipona avanzó rápidamente en la modernización de su proceso de producción industrial —la revolución de la gestión integral de la calidad— y los Estados Unidos se encontraron con que su industria estaba en una situación de relativa desventaja debido a la falta de coordinación gubernamental entre las actividades y los agentes de

[8] Véase, por ejemplo, Fong (1986).

innovación. La industria de los Estados Unidos se vio obligada a ponerse rápidamente al día mientras transitaba la pronunciada curva de aprendizaje para adoptar el modelo de gestión integral de la calidad de la producción. Este fue un período de novedosas iniciativas de tipo normativo para ayudar a las empresas innovadoras pequeñas y emergentes a la vanguardia del avance tecnológico a crecer y competir en los mercados mundiales.

Estos programas promovieron la simplificación de la transferencia de tecnologías mediante la Ley Bayh-Dole, en 1980, que asignó a las universidades derechos de titularidad con respecto a las patentes que resultaran de las iniciativas de I+D financiadas por el gobierno federal, y la Ley de Innovación Tecnológica de Stevenson-Wydler, también de 1980, que introdujo incentivos similares para los laboratorios federales. También incluyeron el establecimiento del programa Asociación para la Extensión de la Manufactura (MEP), que puso nuevos procesos manufactureros al alcance de los pequeños fabricantes, y del Programa de Investigación de Innovación para Pequeñas Empresas (SBIR), a través del cual se brindó apoyo a empresas pequeñas y emergentes para que desarrollaran tecnologías basadas en sus investigaciones. Mediante otras iniciativas de política, se procuró brindar apoyo a las empresas que buscaran obtener ventajas competitivas mediante la innovación. Algunas de tales iniciativas fueron el Programa de Tecnología Avanzada, centrado en promover el desarrollo tecnológico de las empresas, SEMATECH, que buscó que la industria de semiconductores estadounidense recuperase su liderazgo introduciendo mejoras relacionadas con la calidad y la eficiencia de la fabricación, y el programa de créditos fiscales para las iniciativas de I+D, dirigido a alentar a las empresas a invertir en investigación y desarrollo.

El tercer período comenzó alrededor de 2001, de la mano de iniciativas de política dirigidas a mitigar el cambio climático a través de medidas de innovación energética impulsadas por el Departamento de Energía. Más que modificar las funciones que ya tenía, mediante las nuevas políticas se establecieron nuevas oficinas y se asignaron nuevas tareas al Departamento. Los nuevos elementos incluyeron la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados en Energía (ARPA-E), programas de energías renovables más amplios, institutos avanzados de fabricación, la Oficina de Programas de Préstamos para el financiamiento de nuevos proyectos de tecnología energética, Centros de Investigación Avanzada en Energía para respaldar la investigación básica en nuevos ámbitos tecnológicos, y centros de energía para la promoción de la I+D aplicada en esferas tecnológicas clave. También se ampliaron los programas de regulación para impulsar la revolución tecnológica.

El cuarto período ha comenzado en los últimos años y se ha centrado en las actividades manufactureras avanzadas. Cuando, entre 2000 y 2010, la tasa de empleo en el sector manufacturero de los Estados Unidos se redujo un tercio, 60.000 fábricas debieron cerrar en respuesta al traslado de la producción a China y a otros países que estaban dispuestos a llevar adelante la labor a una fracción del costo de la mano de obra y a introducir nuevas formas de mejorar la eficiencia. Los problemas señalados en la sección I, a saber, el desacople entre la innovación y la fabricación que planteaban las políticas de los Estados Unidos, se agudizaron en este período. La mejor respuesta parecía ser acelerar la producción manufacturera aplicando la capacidad innovadora de los Estados Unidos. Por consiguiente, luego de 2012, el gobierno federal estableció su red de institutos de innovación en fabricación —actualmente hay 16— denominados Manufacturing USA, con el apoyo de los Departamentos de Defensa, Energía y Comercio (mediante su Instituto Nacional de Normas y Tecnología (NIST)) (Bonvillian y Singer, 2018). Cada instituto se estructuró en torno a una tecnología avanzada de fabricación específica, desde la impresión en tres dimensiones hasta la fotónica, la producción digital y la robótica. Mientras que las políticas anteriores en materia de fabricación se centraban en el otorgamiento de beneficios fiscales o comerciales, estos institutos buscaron acelerar la introducción de tecnologías de fabricación que mejoraran la productividad, a fin de lograr que los Estados Unidos compitieran de una mejor manera mediante un modelo de cooperación que reuniera a la industria y las universidades, con el apoyo de tres agencias federales y de los gobiernos estatales y locales. Sin embargo, el programa de institutos aún opera a una escala limitada.

B. Desafíos pendientes en los sectores energético y manufacturero

El éxito de las políticas de innovación industrial durante estos cuatro períodos ha sido dispar: en el ámbito de la defensa, se han logrado numerosos éxitos, pero los resultados de los proyectos de demostración motivados por las políticas energéticas han sido mediocres (Weiss y Bonvillian, 2009). Actualmente se está trabajando en iniciativas en materia de energía y fabricación que exigen particular atención. En el pasado, varios proyectos en el sector de la energía superaron ampliamente los presupuestos de costos o no prosperaron por otros motivos; uno de los mayores fracasos fue la garantía de préstamo por 535 millones de dólares otorgada en 2011 por el Departamento de Energía a una empresa de energía solar, Solyndra, para impulsar el desarrollo de la tecnología de celdas solares de película delgada. Solyndra fue incapaz de competir con los paneles subsidiados de bajo costo y más baja tecnología con los que empresas chinas ingresaron al mercado de los Estados Unidos, y se vio obligada a declararse en quiebra (Lott, 2011; Lazonick, 2011). Este episodio, que recibió una amplia difusión, fue bochornoso para quienes abogaban por los enfoques basados en políticas industriales, y problemas como el de Solyndra constituyen una advertencia para las futuras iniciativas federales en materia de políticas industriales. Como se examinará más adelante, se necesita nueva infraestructura no solo para poner a prueba y demostrar las nuevas tecnologías en el sector de la energía, sino para ampliar su escala y el financiamiento que necesitan.

En el sector manufacturero de los Estados Unidos, es necesario introducir varias actualizaciones a los nuevos programas de los institutos de fabricación a fin de mejorar su eficacia (Adler y Bonvillian, 2023; Bonvillian, 2021a; Bonvillian y Singer, 2018). Dado que las políticas de fabricación desempeñan una función clave en los programas emprendidos entre 2020 y 2022, los cuales se analizan más adelante, las cuestiones relacionadas con la red Manufacturing USA merecen un análisis más exhaustivo.

- *El problema del plazo.* Los institutos nunca han contado con el presupuesto ni el compromiso a largo plazo que se necesitan para impulsar la transformación de las tecnologías de fabricación. Cuando el programa comenzó, se impuso a los institutos un plazo de cinco años, vencido el cual el apoyo federal llegaría a su fin. Se trató de una decisión política, pero que carecía de realismo: los problemas estructurales del sector manufacturero que los institutos fueron diseñados para resolver no pueden solucionarse en cinco años, sino que plantean retos de largo plazo. El plazo impuesto obligó a los institutos a centrarse en las necesidades de las grandes empresas —las únicas que podrían sostenerlos una vez que el apoyo gubernamental cesara— y a pasar por alto la situación de las empresas más pequeñas, que eran las más rezagadas en lo referido a la adopción de nuevas tecnologías, y a limitar sus inversiones en la capacitación de la fuerza de trabajo. Para aumentar la eficacia del programa, los límites de tiempo deberían eliminarse y los institutos deberían someterse a un examen riguroso una vez concluidos sus plazos; si cumplen los requisitos, se les otorgan fondos de una cuantía similar. El NIST del Departamento de Comercio ha adoptado este enfoque, y ha renovado el grado de participación federal en los costos para mantener los niveles previos de financiamiento. El Departamento de Defensa ha comenzado a evaluar y renovar sus institutos, si bien a un grado menor de participación en los costos. En cuanto al Departamento de Energía, en 2023 aún se encontraba evaluando este enfoque. Los institutos necesitan tanto un proceso de renovación como fondos sustanciales.

- *Falta de una red de institutos.* Además, es necesario coordinar los esfuerzos de los institutos mediante una red. Las empresas no quieren verse limitadas a adoptar de a una las tecnologías avanzadas de fabricación tan solo porque los institutos las hayan desarrollado de manera individual y sin cooperar entre sí. Más bien, los distintos institutos deben ofrecer a las empresas el conjunto de sus avances tecnológicos. Por ejemplo, las empresas no quieren tan solo incorporar robots; también necesitan tecnologías de robótica integradas con tecnologías

de producción digital, así como con otros avances, como la impresión en tres dimensiones o los compuestos avanzados. El programa necesita contar con una red de institutos que permita reunir los avances de cada uno de ellos y combinarlos para facilitar su adopción.

- *Se necesita una mayor colaboración con los gobiernos estatales y locales*. Si bien la misión de los institutos debe ser nacional, las actividades de fabricación tienen un fuerte componente regional, y es allí donde los estados y los gobiernos locales desempeñan una función clave, promoviendo el desarrollo económico y la educación de la fuerza de trabajo. Aunque los estados y los gobiernos ya colaboran con los institutos, para alcanzar el éxito será necesario profundizar esa cooperación. Es cierto que la adopción de las nuevas tecnologías de fabricación debe fomentarse a nivel nacional, pero la etapa de pruebas y ensayos debe desarrollarse en el plano regional, lo que implica que los institutos deben operar en ambos niveles.
- *Deficiencias en los vínculos con los organismos de I+D*. Los organismos federales de investigación básica llevan adelante su labor dentro de los niveles 1 a 3 de madurez de la tecnología definidos por el Departamento de Defensa y la NASA, lo que significa que su apoyo va desde las actividades iniciales de investigación hasta la experimentación de las pruebas de concepto. Por otro lado, en general la industria destina la mayor parte de sus recursos a las etapas de ampliación de la escala y producción inicial —niveles de madurez de la tecnología 7 a 9—, lo que da lugar a la existencia de una enorme brecha, o "valle de la muerte", en los niveles intermedios. Los institutos de fabricación han sido concebidos para estos niveles, desde las etapas de desarrollo y producción de prototipos hasta la demostración de la tecnología (niveles de madurez de la tecnología 4 a 7). Pero si los institutos se centran en estas etapas posteriores a la investigación, con el tiempo necesitarán nuevos insumos provenientes de las etapas iniciales de la investigación. Tradicionalmente, las investigaciones de los organismos federales de I+D no se han centrado en las tecnologías o procesos de fabricación, un ámbito que se considera corresponde al sector de la industria, si bien la industria prioriza las etapas posteriores de desarrollo, no la investigación. Sin embargo, la fabricación debe entenderse como un sistema interconectado de principio a fin, desde la etapa de investigación hasta la de producción. Estos vínculos deben construirse, por lo que se necesita establecer un programa interinstitucional entre estos organismos y los institutos de fabricación. De otra manera, las actividades de desarrollo que llevan adelante los institutos podrían quedar estancadas.

Además, para complementar los esfuerzos de los institutos, se necesitan programas externos para aumentar la escala del financiamiento y mejorar la educación de la fuerza de trabajo del sector manufacturero, una cuestión que se analiza en las secciones VI y VII de este trabajo.

C. Aspectos generales

En síntesis, tras la Segunda Guerra Mundial, los Estados Unidos han aplicado una serie de políticas de innovación industrial. Por un amplio margen, la más destacada de esas políticas se ha relacionado con su sistema de defensa, donde estableció agencias de innovación y las vinculó con las inversiones en adquisiciones para el sector. Aunque las inversiones se llevaron a cabo por motivos de seguridad nacional, muchas de las tecnologías tenían un "fin doble" y dieron origen a nuevos sectores económicos, entre ellos el espacial, el de la energía nuclear, el de la informática y la Internet. La mayoría de las corrientes de innovación de la posguerra han surgido a partir de este sistema interconectado.

Las iniciativas en sectores distintos al de la defensa han sido de menor alcance y escala, si bien no dejan de ser notables. Entre ellas se cuentan varios de los programas mencionados anteriormente para responder a las presiones competitivas planteadas por el Japón, iniciativas de nuevas tecnologías energéticas para mitigar el cambio climático y, más recientemente, un esfuerzo para establecer consorcios entre los sectores público y privado a fin de desarrollar tecnologías avanzadas de fabricación. Tanto las iniciativas de proyectos de demostración en el sector energético como el programa de institutos avanzados de fabricación enfrentan desafíos y requieren mejoras. No obstante, en general todos se ajustan a la definición de política de innovación industrial, a saber, intervenciones gubernamentales de política que alteran la actividad económica en las etapas de la innovación posteriores a la investigación. Por lo general, estas intervenciones en diversos sectores, tecnologías o tareas buscan mejorar las perspectivas económicas para la innovación de una manera que resultaría imposible en un mercado no intervencionista. Por lo común, todas estas inversiones han compartido tres características generales con respecto a la coordinación de las condiciones de innovación: se basan en la sólida capacidad de I+D de los Estados Unidos; se centran en avances tecnológicos y sectores específicos, y aprovechan (si está disponible) el financiamiento de adquisiciones posteriores.

IV. Los factores que impulsan las nuevas políticas de los Estados Unidos

Entre 2020 y 2022, se impulsaron varias iniciativas nuevas de política industrial de una magnitud y alcance completamente nuevos respecto de lo que los Estados Unidos habían intentado antes[9]. En parte, esto obedeció a un profundo cambio en los enfoques de política fiscal del Gobierno en respuesta a la pandemia de COVID-19, en el marco de la cual se volcaron abruptamente miles de millones de dólares a las políticas de innovación industrial como parte de la estrategia general de estímulo[10]. En este período se observaron tres factores que impulsaron la adopción de nuevas políticas.

A. La pandemia

El primero fue la pandemia de COVID-19, que se cobró las vidas de más de un millón de estadounidenses y más de seis millones de personas en todo el mundo entre 2020 y finales de 2022 e impulsó las políticas de innovación industrial de los Estados Unidos para posibilitar el desarrollo y la distribución de nuevas vacunas.

Las repercusiones del COVID-19 sobre las futuras políticas industriales dependerán de lo que suceda en el futuro. Antes del comienzo del COVID-19, los Estados Unidos tenían la reputación de ser la nación mejor preparada del mundo para brotes de ese tipo, una reputación que, con la excepción del desarrollo de las vacunas, se desmoronó por completo durante la pandemia (Covid Crisis Group, 2023). La opinión generalizada del público estadounidense cuando lo que parecía ser el punto álgido de la pandemia quedó atrás, en 2022, fue que se trató de un acontecimiento extraordinario, comparable a la pandemia de gripe ocurrida entre 1918 y 1919. Aunque la mayoría pensó que pasarían 100 años antes de que volviera a ocurrir algo así, las nuevas realidades de la interconexión mundial que posibilitó el

[9] Véase, en general, Maher (2021).
[10] Estos sucesos se detallan en Tooze (2021).

avance de la pandemia contradicen esa postura[11]. Por lo tanto, la amenaza constante de brotes mundiales de enfermedades infecciosas podría transformarse en un factor que impulse las iniciativas relacionadas con las políticas industriales.

B. El cambio climático

El cambio climático es el segundo factor detrás de la adopción de políticas. La creciente intensidad de fenómenos disruptivos tales como los incendios, las sequías y los huracanes ha puesto cada vez más de manifiesto los riesgos que este supone. Aunque en los Estados Unidos persiste la resistencia política a reconocer el cambio climático, una situación que ha impedido la adopción de políticas nacionales para promulgar legislación en materia de precios del carbono y sistemas de topes y canjes para toda la economía, esa actitud se ha modificado y ahora existe apoyo político (aunque con reservas) para adoptar un enfoque de política tecnológica con relación al clima. Esto llevó a la promulgación, en 2021 y 2022, de importantes leyes para incentivar la adopción de nuevas tecnologías energéticas. Este enfoque de política tecnológica ha ofrecido una alternativa para abordar los problemas que plantea llegar a acuerdos sobre un enfoque de política para fijar el precio del carbono (Bonvillian, 2016; Weiss y Bonvillian, 2009).

C. El avance tecnológico de China

Por último, está el desafío que supone el avance tecnológico de China, el tercer factor. Esta situación se ha transformado en un factor impulsor no solo debido a los cuantiosos gastos relacionados con la mitigación del COVID-19 y sus impactos económicos, sino también a las características generales del gasto durante la administración del Presidente Trump, entre otras cosas la aprobación de profundos recortes fiscales sin una reducción equivalente del gasto. Esta decisión dio indicios de que al menos una parte del Partido Republicano había abandonado temporalmente su tradicional conservadurismo en materia fiscal. En nombre de la recuperación económica, entre 2020 y 2022 también se abrieron otros ámbitos del gasto fiscal. Esto incluyó políticas industriales consideradas esenciales para competir con China, que en 2011 se transformó en la nación con mayor producción manufacturera del mundo y que ha invertido enormes sumas de dinero en sus propias iniciativas de política industrial[12].

El ingreso de China a la Organización Mundial del Comercio (OMC) en 1999 desencadenó una importante expansión en una época de integración económica mundial, pero esa tendencia se invirtió a partir de 2008[13]. Está surgiendo un nuevo sistema internacional que depende en mayor medida en agrupaciones mundiales, lo que tiene una profunda incidencia en las políticas de innovación. La pandemia de COVID-19 dejó enseñanzas con respecto a los peligros que implica depender de las cadenas mundiales de suministro, e impulsó la nacionalización de tales cadenas y de los sistemas nacionales de proveedores; estas enseñanzas cobraron aún más relevancia en el contexto del creciente conflicto internacional originado por la invasión de la Federación de Rusia a Ucrania en febrero de 2022. Actualmente, las ideas tradicionales sobre la manera de organizar la industria, por ejemplo, la aplicación del modelo "justo a tiempo" a los inventarios y el abandono de los aspectos no esenciales para centrarse en las competencias fundamentales, están siendo reemplazadas por consideraciones en torno a la resiliencia y a una integración más vertical.

---

[11] Véase Mandavilli (2022). Entre estas nuevas realidades, destacan la masificación de los viajes internacionales, el aumento de las enfermedades zoonóticas y la resistencia generalizada al uso de mascarillas, a las vacunas y a otras medidas de salud pública. Los expertos en salud pública predicen que los brotes infecciosos aumentarán en frecuencia, una situación que se verá agravada por la falta crónica de recursos en los sistemas de salud pública, la división de las responsabilidades en materia de salud pública entre estados, localidades y organismos federales, el carácter obsoleto de los sistemas de recolección de datos y la falta de urgencia a la hora de introducir correcciones.

[12] Véanse, por ejemplo, Naughton (2021) y DiPippo y otros (2022).

[13] Véanse, por ejemplo, Kroenig (2020), Bateman (2022) y Kuttner (2022).

Con el desvanecimiento del consenso posterior a la Guerra Fría respecto a la integración económica mundial, en los Estados Unidos han cobrado fuerza las voces que defienden la necesidad de restablecer las cadenas de suministro nacionales y el liderazgo en el sector manufacturero. Cada vez está más claro que el liderazgo tecnológico fortalece el liderazgo en el ámbito de la seguridad nacional. La noción de que en la actividad manufacturera convergen la seguridad nacional y la seguridad económica está cada vez más asentada en los Estados Unidos, y aumenta la percepción de que los tres aspectos son interdependientes. El actual auge de China —incluidos sus nuevos y amplios programas de tecnología aplicada, que exceden los niveles de financiamiento que se destinan en los Estados Unidos a los sectores de los semiconductores, la inteligencia artificial y las técnicas avanzadas de fabricación— ha dado lugar a la percepción de que los Estados Unidos se encuentran ante un reto tecnológico, lo que ha motivado la adopción de enfoques de política industrial.

Es probable que estos tres factores que impulsan el desarrollo de políticas se mantengan en el tiempo, y en los últimos años han llevado a la adopción de una serie de nuevos enfoques en materia de políticas de innovación industrial en los Estados Unidos. La magnitud de los esfuerzos asociados con estos enfoques va mucho más allá de cualquier iniciativa anterior promovida fuera del sector de la defensa. Si se combinan correctamente, se aplican de forma plena más allá de los ejemplos que se analizan a continuación y reciben los fondos necesarios, estas iniciativas podrían transformarse en un punto de inflexión clave en lo referido a las políticas y, tras las cuatro etapas analizadas anteriormente, constituir un quinto período de políticas de innovación industrial, uno que sea más sistemático.

V. Políticas de innovación industrial de los Estados Unidos entre 2020 y 2022 y sus enfoques subyacentes

Entre 2020 y 2022, los Estados Unidos pusieron en marcha seis importantes programas nuevos de innovación industrial: la Operación Warp Speed (para la aceleración del desarrollo de vacunas); la Ley sobre Creación de Incentivos Útiles para Producir Semiconductores (para revitalizar la capacidad tecnológica de los Estados Unidos en la fabricación de semiconductores); la Ley Bipartidista de Empleo e Inversión en Infraestructura de 2021 (que incluyó importantes demostraciones de tecnologías energéticas); la iniciativa del poder ejecutivo para establecer cadenas de suministro resilientes (para mejorar las cadenas de suministro en cuatro esferas tecnológicas clave); la Ley de Reducción de la Inflación (que incluyó una partida por 378.000 millones de dólares para la implementación de tecnologías energéticas relacionadas con el clima), y las secciones sobre ciencia de la Ley sobre Ciencia y Creación de Incentivos Útiles para Producir Semiconductores (en virtud de las cuales se establecieron nuevos programas de tecnología aplicada en la Fundación Nacional de Ciencias)[14]. El total de fondos aprobados para estos programas fue de más de medio billón de dólares.

A continuación se ofrece un resumen de los enfoques subyacentes a las políticas de innovación industrial que estas seis importantes iniciativas ejemplifican. Se han definido siete enfoques, y cada uno de ellos representa una serie de medidas de apoyo concretas para las políticas de innovación industrial.

A. Enfoque descendente

Casi la totalidad de los enfoques históricos de políticas industriales aplicados entre 1957 y 2019 que se describen en la sección III se adoptaron en respuesta a diversas crisis. También fue así en el caso de la iniciativa que se puso en marcha a principios de 2020, conocida como Operación Warp Speed, para desarrollar una vacuna contra el COVID-19, dado que la pandemia fue una crisis de gran magnitud que

[14] En Bonvillian (2022) se brindan detalles sobre estos programas.

surgió de forma súbita. Esta iniciativa, que supuso la aplicación de un nuevo enfoque descendente (*top-down approach*) en materia de políticas de innovación industrial, se reconoce casi universalmente como un enorme logro, que dejó claro el potencial del enfoque que impulsó la iniciativa. La Operación Warp Speed ofrece importantes lecciones para otras iniciativas de política industrial, y su amplio conjunto de herramientas podría ser pertinente para otras iniciativas de innovación industrial.

Desde el punto de vista organizacional, la Operación Warp Speed fue una asociación interinstitucional netamente gubernamental en la que participaron varios departamentos y organismos, entre ellos el Departamento de Defensa, el Departamento de Salud y Servicios Humanos, la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA), los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC) y los Institutos Nacionales de Salud. Reunió a un equipo de funcionarios dedicados y de primera categoría pertenecientes a distintas secciones del gobierno bajo el liderazgo de un exejecutivo de la industria farmacéutica y un general de logística del Ejército. Este grupo se transformó en un agente de cambio que respondió con enorme rapidez a la crisis nacional, superando las trabas burocráticas y aprovechando la variedad de conocimientos especializados institucionales y de autoridades jurídicas. Como señaló el Dr. Matthew Hepburn, el líder del desarrollo de vacunas de la Operación, la iniciativa se inspiró en el DARPA, pero se centró en la ampliación de la escala y la ejecución: la Operación fue el DARPA a mayor escala (Adler, 2021)[15].

La Operación Warp Speed siguió el ejemplo del DARPA y decidió aplicar un enfoque basado en carteras, aprovechando las investigaciones anteriores sobre el ARN mensajero y otros enfoques en materia de vacunas. Este enfoque permitió gestionar el riesgo tecnológico y seleccionar un conjunto de tecnologías y empresas (Slaoui y Hepburn, 2020). Tras examinar más de 100 proyectos pendientes sobre producción de vacunas, se seleccionaron tres plataformas de tecnología de vacunas y luego a dos de las empresas más importantes para que las respaldaran. La Operación eligió a los ganadores: seleccionó a las empresas que más habían avanzado y que tenían las mayores posibilidades de desarrollar los diferentes tipos de vacunas.

Esta iniciativa no fue una alianza público-privada (APP)[16], sino que se dirigió al sector privado y fomentó la colaboración con las empresas de ese sector. Es una distinción que merece destacarse. Una APP implica el establecimiento de una entidad organizacional cuya dirección se comparte entre participantes de los sectores público y privado. Por ejemplo, los institutos avanzados de fabricación descritos en la sección III son estructuras que se asemejan más a una APP, ya que la industria, las universidades y los gobiernos participan en los institutos, y también cooperan en su dirección. En la Operación Warp Speed, los candidatos para la fabricación de vacunas se seleccionarían de entre los competidores de la industria, y posteriormente la Operación también participaría en la supervisión de las empresas elegidas; por ello, hacer que las empresas fueran parte de la estructura de dirección de la Operación podría suscitar conflictos de intereses. Por ese motivo, aparentemente la opción fue que la Operación se limitara a cooperar con la industria, y su supervisión se encomendó a funcionarios y designatarios del ámbito gubernamental. Con esto no se quiere decir que una APP no disponga de herramientas para gestionar los posibles conflictos; por ejemplo, podría impedir que quienes se verán directamente afectados por una decisión participen en ella. No obstante, como cabía la posibilidad de que la Operación se enfrentara a varios conflictos a lo largo de sus procesos, se optó por una estructura de colaboración distinta a una APP. Cuando se trata de enfoques descendentes, esta opción podría ser más problemática. Pese a ello, la alternativa de colaboración elegida para la Operación tuvo éxito, en gran medida debido a que las empresas colaboradoras estaban comprometidas con la misión, en particular en el caso de organizaciones como Moderna, Pfizer y BioNTech, que asumieron con mucha

[15] Citado en Adler (2021). Se recurrió a esta fuente para extraer información para esta sección.

[16] Véanse una definición y una descripción de las alianzas público-privadas, así como una descripción de los conflictos y otras cuestiones relacionadas con ellas, por ejemplo, en Investopedia (2024).

responsabilidad el liderazgo del proceso[17]. Este nivel de compromiso empresarial puede ser un factor clave del éxito tanto en las APP como en las iniciativas de colaboración.

Estas características —el conjunto de adjudicatarios fue "seleccionado" por el Gobierno, se conformó un equipo singular y se implicó al sector privado de una manera especial— son lo que definen a este enfoque como uno de tipo "descendente" a los efectos de este trabajo. En la Operación se emplearon varias herramientas que pueden ser útiles para otras iniciativas semejantes, entre ellas las siguientes:

- Contratos garantizados
- Mecanismos flexibles de contratación
- Certificaciones tecnológicas
- Una cartografía de las cadenas de suministro
- Diversidad de talentos provenientes de distintas disciplinas y esferas
- Cooperación entre funcionarios federales y empresas en torno a la reglamentación y el desarrollo y presentación de los productos
- Colaboración interinstitucional
- Sistemas acelerados de distribución

La esfera relacionada con la contratación (tanto los contratos garantizados como los mecanismos flexibles de contratación) fue clave en la Operación Warp Speed. Las empresas seleccionadas recibieron la adjudicación de contratos garantizados para la compra de volúmenes sustanciales de sus vacunas, pese a que la fase de desarrollo aún no había terminado ni existía ninguna aprobación de la FDA. Esto les permitía seguir avanzando en las actividades de desarrollo y ensayos clínicos, y garantizaba que las dosis estarían listas tan pronto como fuera posible. La garantía del Gobierno de que adquiriría las vacunas a gran escala posibilitó la compra de insumos, el desarrollo de plantas de producción y el aumento de la escala de la producción y la distribución tan pronto como se aprobaron las vacunas. Esta garantía alentó a las empresas a asumir el riesgo de ordenar insumos y de desarrollar plantas de producción, y fue vital para aumentar rápidamente la escala de la producción. La estrategia de adjudicar contratos que garanticen la existencia de un mercado inicial y de esa manera reducir los riesgos que implican los aumentos de escala es un mecanismo que también podría aplicarse a otros desafíos en materia sanitaria, así como a otros ámbitos de desarrollo tecnológico.

En la Operación también se utilizaron ampliamente los mecanismos flexibles de contratación. Se aplicó la Ley de Producción de Defensa, que autoriza al gobierno federal a exigir a los proveedores que pasen por alto a sus clientes usuales para satisfacer las necesidades de seguridad en situaciones de emergencia nacional. Cuando fue necesario, la Operación se acogió a lo dispuesto en la Ley para intervenir de forma directa y cooperar en la producción, por ejemplo, construyendo o remodelando plantas de producción, comprando e instalando equipos, contratando personal, facilitando la adquisición de materia prima y adquiriendo ampollas, jeringas y agujas a granel (Adler, 2021). Este aspecto claramente descendente del enfoque de la Operación fue clave para contar con los insumos y recursos necesarios para que los fabricantes de vacunas no tuvieran que demorar su producción. La capacidad de intervenir para garantizar la integridad de las cadenas de suministro también es importante para otros proyectos de desarrollo tecnológico, a fin de propiciar el desarrollo de políticas de innovación industrial.

[17] Véanse, por ejemplo, Lo (2020), Bourla (2022), Vardi (2020), Miller (2022) y Gelles (2020).

La Autoridad para Otras Transacciones (OTA), originalmente desarrollada por el DARPA y utilizada por los organismos del Departamento de Defensa, brindó una alternativa al proceso extremadamente lento de adquisiciones federales —que podría haber hecho naufragar las iniciativas de la Operación— y permitió reducir a días el plazo para formalizar un contrato y aumentar la participación de empresas biotecnológicas y de proveedores más pequeños que en general no intervienen en contratos federales complejos. De nuevo, en líneas generales, esta autoridad puede aplicarse a otras esferas tecnológicas.

Las certificaciones tecnológicas también fueron un elemento importante. El mecanismo de autorización de uso de emergencia (EUA) de la FDA permitió hacer justamente eso: responder a emergencias como la pandemia sin tener que transitar el proceso de aprobación completo, que puede llevar años. La participación de la FDA en esta etapa fue clave, ya que otorgó una certificación y validación de la tecnología que garantizó la aceptación instantánea por parte del mercado. Dado que la FDA es el organismo de aprobación de productos médicos más respetado del mundo, la mayor parte del público estadounidense aceptó sin dudarlo las vacunas contra el COVID-19 aprobadas por este organismo tan pronto como estuvieron disponibles. En otros ámbitos, no existe ninguna certificación de tecnologías que siquiera se asemeje a las certificaciones de la FDA para productos médicos, lo que constituye una deficiencia del sistema de innovación. Con todo, el gobierno federal podría valerse de su sólida red de laboratorios para otorgar certificaciones de tecnologías, lo que ayudaría a garantizar la adopción temprana por parte del mercado en una serie de esferas tecnológicas.

La Ley de Producción de Defensa autorizó a la Operación Warp Speed a intervenir en las cadenas de suministro, una iniciativa en la que el entendimiento pleno de cada faceta de las cadenas en cuestión fue clave. La elaboración de una cartografía de las cadenas de suministro fue otra tarea importante. Los expertos en logística del Departamento de Defensa, dotados de una sólida experiencia en la gestión de emergencias relacionadas con crisis logísticas, fueron capaces de determinar la confiabilidad de las cadenas de suministro y de elaborar una cartografía de ellas. Eso fue de gran ayuda para las empresas fabricantes de vacunas cuando debieron enfrentarse a complejos problemas de suministro durante la producción de las vacunas. Las técnicas para la elaboración de una cartografía de las cadenas de suministro podrían sistematizarse y utilizarse para fortalecer la resiliencia en una serie de iniciativas de desarrollo tecnológico.

En el marco de la Operación, también se establecieron vínculos cercanos entre los funcionarios federales y las empresas para ayudarlas con los complejos procesos de aprobación reglamentaria, con la gestión de proyectos y con el acceso a suministros. Tradicionalmente, la FDA se mantiene a cierta distancia de las empresas y las organizaciones de investigación para preservar su independencia regulatoria. Pero el Programa de Aceleración del Tratamiento del Coronavirus (CTAP) fue una iniciativa que contó con la participación de todas las partes en un enfoque de cooperación público-privado dirigido a acelerar la introducción de tratamientos. En el marco del programa, se asignaron funcionarios médicos y reguladores a los equipos de examen dedicados a las terapias para el COVID-19, se racionalizaron los procesos y operaciones para que desarrolladores y científicos pudieran enviar consultas y solicitudes, y se brindaron recursos a los proveedores de servicios de salud y a los investigadores para ayudarlos a presentar solicitudes de emergencia para el uso de productos de investigación (FDA, 2020). La FDA facilitó la celebración de reuniones de asesoramiento con la industria durante el proceso de desarrollo de productos relacionados con la pandemia. Asimismo, brindó orientación detallada sobre sus prioridades y recomendaciones con relación a los ensayos clínicos de potenciales tratamientos, a fin de acelerar la realización de pruebas (Sharp y Kenyatta, 2020). Si bien una empresa de la envergadura de Pfizer podía encargarse de sus propios ensayos clínicos, la red de Institutos Nacionales de Salud se encargó de la gestión de los ensayos clínicos de empresas más pequeñas, como Moderna.

Además, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos supervisó las obras de ampliación de las plantas de producción de las empresas (Adler, 2021). Este tipo de asistencia directa fue clave para las empresas biotecnológicas más pequeñas que participaron en el proyecto. Según expresó un líder de la Operación Warp Speed, se les aseguró a las empresas biotecnológicas más pequeñas que se las ayudaría a crecer, que se asignaría personal a sus plantas de fabricación, que se les brindaría asistencia con la gestión de proyectos, y que se las ayudaría con su estrategia regulatoria (Adler, 2021). Los vínculos con el personal gubernamental no incidieron de manera alguna en el proceso regulatorio, pero permitieron superar las barreras burocráticas y acelerar los procesos. Complementado con salvaguardas adecuadas para prevenir los conflictos de interés, este enfoque podría emplearse más ampliamente para acelerar el desarrollo de tecnologías críticas.

Finalmente, en lo referido a los sistemas de distribución, la Operación Warp Speed asumió la responsabilidad de enviar las dosis de las vacunas a los estados, aplicando una fórmula basada en la población de cada estado para establecer las prioridades de despacho. Las dos vacunas basadas en la tecnología de ARN mensajero fabricadas por Pfizer/BioNTech y Moderna fueron las que predominaron, si bien su envío presentaba desafíos singulares, debido a que tenían que permanecer congeladas y exigían una manipulación especialmente compleja. Apenas una pequeña fracción de las vacunas se dañó durante los envíos. Aunque en los puntos más álgidos de la crisis se recurrió a personal del ejército para reforzar la distribución, la Operación encomendó los envíos a empresas privadas eficientes del sector del transporte. Ante su insistencia, la administración de las inmunizaciones se dejó a cargo de los estados y de sus autoridades de salud pública. Aunque en muchos estados esto planteó un problema y la aplicación de las vacunas se retrasó considerablemente con respecto al ritmo de los envíos, con el tiempo la situación se solucionó. En última instancia, los Estados Unidos estuvieron a la vanguardia del proceso de desarrollo y distribución de vacunas, y comenzaron a aplicarlas dos semanas antes que las naciones desarrolladas de la Unión Europea. Las lecciones extraídas de las actividades de la Operación Warp Speed en lo referido a la organización y la eficiencia de la distribución también pueden aplicarse de forma más amplia a las iniciativas de desarrollo tecnológico.

Las actividades desarrolladas por la Operación no se centraron en la investigación científica; para el momento en que comenzó su labor, ese trabajo estaba en gran medida finalizado. Lo que la Operación sí logró fue establecer un nuevo marco de referencia con relación a la ampliación rápida de la escala de una tecnología para llevarla hacia su desarrollo final, fabricación y adopción generalizada. La Operación permitió eliminar el riesgo que entrañan las iniciativas de I+D y el entorno regulatorio, y al garantizar el financiamiento y la demanda, independientemente de lo que se decidiera en el plano regulatorio, eliminó los riesgos de ejecución. Si bien a menudo el Departamento de Defensa aplica estrategias de este tipo, la Operación Warp Speed fue un caso especialmente singular en una esfera distinta a la de defensa. Como señaló Matthew Hepburn, el director de vacunas de la Operación Warp Speed, la iniciativa fue como el DARPA, pero centrada en la ampliación de la escala. Esta iniciativa revitalizó el interés de los Estados Unidos en las políticas industriales y las sacó del prolongado letargo en que la habían sumido los economistas de la corriente predominante, que la consideraban muy perjudiciales. Representó el éxito rotundo de un enfoque basado en políticas industriales. Para reiterar el punto: cada una de las principales herramientas empleadas en el marco de la Operación Warp Speed pueden aplicarse a otros programas de innovación industrial.

Desafortunadamente, la administración del Presidente Biden desarticuló la Operación cuando asumió funciones, pese a que algunas de sus herramientas todavía se necesitaban para gestionar la pandemia y a que el enfoque de la iniciativa —entre otras cosas en lo referido a las colaboraciones dentro de la industria— podría haberse aplicado a otras necesidades médicas urgentes. De haberse mantenido en funcionamiento, la iniciativa habría seguido demostrando que este enfoque descendente constituye un modelo para la serie de capacidades que pueden desplegarse. Desde entonces, la Administración de Biden ha intentado dar nueva vida a la Operación Warp Speed bajo el nombre de "Project Next Gen", si bien esta iniciativa carece del ímpetu y los fondos que permitieron ejecutar la Operación (Diamond, 2023).

B. Enfoque ascendente

El apoyo gubernamental a las empresas es una de las cuestiones más controvertidas del debate sobre políticas en los Estados Unidos. Detractores de todos los sectores del espectro político argumentan que ese tipo de apoyo podría otorgar una ventaja injusta a una o unas pocas empresas, que podría incidir en la competencia y que, en general, el gobierno nunca ha sabido elegir bien a las empresas con mejores posibilidades. El ejemplo de Solyndra mencionado anteriormente ilustra el problema: a través del Departamento de Energía, la empresa recibió préstamos para financiar su producción, y más tarde fracasó, durante los primeros años de la Administración del Presidente Obama, lo que desencadenó un feroz ataque político contra las iniciativas de préstamos del Gobierno.

No obstante, el programa de préstamos del Departamento continuó, y en 2022 se amplió significativamente mediante la Ley de Reducción de la Inflación (que se analiza más adelante). Tesla, el primer fabricante importante de vehículos eléctricos, había sido uno de los principales beneficiarios del programa; recibió un cuantioso préstamo del Departamento de Energía —de importancia vital para la empresa— que se aprobó en 2009 y estuvo disponible hasta 2013. Para finales de 2021, Tesla había alcanzado un valor de mercado que superaba el valor combinado de sus cinco principales competidores (si bien su valor ha experimentado cierto declive desde entonces) (Macrotrends, 2023; Boudette, 2022). Para 2022, su producción se acercaba a los 2 millones de vehículos eléctricos por año (Kane, 2022).

De hecho, Tesla es un buen ejemplo de cómo una empresa —y un sector de la economía— pueden beneficiarse del apoyo gubernamental (Vance, 2015), en este caso en el contexto de un enfoque ascendente (*bottom-up approach*) de política de innovación industrial adoptado para promover el uso de vehículos eléctricos a fin de cumplir una misión relacionada con el cambio climático. A diferencia de la Operación Warp Speed, el Gobierno no aplicó un enfoque descendente para promover los vehículos eléctricos; en otras palabras, no seleccionó un conjunto de beneficiarios que recibirían apoyo en una serie de esferas tecnológicas clave. Más bien, la estrategia fue de tipo ascendente; el Gobierno estableció una serie de incentivos con la expectativa de atraer a las empresas para que se beneficiaran de ellos. En el caso específico de Tesla, el Gobierno no estuvo detrás de la creación de la empresa, pero esta recurrió de manera sistemática a los incentivos, los préstamos y las ayudas regulatorias gubernamentales para poder superar los obstáculos y pasar a ocupar una posición de liderazgo en la producción de vehículos eléctricos. Estos mecanismos fueron más o menos directos.

La categoría directa incluyó préstamos, como ya se señaló, que adoptaron la forma de un préstamo garantizado por valor de 465,5 millones de dólares otorgado en 2009 por el Departamento de Energía en el marco del Programa de Préstamos para la Fabricación de Vehículos con Tecnología Avanzada, destinado a construir su planta de fabricación en California[18]. Este préstamo, que Tesla pagó en 2013, evitó por poco que la empresa se declarara en quiebra[19].

Esta categoría también incluye subsidios. Tesla ha recibido alrededor de 2.400 millones de dólares en subsidios, principalmente de estados de los Estados Unidos (sin incluir el préstamo devuelto o los créditos por vehículos eléctricos que se describen más adelante); a modo de ejemplo, recibió beneficios por unos 1.300 millones de dólares para su gigafactoría de fabricación de baterías en Nevada y 750 millones de dólares para su fábrica de paneles solares en Nueva York (Tesla incorpora tecnologías

---

[18] El préstamo que el Departamento de Energía concedió a Tesla se aprobó en 2009 y quedó a disposición de la empresa en enero de 2010; Tesla lo devolvió de manera anticipada en 2013 (Departamento de Energía de los Estados Unidos, 2024; Higgins; 2022; M. Hopkins (Investigador Principal de la Red de Investigaciones Académicas e Industriales), comunicación personal, 23 de mayo de 2022).

[19] Los contratos federales adjudicados por la NASA a partir de 2008 contribuyeron a la supervivencia de la empresa SpaceX, de Musk, y le permitieron consolidar su posición financiera general para gestionar las operaciones de Tesla (Majeed, 2021; W. Lazonick (Profesor de Economía de la Universidad de Massachusetts Lowell), comunicación personal, 23 de marzo de 2022).

solares y de acumulación de energía en sus vehículos). Los laboratorios de Tesla han recibido alrededor de 3,6 millones de dólares en subsidios y garantías por préstamos, y la empresa también ha obtenido el apoyo de los Gobiernos de países distintos a los Estados Unidos; entre ellos, China y Alemania.

El Gobierno también ha brindado su apoyo en la forma de programas federales de los que Tesla se ha beneficiado de manera indirecta, pero sustancial. Por ejemplo, es evidente que los incentivos fiscales a los consumidores para la compra de vehículos eléctricos han ayudado a apuntalar las ventas de Tesla (Rezvanit, 2022)[20]. De hecho, los primeros subsidios fiscales federales para ayudar a aumentar las ventas de vehículos eléctricos, implementados en 2008 y 2009, ascendieron a 7.500 dólares por vehículo y redujeron el costo de los primeros 200.000 vehículos de la empresa por la sorprendente suma de 1.500 millones de dólares. En 2022 este crédito fiscal al consumo se renovó sin el límite de 200.000 vehículos para todos los vehículos eléctricos fabricados en los Estados Unidos. Además, el gobierno federal otorgó a los consumidores una rebaja fiscal (que la Ley de Reducción de la Inflación de 2022 amplió) de hasta 1.000 dólares para los equipos de carga de vehículos eléctricos (por un total de 1.700 millones de dólares), y de 30.000 dólares para las instalaciones comerciales. Asimismo, la legislación de 2022 sobre infraestructura dispuso la asignación de una partida de 7.500 millones de dólares para la instalación de medio millón de estaciones de carga a nivel nacional. Tesla, el principal productor de vehículos eléctricos de los Estados Unidos, cosechará enormes beneficios de este apoyo a la infraestructura, que amplía su red existente de estaciones de carga[21]. Cada una de estas herramientas podría aplicarse fuera del sector energético a otros proyectos de desarrollo tecnológico.

A estos programas federales se suman las disposiciones e incentivos estatales, en particular en California, donde, a lo largo del tiempo, las normas e incentivos referidos al aire limpio han posibilitado la concesión de importantes subsidios para los vehículos eléctricos, algo que ha favorecido particularmente a Tesla. Por ejemplo, el programa de pagos obligatorios y de compensación para vehículos eléctricos de California, una iniciativa estatal de créditos para los automóviles eléctricos financiada por los fabricantes de automóviles que no producen vehículos de ese tipo, significó para Tesla ingresos por casi 4.000 millones de dólares entre 2019 y 2021, una proporción sustancial de las ganancias de la empresa[22]. Estos pagos han sido fundamentales para el aumento de la escala de su producción. Además, desde 2016, California ha ofrecido rebajas de hasta 7.000 dólares a los consumidores que compran automóviles eléctricos, en función de su nivel de ingresos[23]. Una versión anterior del programa de rebajas otorgaba 2.500 dólares por vehículo de la marca Tesla, lo que ayudó a la empresa a consolidar su base de clientes (Hirsh, 2015). La experiencia de Tesla demuestra la importancia que los programas regulatorios estatales compatibles con las metas federales podrían tener para las iniciativas de desarrollo tecnológico.

La categoría menos directa —en el sentido de que el apoyo gubernamental no se brindó específicamente a Tesla— incluye el apoyo para las actividades iniciales de I+D brindado por el Departamento de Energía para el desarrollo de tecnologías mejoradas de baterías de iones de litio, así como una serie de programas nuevos de investigación aplicada y desarrollo para las baterías de vehículos eléctricos a partir de 2020. Al igual que en muchas otras industrias (el sector farmacéutico es

---

[20] El crédito fiscal para vehículos eléctricos, que se otorgó inicialmente en la Ley de Mejora y Ampliación Energética de 2008 y, posteriormente, en la Ley de Energía Limpia y Seguridad de los Estados Unidos de 2009, fue de 7.500 dólares para las compras de vehículos eléctricos por parte de consumidores y estableció como límite los primeros 200.000 vehículos producidos por la empresa de que se tratase. La Ley de Reducción de la Inflación de 2022 otorgó un crédito de 7.500 dólares para los vehículos ensamblados en los Estados Unidos, y suprimió este límite.

[21] Para acceder a financiamiento federal para infraestructura en 2021, Tesla tuvo que convenir en abandonar su sistema de carga patentado y adoptar el Sistema de Carga Combinado, el estándar común de carga de vehículos eléctricos (Lambert, 2021; M. Hopkins, comunicación personal, 23 de mayo de 2022).

[22] Véase Boudette (2022). Los créditos regulatorios pagados por otros fabricantes de automóviles a Tesla ascendieron a 1.500 millones de dólares en 2021, lo que representó un 27% de las ganancias para ese año, que se situaron en 5.500 millones de dólares.

[23] Véase Centro para la Energía Sostenible (CSE), "Información sobre el Programa de Rebajas para Vehículos Limpios (CVRP): requisitos" [en línea] https://cleanvehiclerebate.org/en/eligibility-guidelines.

un buen ejemplo), las empresas privadas pueden beneficiarse enormemente de esos programas. Debido a que las baterías son el motor de los vehículos eléctricos y el principal componente de los costos por un amplio margen, este apoyo puede resultar clave para los fabricantes de este tipo de vehículos, entre ellos Tesla.

El Departamento de Energía ha financiado una serie de proyectos de I+D relacionados con la mejora de las baterías para vehículos eléctricos, los materiales livianos y los nuevos sistemas de movilidad, entre otros. Tesla podría ser uno de los beneficiarios de los avances en materia de I+D que podrían surgir del gran desafío de acumulación energética (Energy Storage Grand Challenge) del Departamento de Energía, iniciativa anunciada en enero de 2020. Fue la primera estrategia integral del Departamento basada en los siguientes tres conceptos: "Innovate Here, Make Here, Deploy Everywhere" (innovar aquí, fabricar aquí, vender en todo el mundo). Las metas de rendimiento incluyen reducciones del 90% y del 44%, respectivamente, en los costos de las aplicaciones estacionarias y de las baterías en los vehículos eléctricos, respecto de los costos de 2020.

Tesla y otras empresas también podrían obtener importantes beneficios de la iniciativa Federal Consortium for Advanced Batteries ((FCAB), un consorcio de organismos federales dirigido a fomentar la cooperación intergubernamental en el ámbito de las baterías avanzadas. En 2021, el FCAB publicó un Plan Nacional para el Desarrollo de Baterías de Litio 2021-2030, en el cual estableció cinco metas fundamentales que abarcan la totalidad del espectro en materia de I+D e innovación, lo que incluye establecer un sector nacional sólido de procesamiento del litio, posibilitar la reutilización y el reciclado del material al final de su vida útil, y promover el liderazgo de los Estados Unidos en el sector de la tecnología de baterías apoyando las iniciativas de I+D y fomentando la educación en las áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (CTIM).

Al igual que en los ejemplos anteriores, Tesla y la industria de los automóviles eléctricos en su conjunto también podrían beneficiarse de la iniciativa Li-Bridge, una alianza entre el gobierno y el sector empresarial para subsanar las deficiencias en la cadena de suministro nacional del litio. El Departamento de Energía coordinó su formación en 2021 a través de su Laboratorio Nacional Argonne, y ha contribuido con 209 millones de dólares para el financiamiento de 26 proyectos de baterías para vehículos eléctricos relacionados con el costo y el tamaño de la nueva generación de baterías, la evolución de la infraestructura de carga rápida para vehículos eléctricos, el posible impacto de la carga de los vehículos sobre las redes de distribución, y las comunicaciones y controles cooperativos entre vehículos para reducir el uso de energía y las emisiones (Departamento de Energía de los Estados Unidos, 2021a). Además, como parte del paquete de infraestructura federal por valor de 1,3 billones de dólares aprobado por el Congreso en 2021, hay disponible una partida de 3.000 millones de dólares para promover el desarrollo y la producción de baterías para vehículos y para acumulación de energía (Departamento de Energía de los Estados Unidos, 2022).

En síntesis, en el contexto de una política de innovación industrial (aun si no se define explícitamente como tal) dirigida a promover un mayor uso de los vehículos eléctricos para mitigar el cambio climático, el gobierno adoptó un enfoque ascendente a través del cual se brindó apoyo (tanto directo como indirecto) a una de las principales empresas del sector, a la que incluso se rescató de la quiebra. Este apoyo le permitió a la empresa establecer centros de producción clave, otorgó subvenciones a los consumidores para que adquirieran sus productos, e hizo posible aumentar de forma exponencial la infraestructura de estaciones de carga y promover los avances en la tecnología de baterías para vehículos eléctricos. Por lo tanto, el gobierno (en particular a nivel federal, pero también en el plano estatal) ha sido un importante asociado en cada etapa del proceso. Estos mecanismos son aplicables a iniciativas tecnológicas en otros sectores además del energético.

La combinación de incentivos federales brindados mediante este enfoque ascendente no fue el resultado de una decisión consciente de coordinarlos de esa manera. El apoyo en materia de I+D para la evolución de las tecnologías de baterías es el resultado de un prolongado historial de apoyo federal a las iniciativas de I+D en el sector energético. Inicialmente, el programa de préstamos fue un mecanismo de apoyo para la producción de energía nuclear, que posteriormente se amplió para abarcar las tecnologías de energía limpia, incluidos los vehículos eléctricos. Los beneficios tributarios otorgados a los consumidores fueron el resultado de un proceso legislativo separado. Sin embargo, todos los aspectos federales del proceso obedecieron a la motivación de apoyar el desarrollo de los vehículos eléctricos. Los programas estatales, en particular en California, son un reflejo de la importancia que desde hace mucho se le atribuye en ese estado a la calidad del aire. El apoyo estatal para la construcción de plantas de fabricación de baterías fue un aspecto de las iniciativas para el desarrollo económico del estado. Estas iniciativas surgieron a partir de inquietudes a nivel estatal que no estaban coordinadas con los programas federales. Por lo tanto, aunque esta combinación de iniciativas no fue el resultado de un proyecto coordinado concreto a nivel de políticas, sino que se desarrolló en momentos separados, en última instancia tuvo como resultado un enfoque multidimensional eficaz. El programa de préstamos permitió que las iniciativas de I+D alcanzaran la fase de producción y los subsidios a los consumidores apuntalaron la demanda; ambas estrategias abordaron aspectos fundamentales de la política industrial vinculados con el desarrollo, la producción y la demanda. Los programas estatales, que contribuyeron con incentivos adicionales a la producción y la demanda, potenciaron las iniciativas federales.

Aunque esta combinación de apoyo dirigido al desarrollo, la producción y la demanda no se planificó de antemano ni se coordinó una vez puesta en marcha, resultó ser sumamente eficaz. Estas iniciativas gubernamentales podrían asimilarse a un menú: todas las oportunidades se ofrecían en la carta, pero eran las empresas las que seleccionaban con cuál se quedarían. Sin embargo, en realidad cada elemento reforzaba a los demás. Si bien esto fue de particular beneficio para Tesla, la inclusión de aspectos referidos al desarrollo, la producción y la demanda muestra cómo lograr la misma interacción positiva en otras iniciativas de tipo ascendente.

Las inversiones han tenido enormes repercusiones. Dejando de lado las constantes controversias que rodean al cofundador de Tesla, Elon Musk, la empresa ha logrado demostrar al público estadounidense y al mundo que los vehículos eléctricos sí funcionan. Prácticamente por sí sola, Tesla ha llevado a los principales fabricantes de automóviles del mundo a comprometerse a avanzar hacia un futuro de vehículos eléctricos, tras más de un siglo de vehículos de combustión interna alimentados con combustibles fósiles. Esto constituye un apoyo a la misión del Gobierno descrita anteriormente.

Desde una perspectiva normativa, este ejemplo demuestra que existe una diversidad de enfoques en lo referido a las políticas de innovación industrial. Mientras que el apoyo brindado a la Operación Warp Speed fue de tipo "descendente", en el sentido de que el Gobierno eligió a un conjunto de empresas beneficiarias que ofrecían una serie de tecnologías de vacunas, el apoyo para el desarrollo de los vehículos eléctricos fue de tipo "ascendente", ya que, tras establecer incentivos y programas de apoyo a la investigación, el Gobierno dejó en manos del sector privado —con Tesla a la cabeza— la tarea de impulsar el desarrollo económico.

En 2022 tuvo lugar otro importante ejemplo de enfoque ascendente. En agosto de ese año, el Congreso aprobó un programa climático y energético de gran alcance en el marco de la Ley de Reducción de la Inflación. Las disposiciones de la Ley en lo referido al clima costarán más de 375.000 millones de dólares en incentivos tributarios y al consumo para promover la electrificación a partir de tecnologías de energía limpia, la electrificación del transporte terrestre y la descarbonización de los edificios y el sector manufacturero. Entre otras disposiciones, la ley amplió considerablemente —en unos 40.000 millones de dólares— las facultades de otorgamiento de préstamos del Departamento de Energía a través de su Oficina de Programas de Préstamos, a fin de apoyar el desarrollo de las

tecnologías energéticas, entre otras cosas mediante iniciativas en el sector manufacturero y proyectos de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en plantas industriales (Hansen, 2022; Congressional Progressive Caucus Center, 2022)[24].

Se prevé que esta diversidad de incentivos y modalidades de financiamiento reducirá considerablemente las emisiones de carbono de los Estados Unidos, y las acercará a la meta fijada para 2030 de lograr una disminución del 50% de los niveles de emisiones con respecto a 2005 (Jenkins y otros, 2022). La característica fundamental de la legislación en lo referido a la innovación industrial fue el otorgamiento de cuantiosos incentivos tributarios y al consumo y de incentivos a la producción industrial para impulsar la adopción de nuevas tecnologías. Además, la autoridad para conceder préstamos puede ser clave para aumentar la escala de las tecnologías energéticas. Claramente, esta legislación es un ejemplo de un enfoque ascendente en materia de políticas de innovación industrial a una escala sin precedentes.

C. Enfoque basado en los proyectos de demostración

La fase de demostración de un avance tecnológico, que viene inmediatamente después del desarrollo de un prototipo funcional, es fundamental en las políticas de innovación industrial. Para que una tecnología avance a la etapa de pruebas de producción y en última instancia a la de producción plena, es fundamental que haya sido probada y demostrada con éxito; de otra manera, las empresas no pueden asumir los riesgos.

Hace mucho tiempo que el Departamento de Defensa es consciente de esto, y por ello se asegura de que sus tecnologías emergentes pasen por una etapa de demostración, lo que le ha brindado una gran experiencia en lo relacionado con la administración de esta etapa y los bancos de pruebas necesarios. Por otro lado, el Departamento de Energía no cuenta actualmente con capacidad para gestionar demostraciones, pero deberá desarrollarla, sobre todo en los casos en que el sector comercial no recibe ningún incentivo para encargarse de ellas por sí mismo.

La abarcadora ley sobre infraestructura aprobada por el Congreso en 2021 hace especial hincapié en la etapa de demostración de la implementación de una nueva tecnología, y a través de la nueva Oficina de Energía Limpia del Departamento de Energía, destina 21.500 millones de dólares al financiamiento de estos proyectos. Entre ellos se cuentan proyectos de gestión del carbono, como los centros de captura directa de aire y demostraciones de captación de carbono; programas de hidrógeno limpio; programas de energía renovable; programas de energía nuclear para demostraciones de reactores nucleares avanzados, y demostraciones de minerales críticos y tierras raras (Service, 2021; AIP, 2021).

Los problemas experimentados en el pasado por otros proyectos gubernamentales de demostración dejan tres lecciones importantes en lo referido a la adopción de este enfoque para las políticas de innovación industrial[25]:

i) Los incentivos (los pagos por producción, los créditos tributarios, los préstamos o las garantías sobre préstamos y las compras garantizadas) para demostrar al sector privado las posibilidades de una nueva tecnología ofrecen importantes ventajas frente a las demostraciones independientes llevadas adelante por el gobierno y escasamente vinculadas con los potenciales usuarios;

[24] Véase Congreso de los Estados Unidos (2022b).
[25] Este análisis se basa en Weiss y Bonvillian (2009); a su vez, ese análisis se basa en Deutch (2005).

ii) Debido a que los proyectos de demostración de gran envergadura y que implican desembolsos importantes de efectivo atraen el interés del Congreso (por ejemplo, cuando miembros con influencia disponen que los proyectos se desarrollen en sus propios distritos), establecer una corporación cuasipública para gestionar la demostración es una manera de impedir ese tipo de intervenciones[26];

iii) Es importante que el modelo económico de las demostraciones sea flexible y resiliente (algo que el sector privado a menudo logra con eficacia), de forma tal que los encargados de la ejecución del proyecto puedan responder a los cambios en las condiciones del mercado y diseñar la demostración sin dar por sentado que el contexto económico actual nunca cambiará, un error que ha afectado a muchísimos proyectos del pasado.

La gestión de una demostración comercial exige conocimientos técnicos especializados en materia de gestión de proyectos, una destreza que el sector privado tiene, pero de la que el gobierno a menudo carece. Una empresa pública podría ser una manera de contratar personal que posea tales conocimientos. Además, las empresas de este tipo también podrían funcionar fuera del ámbito de los sistemas de adquisiciones públicas, en un contexto más semejante al de una empresa comercial. Estas capacidades típicas del sector privado —tanto en materia de financiamiento de proyectos de gran envergadura como de ingeniería a escala comercial— pueden complementarse con los incentivos financieros mencionados anteriormente, así como con la provisión de un flujo plurianual de financiamiento garantizado suficiente para permitir la correcta ejecución de un proyecto de demostración. Los mecanismos de reparto de costos con la industria pueden ofrecer un incentivo adicional para controlar los costos y velar por la disciplina comercial.

Las demostraciones de tecnologías son una política industrial importante. Para que funcionen, es necesario que el gobierno adquiera las capacidades necesarias para gestionarlas.

D. Enfoque de apoyo directo a la producción

En ocasiones, no alcanza con promover la ampliación de la escala mediante contratos garantizados, incentivos tributarios o demostraciones de tecnología; en esos casos, se necesita apoyo directo a las plantas de producción, una medida que el gobierno federal rara vez aplica fuera del sector de la defensa. Un ejemplo es el sector de los semiconductores, una industria que desarrolla actividades de fabricación sumamente avanzadas en instalaciones que son, por un amplio margen, las más costosas del mundo. Los responsables de la formulación de políticas llegaron a la conclusión de que, para que los Estados Unidos pudieran conservar, si acaso, un nivel modesto de capacidad de producción de semiconductores, se necesitaba que el gobierno interviniese para apoyar la producción.

La importancia de que este enfoque sea una de las alternativas dentro del conjunto de instrumentos de políticas de innovación industrial queda clara cuando se analizan algunas características de los semiconductores, una tecnología fundamental para el funcionamiento de cualquier programa informático y para todas las tareas de procesamiento de datos. Los semiconductores son esenciales para las tecnologías y sistemas de defensa y para las futuras generaciones de tecnologías avanzadas, en particular la inteligencia artificial y la informática cuántica, dos esferas con importantes implicaciones en materia de seguridad nacional[27]. Además, son esenciales para un conjunto de servicios sociales, como la informática, la Internet y la banda ancha, tecnologías de uso cotidiano sobre las que se basan las economías y las sociedades. Por todos estos motivos, el liderazgo de los Estados Unidos en materia tecnológica es clave (Slater, 2021).

---

[26] Véase un análisis detallado de las corporaciones públicas en Froomkin (1995).
[27] Véase, por ejemplo, Huang y otros (2020).

En este momento el Gobierno de los Estados Unidos está llevando a cabo su segunda intervención en el sector; la primera fue a finales de la década de 1980, cuando la industria de chips de semiconductores estadounidense estaba quedando rezagada con respecto a las principales empresas japonesas, Nikon y Canon, que a través del Ministerio de Comercio Internacional e Industria del Japón estaban plenamente integradas al programa de políticas industriales del país[28]. La Administración del Presidente Reagan fue inducida a respaldar una APP, SEMATECH (un consorcio de costos compartidos conformado por 14 empresas de semiconductores y con 500 millones de dólares de financiamiento mediante el DARPA), con el objetivo de restaurar el liderazgo tecnológico estadounidense (Browning y Shetler, 2000).

En general, se reconoce que SEMATECH desempeñó un papel importante en el regreso de los Estados Unidos a una posición de liderazgo tecnológico en el sector de los semiconductores. La iniciativa se centró en la fabricación de chips, y fue un importante esfuerzo conjunto para mejorar la velocidad y la calidad de los sistemas de producción de chips.

Sin embargo, para 2020, tras haber deslocalizado gran parte de su producción de artículos electrónicos, los Estados Unidos perdieron nuevamente su posición de liderazgo en la industria, esta vez frente a la Provincia China de Taiwán, un país bajo la constante amenaza de invasión por parte de China, y la República de Corea, que enfrenta amenazas de la República Democrática Popular de Corea. Las empresas de estos países estaban produciendo los semiconductores más avanzados. El mundo pasó a depender en gran medida de un único fabricante de semiconductores: Taiwan Semiconductor Manufacturing Company, que fabrica un 90% de los semiconductores de última tecnología a apenas unos 160 kilómetros de China continental (Jie, Yang y Fitch, 2021; Miller, 2022). Los Estados Unidos perdieron su liderazgo en la fabricación de chips pese a que, en 2019, los semiconductores seguían siendo su principal exportación de un producto electrónico y ocupaban el quinto lugar entre las exportaciones de mayor volumen del país —alrededor de 42.000 millones de dólares—, y al hecho de que un 45% del mercado mundial de semiconductores estaba en manos de empresas estadounidenses, incluidas las que desarrollaban sus actividades de producción en el extranjero (SIA, 2019).

Mientras tanto, desde principios de la década de 2000, China viene realizando cuantiosas inversiones en la tecnología de los semiconductores, en un esfuerzo sistemático por dominar un sector en el que comenzó prácticamente desde cero. Si bien China no ostenta el liderazgo tecnológico, ha logrado establecer una importante presencia en la producción de chips de gama baja, y su nivel de inversión supera por un amplio margen al de los Estados Unidos (Triolo, 2021; Strub, 2019; Ernst, 2016).

Aunque las capacidades de los Estados Unidos en materia de I+D y diseño siguen siendo sólidas, el país no ha logrado utilizarlas como plataforma para asumir una posición de liderazgo en el sector de los semiconductores, un problema que acusa en otras varias esferas de producción y que transforma este análisis en otro estudio sobre un enfoque de políticas de innovación industrial. En este caso concreto, es necesario considerar la producción como un aspecto íntimamente ligado a la innovación (como se analizó en la sección I); así, el deterioro de la producción se traduce en un deterioro de la innovación. En el ejemplo de los semiconductores, esta situación se ve agravada por el hecho de que, si bien en las etapas iniciales de las empresas emergentes de semiconductores, el capital de riesgo se origina en los Estados Unidos, en la etapa de ampliación de la escala, cuando la empresa necesita producir las tecnologías y lograr su adopción, lo que predomina es el capital extranjero (Griffith y Goguichvili, 2021). Además de eso, surge la cuestión relativa al lugar del que provendrá el personal capacitado si los Estados Unidos desean retomar su liderazgo en el sector de los semiconductores. Esto plantea un desafío relacionado con la fuerza de trabajo que tiene consecuencias en lo concerniente a los programas educativos que se necesitarán en los ámbitos de la ingeniería eléctrica y de la formación técnica.

[28] Véase, en general, Johnson (1982).

Consciente de los desafíos geopolíticos y de seguridad que suponen estos sucesos, en 2020, y en el marco de una iniciativa bipartidaria, en 2021 el Congreso aprobó la Ley sobre Creación de Incentivos Útiles para Producir Semiconductores, una importante iniciativa legislativa cuyo objetivo es lograr que los Estados Unidos recuperen su posición de liderazgo en la industria de los semiconductores y que autorizó una partida de 52.000 millones de dólares para posibilitar intervenciones gubernamentales en el sector[29]. Esta iniciativa fue complementada con una rebaja del 25% del impuesto a las inversiones y un programa de garantías sobre préstamos por valor de 75.000 millones de dólares. Recibió financiamiento total en 2022 (como parte de la Ley sobre Ciencia y Creación de Incentivos Útiles para Producir Semiconductores que se examina más adelante) y contó con un sólido apoyo de ambos partidos. Si bien el financiamiento no alcanzará para que los Estados Unidos recuperen su posición como productor predominante, sí debería poner un freno a la disminución de su participación en la producción mundial de semiconductores (Hunt, 2022). La realidad es que los semiconductores son un producto globalizado y eso no cambiará, pero, al promulgar la ley, los Estados Unidos quizás puedan garantizar que un volumen razonable de chips avanzados (necesarios por motivos de seguridad nacional) se fabrique en el país y aumentar en cierta medida su participación en el sector de fabricación de semiconductores. La legislación representó una importante intervención directa del Gobierno en el sector, con un nivel de financiamiento sin precedentes.

Las disposiciones fundamentales de la legislación ofrecen una hoja de ruta que muestra cómo adaptar este enfoque de políticas de innovación industrial a otros sectores donde pudiera ser necesaria una intervención gubernamental similar. Entre estas disposiciones se incluyen las siguientes:

- Apoyo directo a la fabricación por 39.000 millones de dólares en forma de subvenciones para construir, ampliar o modernizar las instalaciones y los equipos nacionales para la fabricación, el armado, las pruebas, el embalaje avanzado o la investigación y el desarrollo en torno a los semiconductores.
- Un programa de créditos al impuesto a las inversiones y de garantías sobre préstamos para las plantas avanzadas de producción.
- Una importante inversión por valor de 11.000 millones de dólares en investigación y desarrollo, incluido el establecimiento de varias APP y centros y programas liderados por el Gobierno, la industria y las universidades en torno a las nuevas tecnologías y embalajes de semiconductores, a fin de fortalecer las capacidades de los Estados Unidos en el sector.
- Creación de hasta tres nuevos institutos de fabricación centrados en la innovación en materia de producción.
- Capacitación de la fuerza de trabajo, con énfasis en los aspectos técnicos y de ingeniería.
- Énfasis especial en las cadenas internacionales de suministro mediante iniciativas centradas en los Departamentos de Estado y de Comercio del gobierno federal.

El apoyo directo a las instalaciones de producción mediante subvenciones otorgadas tras un proceso competitivo es una de las principales diferencias entre esta legislación y las políticas anteriores.

Cabe destacar que, en armonía con la definición de políticas de innovación industrial señalada anteriormente, en la legislación se abordan varios aspectos del desarrollo tecnológico, a saber: la etapa de I+D, a fin de intentar alcanzar el liderazgo en el sector de los semiconductores; las cadenas de suministro, mediante una evaluación de las vulnerabilidades de suministro y la coordinación internacional; el financiamiento de la producción, a fin de establecer la ubicación de las fábricas encargadas de producir chips avanzados en los Estados Unidos; el desarrollo de tecnologías avanzadas

[29] Véanse Congreso de los Estados Unidos (2020a) y Warner (2020).

de fabricación de chips y los embalajes relacionados, y un aspecto de coordinación, que se refleja en iniciativas para forjar acuerdos de cooperación con Asia y Europa con el objetivo de enfrentar los cuantiosos subsidios que China otorga a su industria de semiconductores y para establecer programas de coordinación interinstitucional. Si bien la novedad fue el apoyo directo a la producción, la legislación fue más allá: situó este apoyo a la producción dentro de un enfoque integral en torno a las políticas de innovación industrial.

E. Enfoque basado en las cadenas de suministro

Tras 100 días en funciones, en junio de 2021, la Administración de Biden publicó un exhaustivo informe en respuesta a una orden ejecutiva presidencial anterior titulada "Establecer cadenas de suministro resilientes, revitalizar el sector manufacturero estadounidense y promover un crecimiento de base amplia" (Gobierno de los Estados Unidos, 2021). Los Departamentos de Comercio, de Energía, de Defensa y de Salud y Servicios Humanos cooperaron en la elaboración del informe.

Se trató de un proyecto de planificación que se aplicaría en los años subsiguientes. En el informe se examinaban las deficiencias de las cadenas de suministro nacionales en cuatro sectores, y se formulaban varias recomendaciones para potenciarlas.

Esta iniciativa pone de relieve la participación del Gobierno en las políticas de innovación industrial. Algunos de los aspectos concretos para cada uno de estos cuatro sectores —productos e ingredientes farmacéuticos, baterías avanzadas, minerales críticos y semiconductores— permiten observar la aplicabilidad general de este enfoque.

En el sector de los productos e ingredientes farmacéuticos, los Estados Unidos experimentaron graves problemas de abastecimiento en el ámbito de los equipos de protección personal y otros insumos médicos necesarios durante la pandemia de COVID-19, lo que llevó a tomar una mayor conciencia de los problemas de abastecimiento en el sector médico. En el informe se concluyó que los Estados Unidos habían deslocalizado gran parte de sus capacidades de fabricación de productos farmacéuticos, y se destacó la necesidad de aumentar la resiliencia de las cadenas de suministro, entre otras cosas mejorando la transparencia de las adquisiciones, aumentando la capacidad de respuesta ante emergencias e invirtiendo en la producción nacional. Entre las recomendaciones de política se mencionó la posibilidad de valerse de la Ley de Producción de Defensa con el fin de establecer un consorcio para producir en el territorio nacional una serie de medicinas e insumos esenciales.

Con respecto al sector de las baterías avanzadas, fundamentales para las tecnologías que posibilitan la transición hacia el uso de energías limpias y para las capacidades de seguridad nacional, el informe determinó que el hecho de que la nación dependiera de las importaciones para obtener los elementos necesarios para la fabricación de baterías avanzadas la dejaba expuesta a vulnerabilidades relacionadas con las cadenas de suministro que amenazaban con afectar la disponibilidad y el costo de las tecnologías que dependían de esas baterías. El informe señaló que se necesitaban inversiones en la cadena de suministro para ampliar su escala y aumentar su seguridad y diversificación, y recomendó que el Departamento de Energía elaborara una hoja de ruta nacional para las baterías de litio y un plan decenal para las cadenas de suministro de esas baterías —una sugerencia que ya ha puesto en práctica (Departamento de Energía de los Estados Unidos, 2021b)—, y que estableciera un programa amplio de préstamos para las cadenas nacionales de suministro de baterías y pusiera en marcha una serie de proyectos piloto de baterías para acumulación en sitios federales.

Según el informe, aun si los Estados Unidos diversificaran las fuentes de sus minerales críticos o aumentaran la extracción nacional, seguirían dependiendo de China, que ha captado significativas porciones del valor y las cuentas del sector para controlar una proporción sumamente grande de la capacidad mundial de refinamiento. El informe recomendó que los Estados Unidos se asociaran con sus

aliados para diversificar las cadenas de abastecimiento, y que invirtieran en sus capacidades nacionales de producción, refinamiento y reciclado sostenibles. Se formularon recomendaciones para incentivar las actividades de producción y procesamiento mediante préstamos, subvenciones y acuerdos federales de compra, así como para aumentar las inversiones internacionales en proyectos que garantizaran el acceso a los recursos.

Finalmente, se ofrecieron recomendaciones con relación a los semiconductores. El informe respaldaba las medidas adoptadas en virtud de la Ley sobre Creación de Incentivos Útiles para Producir Semiconductores, que se describen anteriormente.

El informe también dejó claro que esta no debía ser la única medida de apoyo a las cadenas de suministro, y posteriormente la Administración de Biden estableció un Grupo de Expertos sobre Trastornos de las Cadenas de Suministro, una iniciativa de carácter interinstitucional para abordar los desafíos de corto plazo relacionados con estas cadenas en el contexto de la recuperación económica registrada entre 2021 y 2022, la cual hizo especial hincapié en los sectores donde las distorsiones de la oferta y la demanda se habían transformado en un problema económico en 2021: la edificación de viviendas y la construcción, los semiconductores, el transporte, y la agricultura y la alimentación. De esta forma, el alcance del enfoque centrado en las cadenas de suministro se amplió para abarcar las políticas de innovación industrial. En febrero de 2022, la Casa Blanca publicó un informe de seguimiento que incluía informes de la industria elaborados por siete organismos distintos a los que se les habían encargado tareas en virtud del informe inicial de 2021 (Gobierno de los Estados Unidos, 2022a).

Estas iniciativas de planificación y los proyectos interinstitucionales que surgieron de ellas, dirigidos a establecer cadenas de suministro más resilientes, son un indicio de un nuevo nivel de participación gubernamental en las políticas industriales mediante la cartografía de las cadenas de suministro e intervenciones relacionadas.

Como ya se ha señalado, la orden ejecutiva de la Administración de Biden y las actividades que se derivaron de ella se centraron en cuatro esferas específicas, a saber, los productos e ingredientes farmacéuticos, las baterías avanzadas, los minerales críticos y los semiconductores. Estas no fueron las únicas iniciativas relacionadas con las cadenas de suministro; también en la legislación reciente se incluyeron disposiciones relacionadas con dichas cadenas. En virtud de la Ley Bipartidista de Empleo e Inversión en Infraestructura de 2021, se realizaron importantes inversiones en la infraestructura de transporte y en la red de distribución eléctrica de los Estados Unidos, así como en proyectos de demostración de tecnologías. La ley también incluyó normas de amplio alcance en lo referido al contenido nacional, lo que fortaleció los requisitos existentes en materia de adquisición de productos nacionales ("Buy America") a fin de aumentar la resiliencia de las cadenas de suministro en estos ámbitos relacionados con la construcción. La Ley sobre Creación de Incentivos Útiles para Producir Semiconductores (financiada como parte de la Ley sobre Ciencia y Creación de Incentivos Útiles para Producir Semiconductores en 2022) buscó mitigar la drástica disminución de la producción estadounidense de semiconductores y revertir la circunstancia de que la mayor parte de la producción de semiconductores avanzados se había deslocalizado al extranjero, como ya se señaló, para lo cual otorgó apoyo directo a las plantas de fabricación. En ese sentido, el objetivo fue paliar las crecientes preocupaciones sobre la resiliencia del suministro de semiconductores de los Estados Unidos. La Ley de Reducción de la Inflación de 2022 estuvo centrada en gran medida en políticas de descarbonización favorables al clima y, como ya se señaló, dispuso una serie de incentivos tributarios y subsidios al consumo para la adopción de tecnologías de energía limpia, además de establecer disposiciones para dar preferencia a los contenidos producidos en territorio nacional.

En suma, velar por la resiliencia de las cadenas de suministro y por la correspondiente producción nacional se ha transformado en un aspecto esencial de las políticas de innovación industrial de los Estados Unidos.

F. Combinación entre enfoques basados en investigaciones básicas y aplicadas

Una de las metas fundamentales de lo que llegó a ser la Ley sobre Ciencia y Creación de Incentivos Útiles para Producir Semiconductores fue aproximar las actividades de investigación básica a las de investigación aplicada para aprovechar los vínculos entre ambas. Eso marca un cambio con respecto al hincapié que por largo tiempo se hizo en los Estados Unidos en las actividades de investigación básica, según los postulados de Vannevar Bush en 1945 (véase la sección II), para incluir en mayor medida la investigación aplicada (Atkinson, 2021).

El proceso de promulgación de la legislación estuvo repleto de idas y vueltas. Presentada por primera vez en mayo de 2020 como la Ley de Fronteras Sin Fin (en homenaje a Bush), la legislación tenía como objetivo consolidar el liderazgo de los Estados Unidos en materia de innovación científica y tecnológica aumentando las inversiones en el descubrimiento, la creación y la comercialización de las tecnologías del futuro como respuesta a la competencia de China en la esfera de la tecnología de vanguardia (Congreso de los Estados Unidos, 2020b; Young, 2020). Fue revisada en el mes de abril siguiente y se le asignó la totalidad del financiamiento de la Ley sobre Creación de Incentivos Útiles para Producir Semiconductores anterior (tal como se señaló anteriormente), con énfasis en programas aplicados nuevos en la Fundación Nacional de Ciencias y el Departamento de Comercio, y fue aprobada con el apoyo de ambos partidos en junio de 2021.

Mientras tanto, el Comité de Ciencia, Espacio y Tecnología de la Cámara de Representantes de los Estados Unidos aprobó una legislación bipartidista en ciertos aspectos semejante que hacía menos hincapié en la competitividad tecnológica y más en las metas sociales (Congreso de los Estados Unidos, 2021a). En cierto modo, ambos proyectos de ley presentaron aspectos del debate sobre los cometidos de la política industrial que se analizaron anteriormente (véase la sección II).

Tras una conferencia que tuvo lugar a lo largo de varios meses, la legislación definitiva y consensuada —que en gran medida combinó ambos enfoques— fue aprobada en agosto de 2022. Incluía tanto el financiamiento de la Ley sobre Creación de Incentivos Útiles para Producir Semiconductores como importantes disposiciones en materia de ciencia, y fue rebautizada como Ley sobre Ciencia y Creación de Incentivos Útiles para Producir Semiconductores (Congreso de los Estados Unidos, 2022a; COSSA, 2022). Aunque sus disposiciones en materia de ciencia eran autorizaciones, no apropiaciones efectivas de fondos, la ley puso en marcha una serie de nuevas iniciativas en materia de política industrial. Dado que el proyecto contó con el apoyo de ambos partidos, era razonable esperar que con el tiempo se asignarían partidas de fondos para su ejecución.

Las numerosas disposiciones de la ley, algunas de las cuales se describen más adelante, ayudan a entender por qué se trató de un nuevo enfoque en materia de políticas de innovación industrial. Con respecto a la Fundación Nacional de Ciencias, las principales disposiciones de la legislación relativas a la ciencia incluyeron un cambio en las prioridades del organismo (COSSA, 2022):

- Creación de una nueva Dirección de Tecnología, Innovación y Asociaciones en la Fundación, lo que representó un quiebre respecto del enfoque histórico del organismo en la investigación básica para pasar a centrarse en investigaciones traslacionales que fortalecieran la competitividad de los Estados Unidos, acelerando el desarrollo de tecnologías clave para transformarlas en innovaciones científicas y de ingeniería.
- A esta Dirección se le encomendaron las tareas de abordar desafíos sociales, nacionales y geoestratégicos, que iban de la seguridad nacional y la fabricación hasta el desarrollo de la fuerza de trabajo, el cambio climático y el acceso desigual a la educación y las oportunidades, y de promover el desarrollo de diez esferas tecnológicas clave (las cuales se actualizarían de manera periódica en coordinación con otros organismos federales), a saber: la inteligencia artificial, la informática de alto rendimiento, la técnicas avanzadas de fabricación, la

informática cuántica, la ciberseguridad, las tecnologías avanzadas de comunicaciones, la biotecnología, las tecnologías energéticas avanzadas, la prevención de desastres y los materiales avanzados. Esta importante evolución para añadir a la Fundación un enfoque centrado en la tecnología aplicada incluyó otros dos elementos.

- El establecimiento por parte de la nueva Dirección de la Fundación de aceleradores de traslación con universidades y la industria a fin de impulsar las actividades de I+D y de comercialización de las tecnologías fundamentales.
- Creación por parte de la Fundación de bancos de pruebas para potenciar el desarrollo, la demostración y el despliegue de nuevas tecnologías.

Antes de la promulgación de la legislación, la Fundación ya había emprendido un ambicioso proyecto para establecer motores regionales de innovación. El objetivo de esta iniciativa fue acercar la economía de innovación a las regiones geográficas que habían quedado fuera del avance tecnológico de la nación, en un esfuerzo por generar una mayor igualdad geográfica. Si bien la Fundación tenía poca experiencia en la promoción de la innovación a nivel regional, la nueva ley codificó sus iniciativas en esa esfera.

Para subsanar una deficiencia que por largo tiempo había afectado al sistema de innovación estadounidense, también se puso en marcha una nueva estrategia tecnológica que permitiría establecer mejores vínculos entre los programas de investigación básica y aplicada:

- Diseño de una estrategia tecnológica nacional cuatrienal e integral en materia de ciencia y tecnología, a cargo de la Oficina de Política de Ciencia y Tecnología de la Casa Blanca (OSTP), que desempeña el rol de coordinación interinstitucional del Gobierno, y su presentación ante el Congreso. El objetivo era establecer vínculos entre las líneas de investigación básica y aplicada, con especial hincapié en la seguridad económica.
- Elaboración y actualización periódicas por parte de la OSTP de una estrategia nacional de ciencia y tecnología centrada en la seguridad nacional, en apoyo de la Estrategia de Seguridad Nacional existente.
- Un examen cuatrienal realizado por la OSTP de los aspectos generales de los emprendimientos en ciencia y tecnología de la nación.

Todas estas disposiciones podían ser beneficiosas para la competitividad de los Estados Unidos. Además, también había objetivos sociales: por medio de la legislación, en la Fundación Nacional de Ciencias se crearon y ampliaron programas dirigidos a fomentar la participación en la ciencia, a promover la educación en las disciplinas CTIM y a ampliar un importante programa de investigación con reducción de la competencia para que universidades de menor prestigio también pudieran participar en las investigaciones. También se destinaron fondos a satisfacer las necesidades del distrito electoral de universidades de investigación básica de la Fundación (Comité de Comercio, Ciencia y Transporte del Senado de los Estados Unidos, 2022). En el ámbito de la diversidad, la equidad y la inclusión de las minorías y las mujeres, se dispuso que la Fundación debía respaldar las investigaciones científicas que tuvieran en cuenta esas consideraciones, se creó el cargo de Director de Diversidad e Inclusión en la Fundación, se buscaron maneras de brindar más oportunidades para las mujeres y las minorías en los estudios y carreras científicas, se ampliaron las oportunidades universitarias para las mujeres y las minorías, entre otras cosas capacitando a los administradores de las universidades en lo referido a la contratación y evaluación de candidatas mujeres e integrantes de minorías, y se ampliaron los programas piloto para mejorar la diversidad de las instituciones que solicitaban subvenciones de la Fundación (Comité de Comercio, Ciencia y Transporte del Senado de los Estados Unidos, 2022). La diversidad, la equidad y la inclusión también es un objetivo de políticas en las iniciativas regionales de innovación que se analizan en la siguiente sección.

La Ley también asignó importantes responsabilidades nuevas al NIST y a la Administración de Desarrollo Económico del Departamento de Comercio (Comité de Comercio, Ciencia y Transporte del Senado de los Estados Unidos, 2022):

- Creación de centros regionales de tecnología dedicados al desarrollo de tecnologías y a la mejora de la capacidad regional de innovación. Estos centros complementaron las iniciativas regionales de la Fundación Nacional de Ciencias descritas anteriormente.
- Desarrollo del programa piloto Recompete para apoyar a comunidades en situación de crisis permanente mediante actividades de desarrollo económico.
- Mediante una triplicación de los fondos, ampliación del programa MEP del NIST. Los costos del MEP se comparten con los estados, y el programa ayuda a los pequeños fabricantes de cada estado a mejorar sus procesos y tecnologías de fabricación, entre otras cosas en lo referido a la ciberseguridad, la capacitación de la fuerza de trabajo y la resiliencia de las cadenas de suministro.
- Mediante un proceso competitivo en el que participan la industria y las universidades, creación de nuevos institutos de la red Manufacturing USA, responsables de impulsar el desarrollo de las tecnologías de producción y de ampliar la capacidad para la educación y el desarrollo de la fuerza de trabajo.

Además, la Ley también autorizó la asignación de fondos adicionales a los programas de ciencia del Departamento de Energía, tanto de investigación básica como aplicada.

Pese a que su alcance se ha visto reducido con respecto a cómo se concibió originalmente, esta legislación, cuyo objetivo general es mejorar la posición de los Estados Unidos para competir con las importantes iniciativas de tecnología aplicada que se están desarrollando en China, es sumamente relevante (López, 2021; Hammond, 2021). Su atención se centra principalmente en la Fundación Nacional de Ciencias, el único organismo de importancia en los Estados Unidos dedicado a iniciativas generales de I+D básica y que no persigue ninguna misión específica en ámbitos tales como la salud, la energía o la defensa[30]. Si bien la misión de la Fundación no ha sido el desarrollo de tecnologías, la Ley dispone el establecimiento dentro de ella de una subunidad centrada en la tecnología —la nueva Dirección de Innovación y Asociación Tecnológica—, con el objetivo de establecer vínculos entre los ámbitos de la investigación básica y la investigación aplicada. Es por ese motivo por el que esta iniciativa puede definirse como un enfoque nuevo en materia de políticas de innovación industrial. En un escenario ideal, la Dirección de Innovación y Asociación Tecnológica podría ser parte de un sistema más amplio. Los requisitos de planificación estratégica que se establecen en la legislación también podrían ser útiles para establecer vínculos entre la investigación básica y la investigación aplicada.

A diferencia de lo que sucede con las innovaciones científicas, para alcanzar una nueva tecnología es necesario transitar la sucesión de etapas posteriores a la investigación señaladas anteriormente: desarrollo, elaboración de prototipos, realización de pruebas, demostración, ampliación de la escala o pruebas piloto, mercados iniciales y producción plena. La existencia de legislación aplicable a ámbitos distintos a la defensa en la que se reconoce la necesidad de establecer un sistema de innovación es un avance importante, por cuanto esta intenta generar elementos organizacionales compatibles con cada etapa de un proceso sistémico. Ahora el desafío radica en combinar estos nuevos aspectos organizacionales para establecer un sistema nuevo.

[30] El análisis que se realiza aquí se basa en Bonvillian (2021b).

Si la Fundación Nacional de Ciencias logra impulsar iniciativas de tecnología aplicada y traslacional, así como actividades de ciencia fundamental —algo que podría plantear un desafío debido a su cultura centrada en la investigación básica—, y si puede establecer aceleradores tecnológicos y bancos de pruebas funcionales pese a su falta de experiencia con estos mecanismos, surgirán lecciones importantes sobre la manera de lograr avances en este enfoque.

G. Enfoque basado en la aplicación regional

Los centros regionales de tecnología previstos en la Ley sobre Ciencia y Creación de Incentivos Útiles para Producir Semiconductores (como se señaló anteriormente), que se establecen y financian mediante la Administración de Desarrollo Económico del Departamento de Comercio y los programas del NIST, así como los motores regionales de innovación que dependen de la Fundación Nacional de Ciencias, son nuevos elementos programáticos que podrían ser útiles para fomentar la innovación regional, y constituyen otro enfoque en materia de políticas de innovación industrial. Las entidades regionales ofrecen una manera de impulsar la transición para pasar de las etapas de investigación básica y aplicada a la etapa de aplicación, dado que la escala de las innovaciones tiende a ampliarse en los ecosistemas de innovación regionales, no a nivel nacional.

Como se analiza en más detalle en la sección VIII de este trabajo, en general se necesitan ecosistemas regionales para que las innovaciones tengan éxito (Atkinson, Muro y Whiton, 2019; Gruber y Johnson, 2019), pero no existe un enfoque único para establecerlos y respaldarlos, y a menudo estas iniciativas fracasan. En general, los ecosistemas regionales de innovación incluyen centros educativos de nivel universitario e instituciones de investigación que sustentan las actividades de investigación tecnológica y la retención de talentos. El éxito también parece depender de la presencia de un sector público organizado que coopere con el sector privado —que incluye empresas comprometidas con la causa y agrupaciones de empresas de la zona— en la aplicación de una estrategia conjunta. La presencia de empresas grandes con cadenas de suministro conformadas por empresas más pequeñas es otro ingrediente. Las regiones deben aprovechar las fortalezas regionales que ya tienen; no todas las zonas llegarán a ser centros de biotecnología. Otro elemento son los sistemas de formación de los recursos humanos, que permiten constituir un conjunto de trabajadores e innovadores calificados. Para mantener el éxito, también parece ser necesario contar con una gama de capacidades tecnológicas y una diversidad de sectores económicos; si una región se especializa en una única tecnología y eso perjudica el ecosistema, será difícil perpetuar el esfuerzo.

¿Pueden la Fundación Nacional de Ciencias y el Departamento de Comercio establecer centros regionales de innovación productivos que permitan aplicar tecnologías y favorezcan la igualdad económica regional? Se trata de un desafío particularmente complejo, si bien la gama de opciones analizadas anteriormente brinda orientación en torno a las políticas que han sido de utilidad para algunas regiones estadounidenses. En la sección VIII se ofrecen más detalles sobre políticas eficaces. Es probable que algunos de estos experimentos tengan buenos resultados, y otros no. La Administración de Desarrollo Económico del Departamento de Comercio tiene varias décadas de experiencia en la promoción de nueva infraestructura y del desarrollo en diversas regiones. Sin embargo, tradicionalmente la Fundación Nacional de Ciencias ha sido un organismo dedicado a la ciencia, y tiene poca experiencia como promotor de la innovación regional. Ni los centros regionales de tecnología de la Administración de Desarrollo Económico (con el NIST) ni los motores de innovación de la Fundación Nacional de Ciencias cuentan con los recursos necesarios, y acceder a un nivel de financiamiento adecuado planteará un desafío para ambos programas, sobre todo debido al cambio de control partidario en la Cámara de Representantes que se produjo en 2023. La Fundación sí dispone de fondos para las primeras adjudicaciones, y se está desarrollando una competencia inicial dirigida a las regiones que carecen de economías de innovación sólidas (Mervis, 2023). En total, 34 equipos regionales están compitiendo para recibir, en el otoño de 2023,

una de las primeras cinco adjudicaciones de la Fundación —cada una por 15 millones de dólares y un plazo de dos años—, y está previsto que se asignen otras a lo largo de una década si la Fundación recibe fondos adicionales. La Administración de Desarrollo Económico recibió una partida inicial de financiamiento de 500 millones de dólares para sus centros de tecnología, y publicó un llamado para la adjudicación de fondos al que las regiones podrán presentarse en mayo de 2023 (Administración de Desarrollo Económico de los Estados Unidos, 2023). Si aumentan los fondos destinados a los programas regionales de la Fundación Nacional de Ciencias y de la Administración de Desarrollo Económico y el NIST, podrán extraerse enseñanzas importantes de esa iniciativa.

H. Síntesis

Aunque el Departamento de Defensa viene aplicando desde hace tiempo un sistema de políticas industriales que implica intervenciones económicas en varias de las etapas del proceso de innovación, en general el Gobierno de los Estados Unidos no ha utilizado este mecanismo en la economía civil. Por supuesto, hay antecedentes históricos, como se analizó en la sección III de este trabajo. Entre estos se cuentan los programas diseñados para responder al avance del Japón en el diseño de tecnologías y procesos productivos de calidad en la década de 1980, el desarrollo de tecnologías energéticas en la década de 2000 y las iniciativas para establecer institutos de técnicas de fabricación avanzadas con posterioridad a 2012. Con todo, la enorme diversidad de políticas de innovación industrial nuevas impulsadas entre 2020 y 2022, que se basaron en los siete enfoques subyacentes reseñados en esta sección, no tiene precedentes.

Quizás algunos no puedan desarrollarse a plenitud debido a la falta de financiamiento. Otros podrían poner en marcha un período nuevo y más abarcador de enfoques de políticas de innovación industrial que trasciendan los ejemplos analizados.

Al examinar estos nuevos enfoques, queda claro que se necesitarán mecanismos operacionales fundamentales para organizarlos de una manera que garantice que se logren los mejores resultados. En efecto, lo que se necesita es una nueva infraestructura de apoyo. Los Estados Unidos deberán adoptar un modelo basado en sistemas de innovación y reevaluar el modelo lineal utilizado anteriormente. Será necesario abordar la innovación desde una perspectiva dinámica que tome en cuenta la interdependencia de los componentes, los flujos, la organización y las políticas subyacentes. En el enfoque deberán tenerse en cuenta las barreras y los obstáculos a estos flujos necesarios, y los organismos cooperantes deberán ofrecer soluciones. Un modelo de organismos compartimentados no será suficiente. Será necesario apoyo para aumentar la escala.

Las políticas de innovación industrial son un proceso complejo en el que participan varios actores, y exigen una planificación cuidadosa, programas fundacionales sólidos y un espíritu emprendedor. Exigen una infraestructura nueva y sólida. Como el Pentágono descubrió hace ya un largo tiempo, no alcanza con tener las piezas; también es necesario construir el sistema.

VI. La nueva infraestructura necesaria para las políticas de innovación industrial de los Estados Unidos

Los siete nuevos enfoques en materia de políticas de innovación industrial que se analizan en este trabajo enfrentan el desafío de conseguir el apoyo continuo de la opinión pública y de las autoridades. También existe otro desafío fundamental. Los programas como este, que funcionan en varios niveles de innovación, no son suficientes. Para que un programa de políticas de innovación industrial funcione, se necesita un marco más amplio que aplique una serie de principios organizacionales rectores, es decir, nuevos mecanismos operativos que equivalgan, como se sugirió anteriormente, a un nuevo tipo de infraestructura.

Cuando se han intentado en el pasado, los enfoques de política industrial de los Estados Unidos fuera del ámbito de la defensa, en particular las demostraciones de nuevas tecnologías energéticas, en ocasiones han fracasado. Lograr que estos nuevos programas alcancen sus objetivos supone fortalecer el sistema de innovación mediante una serie de mecanismos operacionales nuevos. Se trata de un ámbito inestable, donde los Estados Unidos aún no han sentado las bases que les permitan establecer proyectos sólidos ni cuentan con una base de talentos que sepa cómo ponerlos en marcha. Un examen de los siete enfoques de políticas de innovación industrial descritos permite definir una serie de mecanismos operacionales fundamentales y principios organizacionales rectores que deberían aplicarse a estos programas. Tales mecanismos y principios constituyen requisitos de infraestructura esenciales para el buen funcionamiento de los programas de políticas industriales. Se necesitan esfuerzos en tres esferas generales: la adopción de medidas que mejoren la infraestructura organizacional para lograr la innovación necesaria, la infraestructura para ampliar la escala de la nueva tecnología o proceso, y la infraestructura de evaluación de los resultados de la política. A continuación se examinan esas iniciativas y sus principales aspectos.

A. Infraestructura organizacional

1. Coordinación interinstitucional

Comencemos con un ejemplo. Hay varios organismos que ya desarrollan actividades en el sector de I+D de los semiconductores. Si bien la Ley sobre Creación de Incentivos Útiles para Producir Semiconductores asignó al NIST del Departamento de Comercio la importante responsabilidad de administrar la mayor parte de la partida de 52.000 millones de dólares para nuevas instalaciones y actividades de I+D, en el pasado el Departamento de Defensa ha liderado las iniciativas gubernamentales en el sector de los semiconductores. Estas iniciativas han ido desde la función preliminar del Departamento de Defensa de crear los primeros mercados para los circuitos integrados hasta el rol del DARPA en la coordinación del diseño de los semiconductores y su apoyo a SEMATECH, que rescató a la industria de los Estados Unidos a principios de la década de 1990. En los últimos años, el Departamento de Defensa respaldó la creación de un "programa de fundiciones confiables" y propuso el uso de una "garantía cuantificable" para producir chips para sistemas de defensa en plantas de producción seguras de los Estados Unidos[31], el programa Microelectronics Commons para la producción de prototipos de semiconductores y el establecimiento de centros de innovación (Departamento de Defensa de los Estados Unidos, 2024), y la Iniciativa para el Resurgimiento de la Electrónica, un programa del DARPA iniciado en 2017 y actualmente en curso que busca restaurar el liderazgo tecnológico en el ámbito de la microelectrónica y los semiconductores (DARPA, 2023). También participan otros organismos, como la Fundación Nacional de Ciencias y el Departamento de Energía. La Fundación financia su propia cartera de investigaciones en este ámbito mediante su dirección de ciencias informáticas y, de conformidad con la Ley sobre Creación de Incentivos Útiles para Producir Semiconductores, debe promover actividades de I+D en la esfera de los semiconductores y la capacitación de la fuerza de trabajo. El Departamento de Energía ha sido por largo tiempo el líder del desarrollo tecnológico del Gobierno en materia de la supercomputación.

La OSTP coordina las tareas de I+D entre los organismos y puede establecer comités para que atiendan cuestiones vinculadas con la tecnología mediante el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (NSTC), un organismo a nivel del gabinete que está bajo su supervisión. Pero la OSTP no participa directamente en la definición de los presupuestos de los organismos dedicados a la ciencia, por lo que carece de una herramienta clave para garantizar la cooperación entre ellos. Además, los organismos rinden cuentas a numerosos organismos con misiones separadas y a los subcomités de apropiaciones del Congreso que los financian, y los recursos no pueden pasar de un organismo a otro; los comités de apropiaciones no lo permitirían. Por lo tanto, la colaboración no es sencilla en el sistema científico estadounidense descentralizado; de hecho, alguna vez alguien definió la coordinación interinstitucional en Estados Unidos como una contradicción en sí misma. Si bien esta coordinación es vital en la esfera de las políticas de innovación industrial, los Estados Unidos disponen de pocas herramientas para alcanzarla.

Sin embargo, la Operación Warp Speed ofrece un ejemplo de cómo superar con éxito este problema. En ese programa, se convocó a dos líderes respetados para que encabezaran una iniciativa independiente e interinstitucional: un experto en el desarrollo de vacunas y un general del Ejército experto en logística de distribución, ambos con amplia experiencia en sus respectivos sectores. El grupo de expertos se estructuró en torno a una misión específica —el desarrollo de vacunas— y estaba conformado por funcionarios con conocimientos especializados pertinentes que trabajaban en el Departamento de Salud y Servicios Humanos, en los CDC, en la FDA, en los Institutos Nacionales de Salud y en el Departamento de Defensa. Rendían cuentas al nuevo equipo de liderazgo, pero mantuvieron los vínculos con sus organismos para poder coordinar los insumos suministrados por estos. Por encima del grupo de expertos había un panel de secretarios del gabinete responsable de otros

[31] Véanse, por ejemplo, DMEA (2022), Coleman (2023), Lapedus (2018) y Ortiz (2016).

aspectos de la misión y liderado por el Secretario de Salud y Servicios Humanos. El grupo de expertos tenía un presupuesto propio dentro de ese departamento. Los integrantes del grupo de expertos que eran funcionarios de organismos podían valerse de las autoridades disponibles en su organismo en materia de políticas y programas para apoyar la misión de desarrollo de vacunas del grupo.

Utilizar una organización similar que sea independiente, que tenga una misión y que se asemeje a un grupo de expertos, no una estructura de comité más flexible, podría ser útil en otros ámbitos de las políticas de innovación industrial donde se necesita coordinación entre organismos.

2. Establecer vínculos entre las actividades de investigación básica y aplicada

Las diversas políticas de innovación industrial descritas anteriormente exigen un enfoque centrado en la labor aplicada, pero si las iniciativas van a extenderse por plazos más prolongados, deben estar vinculadas a etapas más tempranas de la investigación en los organismos de I+D. Si los proyectos aplicados no incluyen datos sobre las investigaciones en curso, con el tiempo pierden el rumbo y se vuelven menos productivos. La Ley sobre Creación de Incentivos Útiles para Producir Semiconductores, por ejemplo, intenta crear estos vínculos promoviendo iniciativas para construir fábricas nuevas y modernas de semiconductores, así como un importante programa de I+D en torno a las tecnologías fundamentales necesarias para las siguientes etapas de la innovación. Las políticas de innovación industrial no se limitan a la aplicación, sino que también deben integrar las etapas iniciales de la investigación. Garantizar la existencia de vínculos entre las investigaciones será fundamental para las iniciativas de ciencia aplicada en curso y de largo plazo.

3. Integración entre los organismos, la industria y las universidades

Todas las iniciativas de innovación examinadas aquí deben implementarse en el sector privado. No son como los proyectos tecnológicos Manhattan o Apolo, que se emprendieron solo para que el Gobierno cumpliera una misión. Por lo tanto, será necesario que estén plenamente integradas a las iniciativas de la industria. Esta es la trayectoria de establecimiento de vínculos que deben seguir el sector de los semiconductores, la Ley Fronteras Sin Fin, la Ley sobre Ciencia y Creación de Incentivos Útiles para Producir Semiconductores, los proyectos de demostración del Departamento de Energía y los programas para velar por la seguridad de las cadenas nacionales de suministro de tecnología. La Operación Warp Speed ofrece un buen ejemplo de una colaboración estrecha entre el Gobierno y los fabricantes de vacunas del sector privado, al punto que se asignó a funcionarios gubernamentales a trabajar en varias de las empresas participantes para ayudarlas a entender y acelerar los exámenes regulatorios. Para el éxito de la ejecución, es importante que los asociados de la industria participen activamente y estén comprometidos; de lo contrario, los proyectos inevitablemente fracasarán. Por lo tanto, el papel de los líderes de la industria es clave para garantizar una participación eficaz.

En los programas que impulsan la transición de las tecnologías desde la etapa de la investigación hasta su aplicación, como sucede en el caso de los avances en el sector de los semiconductores y las nuevas tecnologías previstas en la Ley sobre Ciencia y Creación de Incentivos Útiles para Producir Semiconductores, es preciso que las investigaciones universitarias, los organismos gubernamentales y la industria estén integrados. Estas iniciativas de cooperación son complejas, y la integración estrecha entre los tres principales actores —la industria, las universidades y el gobierno— es clave. Como ya se señaló, la Operación Warp Speed brinda ejemplos de ello.

4. Capacitar a los agentes de cambio con habilidades de gestión de proyectos, no solo de investigación

Debido a que la innovación no es un proceso automático, el papel de los agentes de cambio en las innovaciones complejas es clave[32]. Incluso si los elementos de un sistema de innovación están en su lugar, se necesitan uno o varios catalizadores para impulsar los cambios y establecer los vínculos requeridos, de la misma manera que una orquesta necesita un director. El equipo responsable de la creación y supervisión de la Operación Warp Speed es un buen ejemplo del papel de estos agentes de cambio. Algunas de las características de los gerentes de programas del DARPA que fueron exitosos resultan pertinentes. Deben estar facultados con la autoridad para cumplir su misión; deben tener visión y estar listos para detectar nuevas oportunidades de innovación; deben tener un sólido perfil empresarial; deben estar plenamente dedicados a su iniciativa de innovación, y deben ser colaboradores eficaces y capaces de trabajar con equipos compuestos por otros innovadores y de dirigirlos[33]. Está claro que, para los proyectos de políticas industriales, se necesitarán agentes de cambio con capacidad de liderazgo.

El equipo de talentos también necesita otras competencias. Si bien se necesitan investigadores talentosos, el hecho de que las políticas de innovación industrial van más allá de la investigación implica que el equipo de talentos también necesita otras habilidades. Como se analiza en la sección sobre los proyectos de demostración del Departamento de Energía, también se necesitan conocimientos especializados en materia de gestión, diseño y financiamiento de proyectos. Asimismo, como quedó demostrado a través de la Operación Warp Speed, también podría ser fundamental contar con personas que tengan conocimientos especializados en materia de trámites burocráticos y que comprendan las características de las autoridades jurídicas y de contratación. Comprender el panorama de la innovación regional también podría ser fundamental, como lo ilustran los proyectos abarcados en la Ley sobre Ciencia y Creación de Incentivos Útiles para Producir Semiconductores. El hecho es que este tipo de proyectos exigirá un nuevo conjunto de habilidades que van más allá de las destrezas en I+D y abarcan una gama de habilidades relacionadas con el desarrollo, la ampliación de la escala, el financiamiento y la producción de tecnologías. Asignar a científicos e ingenieros con una formación tradicional para que ocupen cargos de liderazgo no tiene buenos resultados; hacen falta nuevas iniciativas de educación para formar a los agentes de cambio necesarios. No se dispone de esta base de talentos fuera del Departamento de Defensa, por lo que es necesario establecerla sin demora.

5. Educación para la fuerza de trabajo técnica

En los Estados Unidos, el sistema de educación para la fuerza de trabajo técnica en general no funciona[34]. Sin embargo, no pueden implementarse nuevas tecnologías si no existe una fuerza de trabajo capacitada con las habilidades necesarias. Los problemas generales incluyen los siguientes: se observa un desacople entre el sistema educativo y el mundo del trabajo; hasta hace poco, el Gobierno y los empleadores han reducido sus inversiones en la formación de la fuerza de trabajo; los programas de formación del Departamento de Trabajo no enseñan habilidades técnicas avanzadas ni llegan a los trabajadores activos que necesitan mejorar sus destrezas; los programas del Departamento de Educación se centran en las necesidades de las universidades, no de los trabajadores, y no se vinculan con los programas del Departamento de Trabajo; se ha producido un desmantelamiento generalizado de los programas de educación profesional en las escuelas secundarias; las universidades comunitarias carecen de los fondos y los recursos necesarios para brindar capacitación avanzada en nuevos ámbitos, y sus tasas de egreso son demasiado bajas; los centros terciarios y las universidades no participan en la formación de la fuerza de trabajo; no existe ningún sistema de aprendizaje permanente; los programas avanzados de educación técnica (en la Fundación Nacional de Ciencias y en los institutos avanzados de

[32] El papel de los agentes de cambio en la innovación se analiza en Bonvillian y Weiss (2015).
[33] Véase, en general, Bonvillian, VanAtta y Windham (2020).
[34] Los problemas y las soluciones en torno a la educación de la fuerza de trabajo se examinan en Bonvillian y Sarma (2021a).

fabricación) no cuentan con fondos suficientes, y el sistema de información sobre el mercado laboral no funciona. Agrava estos problemas el hecho de que los actores existentes están en un sector "tradicional": el sector de la educación, que existe desde hace mucho, es difícil de cambiar.

Con todo, se necesitan nuevas políticas y hay disponibles herramientas nuevas para impulsar este cambio. Estas reformas podrían incluir las siguientes:

- Adoptar nuevas tecnologías de educación, como la educación en línea, la realidad virtual y aumentada, los juegos de computadora y, con el tiempo, las tutorías digitales, a fin de ayudar a ampliar la escala de los programas dirigidos a la fuerza de trabajo.
- Diseñar cursos cortos adaptados a las limitaciones de horario de los trabajadores activos y de aquellos que tienen familias e impartirlos en escuelas técnicas y mediante programas de capacitación. Estos programas deberían poder acreditarse mediante certificados y diplomas técnicos.
- Crear programas en escuelas técnicas no solo para los estudiantes que asisten a ellas, sino también para los trabajadores activos y para estudiantes de escuela secundaria.
- Establecer pasantías u otras oportunidades de formación práctica para derribar los obstáculos que impiden trabajar y aprender a la vez, para personas en las franjas de edad correspondientes a la educación secundaria o las escuelas técnicas.
- Crear mecanismos que permitan que la industria, los educadores y los gobiernos estatales y locales se coordinen para establecer programas regionales para la fuerza de trabajo.
- Mejorar las reducidas tasas de egreso de las escuelas técnicas mediante programas estatales de ayuda para el pago de matrículas y la incorporación de cursos de nivelación y orientación vocacional.
- Crear nuevas escuelas secundarias técnicas e integrales a nivel estatal y local.
- Fomentar una mayor participación de los empleadores en la educación de la fuerza de trabajo mediante consorcios de la industria que permitan ofrecer pasantías y faciliten el diseño por parte de los empleadores de programas de formación y normas.
- Diseñar nuevos planes de estudio para disciplinas avanzadas mediante consorcios formados por universidades, la industria y escuelas técnicas.
- Diseñar un sistema de información sobre el mercado de trabajo en línea usando datos de los organismos federales.

Se trata de iniciativas claramente ambiciosas, pero no alcanza con adoptar una única medida para cambiar el sistema a un grado suficiente; se necesita un enfoque que aborde el sistema desde una perspectiva global. En cada programa de innovación industrial nuevo, también deben incluirse aspectos relativos a la educación de la fuerza de trabajo que reflejen un enfoque sistémico.

6. Certificación y validación de tecnologías

Aunque el sector de las ciencias de la salud tiene un proceso de certificación de tecnologías —a saber, el proceso de aprobación de la FDA, que goza de aceptación y reconocimiento plenos—, ningún otro sector tiene un mecanismo similar. El mecanismo es un sistema de validación de tecnologías ampliamente aceptado. La aprobación de la FDA garantiza una adopción inmediata en el mercado, lo que la transforma en una herramienta de innovación sumamente eficaz, capaz de crear mercados rápidamente. El paso preliminar a la obtención de la aprobación plena de la FDA, la autorización de uso de emergencia (EUA), es una certificación tecnológica que tuvo una importancia clave para el éxito de

la Operación Warp Speed, ya que limitó los efectos de la pandemia y permitió alcanzar rápidamente una tasa de vacunación completa superior al 70% entre la población de adultos. Existen certificaciones de seguridad en varios ámbitos, entre ellos la aviación, a través de la Administración Federal de Aviación, la energía, mediante las normas de eficiencia energética emitidas por el Departamento de Energía, y certificaciones de seguridad eléctrica para varios productos eléctricos. No obstante, estas se limitan a esferas específicas y no son certificaciones tecnológicas amplias de "utilidad". No existe ninguna certificación equivalente fuera del sector de la salud, pero su eficacia sugiere que, cuando el Gobierno aplica enfoques de políticas de innovación industrial, convendría contar con certificaciones tecnológicas o mecanismos de validación similares. Por ejemplo, la red de prestigiosos laboratorios federales en cooperación con la industria podría desempeñar en este ámbito una función comparable a la que los laboratorios Fraunhofer (Bonvillian y Singer, 2018) desempeñan en la industria alemana en lo referido a la validación de tecnologías.

B. Infraestructura para ampliar la escala

1. Adopción de técnicas avanzadas de fabricación

Una debilidad de los diversos programas de innovación industrial basados en políticas que se analizan aquí es que carecen de sistemas sólidos de fabricación que permitan ampliar la escala de las nuevas tecnologías. Todas las políticas industriales dependen de la existencia de un sistema de fabricación sólido; cuando el sistema no es reforzado ni incorpora las eficiencias que ofrecen las tecnologías avanzadas de fabricación, las iniciativas tienden a fracasar. Como se señaló en la sección en la que se analizan las recientes iniciativas en materia de fabricación, la productividad manufacturera de los Estados Unidos ha caído a niveles históricamente bajos durante los últimos 15 años, y las inversiones de capital en plantas y equipos han disminuido en la misma medida. Estos declives indican que en lo referido a la adopción de tecnologías y procesos avanzados de fabricación, los Estados Unidos van a la zaga de sus principales competidores, cuya productividad es superior.

Las actividades manufactureras deben considerarse parte del proceso de innovación, una perspectiva que, a diferencia de sus principales competidores industriales, los Estados Unidos no han adoptado. Varias de las seis iniciativas analizadas anteriormente se centran en la aplicación de tecnologías avanzadas, y sin embargo, como ya se señaló, en 2022 los Estados Unidos acumularon un enorme y creciente déficit de 244.000 millones de dólares en productos de tecnología avanzada (Oficina del Censo de los Estados Unidos, 2022). Esto sugiere que algunos de estos programas pendientes de políticas industriales sobre tecnologías avanzadas simplemente no cumplirán sus objetivos. Es una señal de que, para que estos programas funcionen, será fundamental adoptar un enfoque renovado basado en tecnologías avanzadas de fabricación, si bien estos programas, como el programa de institutos avanzados de fabricación, no han recibido demasiada atención de las Administraciones de Trump y Biden; las medidas adoptadas para aumentar el alcance de este programa se describen en la sección III. La capacidad de fabricación es una brecha fundamental que debe cerrarse. Fortalecer el sector manufacturero en general y aplicar tecnologías y procesos de fabricación avanzados será un fundamento clave para los programas de políticas de innovación industrial; sin este fundamento reforzado, esos programas no pueden funcionar.

2. Pruebas y demostraciones de tecnologías

Aunque a menudo numerosos prototipos evolucionan, solo unos pocos en última instancia funcionan bien. Por lo tanto, las pruebas y las demostraciones son etapas fundamentales de la innovación, claves para ampliar su escala. El Departamento de Defensa, que desde hace tiempo aplica enfoques de política industrial, los incorpora en prácticamente la totalidad de sus programas de desarrollo de tecnologías, algo que a menudo no sucede en las iniciativas de organismos civiles. Las pruebas y las demostraciones

también son fundamentales para la comercialización; las empresas y los usuarios no estarán interesados en una tecnología a menos que haya sido probada y validada. Es por esto por lo que mejorar las capacidades de realización de pruebas y demostraciones en el Departamento de Energía es fundamental si se desea desarrollar y adoptar nuevas tecnologías y procesos en materia de baterías, energía nuclear avanzada y recursos renovables para lograr la descarbonización de la industria (Hart, 2021). Esta es la lógica que sustenta el nuevo programa de demostraciones del Departamento de Energía previsto en la Ley Bipartidista de Empleo e Inversión en Infraestructura de 2021. También será clave para la Ley Fronteras sin Fin/Ley sobre Ciencia y Creación de Incentivos Útiles para Producir Semiconductores en lo referido a las nuevas tecnologías que respaldará, y por eso se incluye en ella.

3. Financiamiento para la ampliación de la escala

Las iniciativas de políticas de innovación industrial podrían frenarse bruscamente a menos que haya financiamiento disponible para los proyectos tecnológicos requeridos. Existe una diversidad de modalidades de financiamiento que podrían ser adecuadas para ampliar la escala de proyectos específicos, entre ellos los préstamos, los contratos garantizados y los incentivos tributarios. Por ejemplo, los contratos garantizados fueron esenciales para aumentar con rapidez la escala de la producción de vacunas durante la Operación Warp Speed. El programa de demostraciones del Departamento de Energía se basa en las facultades que le otorga su Oficina de Programas de Préstamos, al igual que las iniciativas de desarrollo de materiales y minerales esenciales que se prevén en la iniciativa para garantizar el acceso a tecnologías y materiales nacionales de importancia clave. En la iniciativa sobre semiconductores se conceden créditos al impuesto a las inversiones y garantías sobre los préstamos como herramienta para financiar la construcción de fábricas y fundiciones. Para lograr que las técnicas avanzadas de fabricación se transformen en un aspecto fundamental de las iniciativas de políticas industriales, se necesitará otorgar financiamiento para la adquisición de equipos avanzados de fabricación nuevos, en particular a los fabricantes de pequeño y mediano porte. Reconociendo esta brecha, en 2021 el Senado aprobó legislación para establecer una corporación de financiamiento industrial para invertir en técnicas de fabricación innovadoras (Coons, 2021). Otra alternativa es que el Banco de Exportación e Importación de los Estados Unidos (EXIM), un banco de financiamiento perteneciente al Gobierno que se dedica a la promoción de las exportaciones y que está facultado para otorgar préstamos de hasta 80.000 millones de dólares, desarrolle mecanismos nacionales para el otorgamiento de préstamos a fin de satisfacer las necesidades de fabricación del país. Esta opción fue respaldada por la Casa Blanca en 2022 para ayudar a garantizar el funcionamiento de las cadenas de suministro esenciales (Gobierno de los Estados Unidos, 2022b). Todos estos aspectos subrayan la importancia del financiamiento como piedra angular de las iniciativas de políticas de innovación industrial eficaces.

4. Adquisiciones

La mayoría de los mecanismos señalados para llevar adelante políticas de innovación industrial se centran en el componente de la oferta para promover el desarrollo tecnológico. ¿Qué hay sobre el componente de la demanda? El Gobierno dispone de una herramienta adicional: sus amplios programas de adquisiciones, que pueden aplicarse a productos y tecnologías nuevos e innovadores[35]. Si la acción del Gobierno no se limita simplemente a apoyar el desarrollo de tecnologías, sino que incluye la creación de un mercado inicial, algo que hace con frecuencia en el caso de las nuevas tecnologías del sector de la defensa, se facilita la ampliación de la escala y la adopción de las nuevas tecnologías y sistemas. Las adquisiciones y programas federales desempeñan un papel clave en los sectores de la defensa y la salud; la adquisición acelerada de vacunas que posibilitó la Operación Warp Speed es un buen ejemplo. Las características de la demanda también orientan los nuevos procesos de producción industrial, y el

[35] Véase, por ejemplo, Robyn (2022).

gobierno federal puede valerse de su influencia sobre la demanda. Por ejemplo, aunque la producción destinada al sector de la defensa representa apenas una proporción pequeña de la producción manufacturera total, un porcentaje llamativamente grande de fabricantes dependen de algún tipo de contrato de defensa. Por lo tanto, las adquisiciones en el sector de la defensa pueden impulsar importantes avances en los procesos de producción al exigir a los contratistas que adopten tecnologías modernas de fabricación. El uso eficaz de las adquisiciones federales puede desempeñar un papel importante en la creación de mercados iniciales para las nuevas tecnologías y ayudar a estructurar la demanda, un proceso clave para aumentar la escala de las nuevas tecnologías.

5. Cartografía de las cadenas de suministro y cierre de las brechas

Al establecer un sistema de innovación basado en enfoques de política industrial, no puede tener deficiencias; se necesitan vínculos sólidos a través de todo el sistema para ampliar la escala de las nuevas tecnologías. El proceso de elaborar una cartografía de las cadenas de suministro puede ser clave para lograr un sistema que funcione. Esta cartografía, y los esfuerzos correspondientes para subsanar las deficiencias, fue clave para la Operación Warp Speed. Se ha demostrado su importancia fundamental para las iniciativas dirigidas a establecer cadenas de suministro nacionales para las tecnologías y materiales más importantes, y es claro que se necesitará en el sector de los semiconductores, en las demostraciones de tecnología del Departamento de Energía, en las disposiciones sobre el clima de la Ley de Ajuste de la Inflación y para las tecnologías previstas en la Ley Fronteras sin Fin/Ley sobre Ciencia y Creación de Incentivos Útiles para Producir Semiconductores.

Es necesario incorporar la totalidad de estos elementos si el objetivo es ampliar la escala de las nuevas tecnologías para llevarlas a las etapas de producción y aplicación.

C. Infraestructura de evaluación

Una vez se hayan reunido los elementos organizacionales y de ampliación de escalas que se necesitan para emprender políticas de innovación industrial eficaces, queda algo más por hacer. Es necesario establecer infraestructura para evaluar, examinar y mejorar de forma continua estos elementos, a fin de garantizar la correcta ejecución de los programas. Las políticas de innovación industrial implican mucho más que llevar adelante un proyecto de I+D; suponen un número mucho más grande de actores provenientes de una diversidad de sectores, y exigen una estrecha coordinación entre ellos. Estos desafíos que plantean los programas de innovación implican que inevitablemente se producirán fracasos, pero es importante transformarlos en experiencias de aprendizaje que permitan introducir correcciones y mejoras. Contar con un proceso de evaluación continua que genere lecciones aprendidas es clave para el éxito de las políticas de innovación industrial.

Tres programas de los Estados Unidos ilustran el funcionamiento de los procesos de evaluación de la calidad. El Programa de Tecnología Avanzada funcionó dentro del NIST de 1991 a 2007, y un programa sucesor funcionó hasta 2011. A través del Programa se brindaba apoyo a las empresas que desarrollaban nuevas tecnologías en las etapas iniciales de la investigación, y su sistema de evaluación era particularmente destacable. El Programa buscaba medir los impactos de los proyectos de desarrollo tecnológico que financiaba y a la vez entender las relaciones subyacentes entre los cambios tecnológicos y las repercusiones económicas, a fin de generar lecciones aprendidas que pudieran usarse en el programa para aumentar sus beneficios sociales (Ruegg, 2008; Ruegg y Feller, 2003). Las herramientas de evaluación del Programa iban desde el desarrollo de modelos hasta la realización de encuestas, la compilación de bases de datos y la realización de estudios de caso macroeconómicos y de análisis estadísticos y econométricos. Las métricas aplicadas incluían tasas de rendimiento privadas, sociales y públicas que se utilizaban para determinar los beneficios sociales atribuibles al programa. También analizaba las trayectorias de derrame tecnológico, los beneficios y los costos de

la colaboración, las cuestiones vinculadas con el financiamiento de la tecnología y los nuevos modelos de evaluación. Un estudio de la Wessner (2001) sobre el Programa de Tecnología Avanzada fue otro intento de evaluar sus iniciativas y brindar retroalimentación. En el estudio se examinaron los resultados de 50 adjudicaciones del Programa, se realizaron evaluaciones detalladas de sus principales iniciativas conjuntas y se describió su proceso de selección de proyectos. Los enfoques de evaluación del Programa de Tecnología Avanzada y el estudio de Wessner ofrecen modelos para los programas de políticas industriales.

En el marco de ARPA-E, el programa del Departamento de Energía para el desarrollo de tecnologías energéticas de vanguardia, también se han emprendido evaluaciones detalladas de los resultados de sus programas, y se han publicado tres volúmenes de estudios sobre sus efectos (ARPA-E, 2018 y 2017). Mediante el ARPA-E, también se elaboran informes técnicos detallados sobre los resultados de las investigaciones realizadas[36]. Las Academias Nacionales de Ciencias, Ingeniería y Medicina también emprendieron una evaluación operacional y técnica de los programas y adjudicaciones de ARPA-E (Academias Nacionales de Ciencias, Ingeniería y Medicina, 2017). También evaluaron, en una larga serie de informes, los resultados del Programa de Investigación de Innovación para Pequeñas Empresas (SBIR) administrado por los principales organismos de I+D[37]. A través del programa SBIR, se brinda apoyo a los proyectos de I+D en tecnología desarrollados por empresas pequeñas y emergentes, y las Academias Nacionales de Ciencias, Ingeniería y Medicina se han encargado de la evaluación de sus programas.

Las nuevas políticas de innovación industrial han comenzado a aplicarse hace poco, y aún es muy pronto para evaluarlas. Pero las iniciativas Programa de Tecnología Avanzada, ARPA-E y SBIR llevaron adelante evaluaciones detalladas de los resultados de sus actividades y ofrecen modelos sobre cómo podría emprenderse ese proceso en el marco de las nuevas políticas. Esto podría ayudar a garantizar que las lecciones aprendidas puedan reutilizarse a fin de mejorar los programas de manera continua.

[36] Véanse los estudios enumerados en ARPA-E (2022).
[37] Véanse, por ejemplo, Academias Nacionales de Ciencia, Ingeniería y Medicina (2022a, 2022b y 2020).

VII. Resumen de las nuevas políticas de innovación industrial de los Estados Unidos

Entre 2020 y 2022, los Estados Unidos diseñaron una serie de políticas de innovación industrial nuevas que representaron una inversión superior al medio billón de dólares, lo que reflejó un sólido compromiso con los enfoques basados en políticas industriales a una escala mucho mayor que cualquier otra iniciativa emprendida antes, con la excepción de los programas del Departamento de Defensa. Dichas políticas no se limitaron a la etapa de I+D del desarrollo tecnológico, sino que también se aplicaron en las etapas subsiguientes de implementación de la tecnología. Como ya se señaló, la nueva iniciativa incluyó seis importantes programas nuevos de innovación industrial: la operación Warp Speed, para la aceleración del desarrollo de vacunas contra el COVID-19; la Ley sobre Creación de Incentivos Útiles para Producir Semiconductores, para revitalizar la capacidad tecnológica de los Estados Unidos en la fabricación de semiconductores; la Ley Bipartidista de Empleo e Inversión en Infraestructura de 2021, que incluyó importantes demostraciones de tecnologías energéticas; la iniciativa del poder ejecutivo para establecer cadenas de suministro resilientes, orientada a mejorar las cadenas de suministro en cuatro esferas tecnológicas clave; la Ley de Reducción de la Inflación, que incluyó una partida de 378.000 millones de dólares para la implementación de tecnologías energéticas relacionadas con el clima, y las secciones sobre ciencia de la Ley sobre Ciencia y Creación de Incentivos Útiles para Producir Semiconductores, en virtud de las cuales se establecieron nuevos programas de tecnología aplicada e innovación regional en la Fundación Nacional de Ciencias.

En conjunto, estos nuevos programas incluyeron siete enfoques básicos en materia de políticas de innovación industrial. En primer lugar, en la Operación Warp Speed se adoptó un enfoque descendente, a fin de acelerar el desarrollo de vacunas para enfrentar la pandemia. El gobierno federal eligió a las empresas adjudicatarias. Seleccionó a dos de las principales empresas en tres plataformas de vacunas, entre ellas las dos compañías que fueron capaces de desarrollar y producir con rapidez las vacunas con la tecnología de ARN mensajero que permitieron salvar las vidas de millones de personas. En segundo lugar, se adoptó un enfoque ascendente para establecer una red de incentivos para el

desarrollo y adopción de nuevas tecnologías. En vez de elegir a los adjudicatarios, el Gobierno ofreció un conjunto general de incentivos que las empresas podían adoptar o no. En el desarrollo de vehículos eléctricos se aplicó este enfoque, y también es este el mecanismo básico detrás de los incentivos a las nuevas tecnologías energéticas que establece la Ley de Reducción de la Inflación de 2022.

En un tercer enfoque, el Gobierno brindó su apoyo a los proyectos de demostración. En el pasado, los proyectos del Departamento de Energía a menudo fracasaban antes de su implementación debido a que las pruebas y los proyectos de demostración de las nuevas tecnologías eran inadecuados o no se organizaban correctamente. Reconociendo este problema, la Ley Bipartidista de Empleo e Inversión en Infraestructura de 2021 dispuso la puesta en marcha de una serie de programas de demostración a gran escala para una gama de tecnologías energéticas nuevas y estableció una nueva Oficina de Demostración de Tecnologías dentro del Departamento de Energía para administrar el proceso. En un cuarto enfoque, se suministró apoyo directo a la producción. En virtud de la Ley sobre Creación de Incentivos Útiles para Producir Semiconductores, promulgada en 2020 e íntegramente financiada en 2022, se brindó apoyo mediante subvenciones, incentivos tributarios y garantías sobre préstamos para subsidiar la construcción de plantas e instalaciones de producción de semiconductores en los Estados Unidos.

El quinto enfoque implicó brindar apoyo a las cadenas de suministro. En este caso, el Poder Ejecutivo analizó las cadenas de suministro en cuatro esferas tecnológicas fundamentales, a saber, productos e ingredientes farmacéuticos, baterías avanzadas, minerales críticos y semiconductores. Mediante el programa, se planearon intervenciones en las cadenas de suministro de cada sector para ayudar a garantizar la producción estadounidense. A través del sexto enfoque, se buscó combinar la investigación básica y la investigación aplicada. En este caso, las secciones dedicadas a la ciencia de la Ley sobre Ciencia y Creación de Incentivos Útiles para Producir Semiconductores de 2022 dispusieron la formación de una nueva oficina sobre tecnología aplicada dentro de la Fundación Nacional de Ciencias, un organismo tradicionalmente orientado a la investigación básica. Esta nueva oficina sobre tecnología tiene por objeto promover iniciativas de I+D aplicada en diez esferas tecnológicas fundamentales, sobre la base del conjunto de datos sobre investigación básica de la Fundación Nacional de Ciencias y con el objetivo de avanzar hacia la etapa de aplicación. Un séptimo enfoque, que también se dispone en la mencionada ley, aboga por la prestación de apoyo a la innovación regional, en particular en las zonas que no pertenecen a los principales centros de innovación actuales. Se autorizó tanto a la Fundación Nacional de Ciencias como al Departamento de Comercio a establecer nuevos centros regionales de innovación compatibles con las propuestas regionales.

No obstante, estos siete enfoques en materia de innovación industrial también exigen la creación de una nueva infraestructura de innovación que los sustente. La infraestructura que durante mucho tiempo le ha permitido al Departamento de Defensa llevar adelante sus iniciativas de política industrial prácticamente no existe en los programas de ciencia y tecnología no relacionados con la defensa, que tradicionalmente se han centrado en la investigación y no en las etapas de innovación posteriores. Es necesario establecer una nueva infraestructura en tres esferas, a saber, la organizacional, la relacionada con la ampliación de la escala y la de evaluación.

En lo referido a la infraestructura organizacional, es necesario crear mecanismos de cooperación interinstitucional, establecer un sistema de formación para los agentes de cambio que trabajan en los organismos y son capaces de gestionar proyectos, crear vínculos entre los programas de investigación básica y aplicada, mejorar los mecanismos de integración entre los organismos gubernamentales, la industria y las universidades, adoptar un sistema de certificaciones de tecnología, e instaurar un nuevo sistema de educación de la fuerza de trabajo, en particular la de perfil técnico.

En lo referido a la infraestructura para la ampliación de la escala, es preciso seguir trabajando en torno a varias medidas para facilitar la transición hacia la aplicación de las tecnologías. Los elementos de la infraestructura necesaria incluyen los siguientes: un enfoque nuevo centrado en las técnicas avanzadas de fabricación, la capacidad para llevar a cabo pruebas y demostraciones; financiamiento para ampliar la escala de la tecnología; la elaboración de una cartografía de las cadenas de suministro a fin de subsanar las deficiencias detectadas, y el uso de mecanismos de adquisición federales para poner en marcha las nuevas tecnologías.

En lo concerniente a la infraestructura de evaluación, se necesita un sistema de evaluación continua de los programas de innovación industrial nuevos que permita aplicar las lecciones aprendidas para mejorarlos.

En general, los Estados Unidos están desarrollando una serie de enfoques en materia de políticas de innovación industrial que podrían mejorar en gran medida su capacidad de innovación. Sin embargo, de no establecer o mejorar los mecanismos adecuados de la infraestructura de innovación en lo referido a la organización, la ampliación de la escala y la evaluación, el país se enfrentará a desafíos a la hora de aplicar estos enfoques.

VIII. Las cinco lecciones fundamentales de los enfoques de los Estados Unidos en materia de políticas de innovación industrial potencialmente pertinentes para las naciones de América Latina y el Caribe

Si una de las enseñanzas fundamentales que pueden extraerse de las naciones que se han transformado de países en desarrollo a países desarrollados en los últimos decenios es que los enfoques de política industrial han sido esenciales en esa transición, como se señala en la introducción, surge la pregunta de cuáles de esos enfoques son los más pertinentes.

Reiterando las observaciones formuladas por el economista Dani Rodrik que se mencionan en la sección I, la innovación exige determinadas condiciones subyacentes; entre ellas, un sistema adecuado de transporte e infraestructura física, conocimientos disponibles en materia de I+D, proveedores de calidad y una fuerza de trabajo capacitada. Una de las funciones del gobierno es velar por la adecuada coordinación entre los actores del sistema de innovación —la industria, las universidades y el gobierno— para propiciar dichas condiciones. Un aspecto que se destaca en este trabajo es que las condiciones que tradicionalmente se han considerado necesarias para propiciar el crecimiento económico y mejorar las capacidades de innovación no explican el mecanismo de crecimiento basado en la innovación ni el proceso por el cual un país se transforma en una nación desarrollada. Es indudable que se necesita una combinación más compleja de mecanismos. Entre ellos se cuentan las políticas de innovación industrial y los enfoques relacionados que se describen en este trabajo. Actualmente los Estados Unidos están experimentando con una combinación de tales enfoques.

A. Los cinco enfoques más pertinentes: lecciones de las políticas de innovación industrial de los Estados Unidos que podrían ser relevantes para los países de América Latina y el Caribe

Algunos de los enfoques aplicados por los Estados Unidos en materia de políticas de innovación industrial quizás se cuenten entre las principales lecciones que las naciones de América Latina y el Caribe pueden aprender de ese país. Como ya se señaló, son varios los enfoques y aspectos de infraestructura que podrían favorecer las políticas de innovación industrial, pero a continuación se describen cinco que parecen ser particularmente significativos. Las circunstancias de cada nación son distintas, por lo que otros muchos aspectos de los nuevos enfoques aplicados por los Estados Unidos podrían ser pertinentes. Además de asemejarse a un menú de opciones, en el análisis anterior se brindan más detalles sobre cada uno de los cinco enfoques señalados a continuación. Las cinco principales estrategias son las siguientes:

1. Promover la innovación regional

Como se señala en el apartado V.G, las iniciativas de los Estados Unidos para promover la innovación regional han sido variadas, pero de ellas pueden extraerse algunas enseñanzas valiosas.

¿Cómo podrían funcionar los enfoques regionales en materia de innovación? Esta cuestión se viene examinando desde hace años; el trabajo de Michael Porter sobre clústeres de innovación se publicó hace más de dos decenios (Porter, 1998)[38]. La región ha sido escenario de diversos experimentos; en los Estados Unidos varios centros han intentado distintas combinaciones, y no existe una receta única. Distintas combinaciones funcionan para distintas regiones (Chatterji, Glaeser y Kerr, 2014; Saxenian, 2009; Feldman, 2007). Sin embargo, forzar la innovación en una región que enfrenta dificultades a menudo no tiene buenos resultados, y existen varios casos de iniciativas regionales de innovación que han fracasado. Con todo, hay algunos ejemplos de lugares que se han transformado en centros de innovación no por casualidad, sino gracias a un esfuerzo coordinado, como Pittsburgh y San Diego. Para resumir en pocas palabras un vasto cuerpo de literatura, en su mayoría los analistas creen que se necesitan ecosistemas regionales para que la innovación tenga éxito[39]. En general, un ecosistema de ese tipo incluye un recinto universitario —un centro educativo y de investigación— que sustenta las actividades de investigación de tecnologías y la retención de talentos. Los ecosistemas también parecen requerir un sector público organizado que coopere estrechamente con el sector privado —que incluye empresas comprometidas con la causa y agrupaciones de empresas de la zona— en la aplicación de una estrategia conjunta (Armstrong, 2019). La presencia de empresas más grandes y estables vinculadas con cadenas de suministro sólidas conformadas por empresas más pequeñas es otro ingrediente. Las regiones deben aprovechar las fortalezas regionales que ya tienen; no todas las zonas llegarán a ser centros de biotecnología.

Como se analiza el mayor detalle a continuación, la educación de la fuerza de trabajo se ha transformado en un aspecto cada vez más importante de los ecosistemas regionales eficaces, por lo que varias regiones actualmente instan a las compañías y a las empresas emergentes a que se establezcan en sus zonas, donde les ofrecen una fuerza de trabajo entrenada y capacitada, capaz de responder a las necesidades del empleador. Esto implica que la presencia de universidades técnicas y comunitarias locales que ofrezcan programas de formación sólidos que permitan a la fuerza de trabajo adquirir nuevas destrezas es otro componente.

---

[38] Véase un resumen de las limitaciones de la teoría en Motoyama (2008).

[39] Véanse, por ejemplo, Atkinson, Muro y Whiton (2019) y Gruber y Johnson (2019).

Como se destaca en la sección V, una característica de la reciente Ley sobre Ciencia y Creación de Incentivos Útiles para Producir Semiconductores es el otorgamiento de subvenciones a las comunidades para ayudarlas a diseñar estrategias que les permitan aprovechar sus activos regionales. Para resumir los aspectos fundamentales, se necesita un compromiso amplio con la innovación, no un enfoque único centrado en una sola iniciativa; es preciso involucrar a empresas locales bien asentadas para que sustenten el proceso; deben establecerse vínculos con las fuentes de talentos —por ejemplo, universidades estatales y programas educativos de formación—, que serán fundamentales para las empresas, y los gobiernos estatales y locales deben apoyar firmemente la iniciativa (Armstrong, 2021).

Por lo tanto, la ampliación de la escala de la innovación debe producirse en ecosistemas regionales que tengan para ofrecer activos tales como los enumerados anteriormente. Para competir con eficacia en la generación de estos activos, las regiones deberán convocar a empresas comprometidas a implementar las nuevas tecnologías, así como a otros actores regionales que cooperen en su puesta en marcha, y deberán establecerse vínculos entre los activos. Sin embargo, las iniciativas regionales no deben limitarse a reunir activos y establecer vínculos entre ellos; deberá forjarse una alianza entre la industria, el gobierno y los centros educativos que impulse el desarrollo a lo largo de las etapas de elaboración de prototipos. A su vez, no alcanza solo con prototipos para que la innovación tenga éxito: es necesario realizar esfuerzos adicionales para avanzar de la etapa de investigación a la de elaboración de prototipos a fin de promover el aumento de la escala de las nuevas tecnologías. No basta con iniciativas de colaboración entre el gobierno, las universidades y la industria; también son importantes las asociaciones industriales regionales —tanto con empresas grandes como pequeñas y con sus cadenas de suministro—, la capacitación de la fuerza de trabajo en escuelas técnicas y comunitarias, y el apoyo del gobierno y las organizaciones de desarrollo económico locales. Los centros de innovación regionales establecidos como resultado de estas colaboraciones y que han sido organizados de forma consciente para cumplir estas tareas podrían funcionar como mecanismos que promuevan esta combinación adicional de actores y esfuerzos.

2. Ofrecer financiamiento para aumentar la escala

La cuestión del financiamiento para aumentar la escala se analiza en la sección VI y es uno de los factores clave para el crecimiento de las industrias innovadoras. Los mecanismos incluyen los préstamos, los contratos garantizados y los incentivos tributarios. ¿Cómo pueden administrarse estos programas? El Departamento de Energía de los Estados Unidos ha tenido una Oficina de Programas de Préstamos desde 2005 para fomentar el desarrollo de las tecnologías de energía limpia. Desde su creación, ha otorgado préstamos por valor más de 30.000 millones de dólares, ha recibido más de 13.000 millones en concepto de devolución de capital, y ha ganado 4.000 millones en intereses (Murphy, 2022). La Oficina brinda apoyo a tecnologías que todavía no se han implementado a escala o para las cuales se buscan mercados comerciales. Su objetivo es lograr que tales tecnologías alcancen la viabilidad comercial. La diferencia entre esta Oficina y los mecanismos tradicionales de préstamos es que la Oficina asigna a cada empresa beneficiaria de un préstamo un equipo que la asesora y apoya en sus iniciativas de desarrollo de negocios y la ayuda a mantenerse encaminada hacia el logro de las metas fijadas y la devolución del préstamo.

Según datos de la Oficina, los proyectos que ha respaldado han creado 37.000 puestos de trabajo, han reducido las emisiones de dióxido de carbono en 40 millones de toneladas, y han disminuido en 19.200 millones de galones la necesidad de gasolina (Murphy, 2022). Si bien ha sufrido un notable fracaso —la empresa de celdas solares de película delgada mencionada anteriormente, Solyndra—, también ha cosechado importantes éxitos, como su préstamo a Tesla en 2009, de 465 millones de dólares (devuelto en 2013), que permitió a la empresa, como ya se mencionó, evitar la quiebra y aumentar considerablemente su producción, y promovió la adopción de vehículos eléctricos en el sector automotor.

Esta oficina es una de las pocas en los Estados Unidos que ofrece financiamiento para aumentar la escala de estas iniciativas. Los incentivos tributarios son la herramienta más ampliamente utilizada en los Estados Unidos, si bien tienden a beneficiar a las empresas que cuentan con recursos para pagar impuestos, lo que deja fuera a muchas empresas emergentes y nuevos emprendimientos. Otros países se valen de otros mecanismos de financiamiento para el aumento de la escala.

En China, por ejemplo, se utilizan fondos de orientación industrial, a saber, fondos público-privados de capitales de riesgo patrocinados por el Gobierno que tienen un fin doble: promover el logro de las metas de política industrial y generar rendimientos sobre las inversiones (Adler, 2022). Estos fondos permiten destinar recursos públicos a las empresas privadas, lo que genera competencia para las empresas estatales que reciben subsidios directos. La meta de movilización de recursos de estos fondos, de los que actualmente hay alrededor de 60, se sitúa en 1,6 billones de dólares, y refleja la combinación entre un mecanismo de mercado y una estrategia tecnológica nacional. La suma movilizada a la fecha se estima en alrededor de 1 billón de dólares. A menudo los fondos de orientación tienen un socio general del sector privado que se encarga de gestionarlos y socios limitados que invierten en ellos. Los fondos son patrocinados por un gobierno nacional, provincial o local que facilita los fondos iniciales, que luego son complementados por los aportes de los socios limitados. Aunque el patrocinio es estatal, los fondos adoptan posiciones de capital en empresas y están bajo la gestión del sector privado. Los fondos no pueden invertir en bienes inmuebles, en mercados bursátiles secundarios, en instrumentos derivados o en futuros, sino que deben destinarse a iniciativas de ampliación de la escala. El objetivo es dotar a las políticas industriales patrocinadas por el Estado de una perspectiva de inversión típica de los emprendimientos de riesgo, orientada a la generación de ganancias y propia del sector privado, en un intento de evitar las ineficiencias que podrían surgir con las entidades dirigidas por el Gobierno. Los fondos se utilizan para ofrecer capitales pacientes, dado que se reconoce que podrían pasar años antes de que se genere un flujo de ingresos; el aporte de fondos del Gobierno ayuda a adoptar este enfoque de más largo plazo. Si bien los fondos han suscitado ciertas preocupaciones en torno a su falta de eficiencia y a la posibilidad de corrupción, representan un enfoque híbrido distinto con respecto al financiamiento del aumento de la escala.

Estos son apenas algunos de la amplia gama de modelos de financiamiento para el aumento de la escala, pero ofrecen alternativas distintas a los préstamos tradicionales. En líneas generales, como ya se señaló, algunos mecanismos de financiamiento del aumento de la escala parecen subsanar una deficiencia clave de las políticas de innovación industrial.

3. Promover las técnicas avanzadas de fabricación

Para lograr un crecimiento sólido, en última instancia las economías desarrolladas dependen del comercio de bienes complejos, no de materias primas o servicios. Como ya se señaló, las técnicas avanzadas de fabricación serán fundamentales para el futuro del sector manufacturero; la capacidad de fabricación de las naciones que no aprovechen las nuevas tecnologías y procesos de fabricación disminuirá. Como se mencionó en la sección I y en otros pasajes, el deterioro del sector manufacturero puede ir en detrimento de la capacidad general de innovación. De acuerdo con lo expuesto en la sección III, los 16 institutos avanzados de fabricación establecidos en los Estados Unidos ofrecen un posible modelo. Estos institutos en general se asemejan a los eficaces institutos Fraunhofer de Alemania. El concepto que sustenta a los institutos es reunir a los principales actores que deben colaborar en la mejora de las técnicas de fabricación: la industria, las universidades con programas sólidos de ingeniería y el gobierno, incluidos los organismos estatales, locales y federales. El financiamiento inicial de origen federal, sumado al apoyo de la industria y de los estados, permite desarrollar y elaborar prototipos de nuevas tecnologías de fabricación que podrían adoptarse. Cada instituto se estructura en torno a un aspecto particular de las nuevas tecnologías de fabricación, desde la robótica hasta la impresión en tres dimensiones, los compuestos avanzados y la fotónica, por mencionar algunos. El modelo se complementa con programas de formación de la fuerza de trabajo que buscan garantizar que los trabajadores tengan las competencias necesarias para dominar las nuevas tecnologías.

Muchos de los países de América Latina están intentando revertir el proceso de desindustrialización que han atravesado sus economías, en un contexto de mayor competencia internacional y cambios tecnológicos. Los institutos avanzados de fabricación de los Estados Unidos ofrecen un modelo, pero deben hacerse mayores esfuerzos para incorporar las lecciones que están surgiendo de ellos, como se analiza en detalle en la sección III. Esas lecciones incluyen: i) evitar fijar un plazo para los institutos, sin dejar de evaluar periódicamente sus resultados; ii) establecer redes de cooperación entre los institutos para que puedan ofrecer a la industria combinaciones de las nuevas tecnologías que faciliten su aplicación; iii) agrupar en carteras las investigaciones sobre tecnologías de fabricación que desarrollan los organismos de I+D y vincularlas con las iniciativas de aplicación de tecnologías de los institutos de fabricación; iv) asegurarse de que los institutos mantengan vínculos estrechos con las empresas manufactureras pequeñas y medianas a fin de que sus tecnologías las beneficien a ellas en la misma medida que a las empresas más grandes, y v) promover iniciativas a nivel regional, en cooperación con organismos estatales y locales, para aplicar las nuevas tecnologías de fabricación y fomentar la capacitación de la fuerza de trabajo en técnicas de fabricación avanzadas. Como ya se señaló, el financiamiento para aumentar la escala es un programa complementario importante para aplicar las técnicas de fabricación avanzadas, al igual que las iniciativas de formación de la fuerza de trabajo que se analizan a continuación.

4. Promover la educación de la fuerza de trabajo

La capacitación de la fuerza de trabajo sigue siendo un enorme desafío en los Estados Unidos. Aunque su prestigioso sistema universitario ha dado origen a un grupo sólido de profesionales en ciencia e ingeniería que trabajan en estas secciones de su sistema de innovación, existen enormes lagunas para capacitar a la fuerza de trabajo con las habilidades que se necesitan en una economía de innovación. Se trata de un reto que también enfrentan muchas otras naciones. Como se señala en la sección VI, se están haciendo esfuerzos para mejorar la formación de la fuerza de trabajo en los Estados Unidos; algunas de las mejores prácticas que se repiten en los mejores programas de formación de la fuerza de trabajo incluyen[40]:

- *Ofrecer pasantías complementadas con programas educativos.* La desconexión entre el trabajo y la enseñanza es uno de los principales desafíos a la hora de preparar a los estudiantes para carreras significativas y empleos de calidad. Las escuelas están muy alejadas del mundo del trabajo y de las habilidades que necesita el personal. A fin de incorporar a los estudiantes al mercado laboral para que comiencen a ganar dinero mientras mejoran sus habilidades, se necesitan programas de pasantías en los que cooperen tanto los empleadores como las instituciones educativas, así como otras modalidades de iniciativas de asociación, como pasantías remuneradas, pasantías para los jóvenes que asisten a centros de educación secundaria y programas de cooperación. Esto también los alienta a continuar su educación, ya que logran ver la relación directa que existe entre las competencias que deben adquirir y las mejores oportunidades de trabajo.
- *Promover la educación en línea.* Los trabajadores necesitarán habilidades en nuevas esferas tecnológicas, como la informática, pero el sistema educativo actual no está preparado para satisfacer las nuevas necesidades. Los módulos de educación en línea para la adquisición de habilidades avanzadas pueden ser fundamentales para lograr que la educación de la fuerza de trabajo se ajuste a las necesidades. Si bien la educación en línea no reemplaza a los docentes eficaces ni a la experiencia práctica con equipos reales, sí puede usarse para transmitir y evaluar los conceptos fundamentales que sustentan las habilidades. Asimismo, los trabajadores con habilidades básicas pueden adquirir nuevas destrezas avanzadas usando herramientas en línea.

[40] Recomendaciones extraídas de Bonvillian y Sarma (2021a y 2021b) .

- *Ofrecer programas cortos en instituciones educativas.* En general, quienes trabajan no son capaces de tomarse el tiempo que necesitan para obtener títulos universitarios de dos o cuatro años; tienen familias que mantener y obligaciones que cumplir. Necesitan programas cortos, de 10 a 15 semanas, que se centren en la adquisición de habilidades técnicas.
- *Otorgar certificaciones y acreditaciones.* Además de los títulos otorgados en los programas de varios años de duración, se necesitan certificaciones y acreditaciones para los programas más breves orientados a la adquisición de habilidades laborales. Por ejemplo, pueden otorgarse certificados tras la finalización de una serie de cursos breves para el aprendizaje de habilidades, una vez que se haya demostrado la adquisición de las competencias. Los certificados también deberían permitir avanzar hacia la obtención de títulos y créditos universitarios, que continúan siendo las acreditaciones de mayor reconocimiento.
- *Promover la educación basada en competencias.* La educación actual a menudo se basa en un calendario agrícola y en la finalización de los programas dentro de determinados plazos. Por otro lado, la educación de la fuerza de trabajo debería estructurarse en torno a la demostración de habilidades desglosadas en competencias particulares. Si los estudiantes logran demostrar haber adquirido la habilidad, deberían obtener el certificado, independientemente del tiempo que hayan dedicado al programa. Esto podría reducir el tiempo que se dedica a la educación y los costos para los estudiantes, y premiaría la experiencia práctica.
- *Incluir en los programas educativos acreditaciones reconocidas por la industria.* Muchos empleadores exigen que se presenten acreditaciones aprobadas y aceptadas por la industria como prueba de la adquisición de una habilidad. Esto genera una trayectoria adicional y paralela para ayudar a los estudiantes a acceder al empleo. También garantiza que los programas académicos se ajusten a las necesidades actuales de la industria. Los cursos que permiten obtener una certificación deberían incluir acreditaciones aceptadas por la industria.
- *Mejorar los índices de finalización.* Gran parte del problema en torno a la educación de la fuerza de trabajo es que la mayoría de los estudiantes no finalizan los programas a los que se inscriben en las escuelas técnicas y comunitarias. Uno de los motivos es que una gran parte de ellos deben asistir a cursos de nivelación antes de poder inscribirse a cursos de nivel terciario relacionados con su trabajo. La frustración que genera la obligación de asistir a cursos de nivelación preliminares lleva a muchos estudiantes a abandonar sus estudios. Una solución probada es integrar los contenidos del curso de nivelación a los programas de estudio para la adquisición de habilidades profesionales, de forma tal que los estudiantes puedan ver por sí mismos la importancia de esos contenidos para sus oportunidades profesionales.

Por supuesto, esto no es lo único que se necesita para mejorar la educación de la fuerza de trabajo. Aumentar los fondos que se destinan a las escuelas técnicas y comunitarias, elaborar programas de estudio para nuevas disciplinas y establecer mejores sistemas de información para que los empleadores sepan qué competencias poseen los postulantes y para que los trabajadores sepan qué habilidades buscan los empleadores también es fundamental. Lo cierto es que una fuerza de trabajo capacitada es clave para la mejora de la productividad y, en consecuencia, la educación de los trabajadores debería ser un aspecto central de las políticas de innovación industrial.

5. Evaluar la adopción de enfoques descendentes y ascendentes

Como se señaló en la sección V, en los últimos años el Gobierno de los Estados Unidos ha aplicado enfoques ascendentes y descendentes en sus políticas de innovación industrial, y ambos han tenido buenos resultados.

La Operación Warp Speed, una eficaz iniciativa para desarrollar y desplegar con rapidez una vacuna contra el COVID-19, es un ejemplo reciente de un enfoque descendente, como se explica en la sección V. En el marco de la iniciativa, se examinaron más de 100 proyectos de producción de vacunas en desarrollo y se seleccionaron tres plataformas distintas de tecnología de vacunas (entre ellas el ARN mensajero) para avanzar hacia la fabricación. Luego se eligieron dos empresas que lideraron los esfuerzos para desarrollar vacunas en cada plataforma. En realidad, la Operación eligió a los ganadores: se seleccionaron las empresas que más habían avanzado y que tenían las mayores posibilidades de desarrollar los diferentes tipos de vacunas. A continuación, la Operación se asoció con las empresas seleccionadas para respaldar las actividades posteriores de desarrollo y los ensayos clínicos. Simultáneamente, emitió contratos garantizados para adquirir las vacunas de las empresas a medida que avanzaban los ensayos clínicos. Esto garantizó que las empresas seleccionadas tendrían un mercado y, gracias a que el Gobierno mitigó los riesgos, fue posible avanzar hacia la producción y reducir considerablemente el calendario de introducción de las vacunas a un plazo récord de ocho meses. Aunque en el marco de la Operación se aplicaron otros varios mecanismos, este enfoque descendente, a saber, seleccionar un conjunto de empresas líderes y asociarse con ellas para desarrollar una tecnología, en un modelo en que el Gobierno absorbió parte de los riesgos inherentes al desarrollo y la producción, es un ejemplo que puede replicarse en otros ámbitos y países.

El apoyo que el Gobierno de los Estados Unidos brindó a Tesla y al desarrollo de los vehículos eléctricos es un ejemplo de un enfoque ascendente. Como se explica en la sección V, a diferencia de la Operación Warp Speed, el Gobierno no adoptó un enfoque descendente para promover los vehículos eléctricos; en otras palabras, no seleccionó un conjunto de beneficiarios que recibirían apoyo en una serie de esferas tecnológicas clave. Más bien, la estrategia fue de tipo ascendente; el Gobierno estableció una serie de incentivos con la expectativa de atraer a las empresas para que se beneficiaran de ellos. En el caso de Tesla, el Gobierno no estuvo detrás de la creación de la empresa, pero esta recurrió a los incentivos, los préstamos y las ayudas regulatorias gubernamentales para poder superar los obstáculos iniciales y aumentar la escala de su producción y pasar a ocupar una posición de liderazgo en la producción de vehículos eléctricos. Este enfoque, en el que el Gobierno de hecho ofrece una serie de incentivos y confía en que las empresas buscarán beneficiarse de ellos, es menos directo que el modelo descendente, pero tiene la ventaja de que son las empresas, y no el Gobierno, las que asumen la mayor parte de los desafíos que entraña el proceso de producción.

Otras naciones podrían optar por aplicar estos enfoques. El enfoque descendente es más adecuado cuando ya existen varias empresas distribuidas a lo largo del proceso de desarrollo; el enfoque ascendente podría ser más idóneo para impulsar el surgimiento de empresas innovadoras. Ambos pueden ser útiles desde la perspectiva de las políticas nacionales de innovación industrial.

Para concluir, en este trabajo se ha hecho un esfuerzo por ofrecer una síntesis detallada de las medidas que los Estados Unidos están adoptando para aplicar nuevas políticas industriales, sobre la base de una selección específica de los siete enfoques que se han implementado. Los Estados Unidos son una economía avanzada que depende en gran medida de la innovación tecnológica; por lo tanto, sus modelos tienen limitaciones cuando se aplican a las economías en desarrollo. Sin embargo, existen algunas enseñanzas útiles que podrían ser aplicables. Los enfoques referidos a la innovación regional, el financiamiento para ampliar la escala de las iniciativas, las técnicas avanzadas de fabricación, la educación de la fuerza de trabajo y la innovación basada en modelos descendentes y ascendentes revisten una particular importancia.

Bibliografía

Academias Nacionales de Ciencias, Ingeniería y Medicina (2022a), *Protecting U.S. Technological Advantage*, Washington, D.C., National Academies Press.

_____(2022b), *Assessment of the SBIR and STTR Programs at the National Institutes of Health*, Washington, D.C., National Academies Press.

_____(2020), *Review of the SBIR and STTR Programs at the Department of Energy*, Washington, D.C., National Academies Press.

_____(2017), *An Assessment of ARPA-E*, Washington, D.C., National Academies Press.

Adler, D. (2022), "Guiding finance: China's strategy for funding advanced manufacturing", *American Affairs*, vol. 6, N° 2, Boston, American Affairs Foundation (AAF).

_____(2021), "Inside Operation Warp Speed: a new model for industrial policy", *American Affairs*, vol. 5, N° 2, Boston, American Affairs Foundation (AAF).

Adler, D. y W. Bonvillian (2023), "America's advanced manufacturing problem – and how to fix it", *American Affairs*, vol. 7, N° 3, Boston, American Affairs Foundation (AAF).

Administración de Desarrollo Económico de los Estados Unidos (2023), "Regional technology and innovation hubs (tech hubs)", Washington, D.C. [en línea] https://www.eda.gov/funding/programs/regional-technology-and-innovation-hubs.

AIP (Instituto Estadounidense de Física) (2021), "Billions for R&D included in senate-passed infrastructure bill and reconciliation blueprint", *FYI: Science Policy News*, College Park, 13 de agosto [en línea] https://ww2.aip.org/fyi/2021/billions-rd-included-senate-passed-infrastructure-bill-and-reconciliation- blueprint.

Amsden, A. (1989), *Asia's Next Giant: South Korea and Late Industrialization*, Nueva York, Oxford University Press.

Andreoni, A. y H. Chang (2019), "The political economy of industrial policy: structural interdependencies, policy alignment and conflict management", *Structural Change and Economic Dynamics*, vol. 48, Ámsterdam, Elsevier.

Armstrong, B. (2021), "Industrial policy and local economic transformation: evidence from the U.S. Rust Belt", *Economic Development Quarterly*, vol. 35, N° 3, Thousand Oaks, SAGE Publications.

_____(2019), "Brass cities: innovation policy and local economic transformation", tesis de doctorado de filosofía en ciencias sociales, Cambridge, Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT).

ARPA-E (Advanced Research Projects Agency-Energy) (2022), "Publications", Washington, D.C. [en línea] https://arpa-e.energy.gov/news-and-media/publications.

_____(2018), "ARPA-E Impacts: A Sample of Project Outcomes, volume 3", Washington, D.C. [en línea] https://arpa-e.energy.gov/technologies/publications/arpa-e-impacts-sample-project-outcomes-volume-iii.

_____(2017), "ARPA-E Impacts: A Sample of Project Outcomes, volume 2", Washington, D.C. [en línea] https://arpa-e.energy.gov/technologies/publications/arpa-e-impacts-sample-project-outcomes-volume-ii.

_____(2016), "ARPA-E: The First Seven Years – A Sampling of Project Outcomes", Washington, D.C. [en línea] https://arpa-e.energy.gov/technologies/publications/arpa-e-first-seven-years-sampling-project-outcomes.

Atkinson, R. (2021), "Why the United States needs a national advanced industry and technology agency", Washington, D.C., Fundación de Innovación y Tecnología de la Información (ITIF), 17 de junio [en línea] https://itif.org/publications/2021/06/17/why-united-states-needs-national-advanced-industry-and-technology-agency.

_____(2020), "Industrial policy may have finally arrived: but for what?", Washington, D.C., American Compass, 16 de noviembre [en línea] https://americancompass.org/the-commons/industrial-policy-may-have-finally-arrived-but-for-what/.

Atkinson, R., M. Muro y J. Whiton (2019), *The Case for Growth Centers: How to Spread Tech Innovation across America*, Washington, D.C., Institución Brookings/Fundación de Innovación y Tecnología de la Información (ITIF).

Bateman, J. (2022), *U.S.-China Technological "Decoupling": A Strategy and Policy Framework*, Washington, D.C., Carnegie Endowment for International Peace.

Berger, S. (2021), "Back down to Earth", *Boston Review*, Cambridge, 15 de septiembre [en línea] https://bostonreview.net/forum_response/back-down-to-earth/.

Bonvillian, W. (2022), "Industrial innovation policy in the United States", *Annals of Science and Technology Policy*, vol. 6, N° 4, Delft, Now Publishers.

_____(2021a), "Ensuring manufacturing USA reaches its potential", Washington, D.C., Federación de Científicos Estadounidenses (FAS), 10 de agosto [en línea] https://www.dayoneproject.org/ideas/ensuring-manufacturing-usa-reaches-its-potential/.

_____(2021b), "Testimony of William B. Bonvillian, Senior Director, Special Projects, MIT Office of Open Learning and MIT Lecturer, to the Senate Committee on Commerce, Science and Transportation at the Hearing on April 14, 2021 on the 'Endless Frontier Act'", Washington, D.C., 14 de abril [en línea] https://www.commerce.senate.gov/services/files/0DAF8ACC-8382-4E85-BEBA-1F8B5F577922.

_____(2016), "Applying innovation policy to the U.S. energy/climate challenge", *Delivering Energy Law and Policy in the EU and US: A Reader*, R. Heffron y G. Little (eds.), Edimburgo, Edinburgh University Press.

_____(2014), "The new model innovation agencies: an overview", *Science and Public Policy*, vol. 41, N° 4, Oxford, Oxford University Press.

Bonvillian, W. y S. Sarma (2021a), "America needs a new workforce education system", *Issues in Science and Technology*, Tempe, Universidad Estatal de Arizona, 9 de marzo [en línea] https://issues.org/workforce-education-innovation-community-colleges-bonvillain/.

_____(2021b), *Workforce Education: A New Roadmap*, Cambridge, MIT Press.

Bonvillian, W. y P. Singer (2018), *Advanced Manufacturing: The New American Innovation Policies*, Cambridge, MIT Press.

Bonvillian, W., R. Van Atta y P. Windham (eds.) (2020), *The DARPA Model for Transformative Technologies: Perspectives on the U.S. Defense Advanced Research Projects Agency*, Cambridge, Open Book Publishers.

Bonvillian, W. y C. Weiss (2015), *Technological Innovation in Legacy Sectors*, Oxford, Oxford University Press.

Boudette, N. (2022), "Tesla reports record yearly profit but warns that supply problems persist", *New York Times*, Nueva York, 26 de enero [en línea] https://www.nytimes.com/2022/01/26/business/tesla-earnings.html.

Bourla, A. (2022), *Moonshot: Inside Pfizer's Nine-Month Race to Make the Impossible Possible*, Nueva York, Harper Business.

Browning, L. y J. Shetler (2000), *Sematech: Saving the U.S. Semiconductor Industry*, College Station, Texas A&M University Press.

Bush, V. (1945), *Science: The Endless Frontier*, Washington, D.C., Imprenta del Gobierno de los Estados Unidos.
CEPA (Comisión Económica para África) (2016), *Transformative Industrial Policy for Africa*, Addis Ababa.
Chang, H. (1993), *The Political Economy of Industrial Policy*, Londres, Palgrave Macmillan.
Chatterji, A., E. Glaeser y W. Kerr (2014), "Clusters of entrepreneurship and innovation", *Innovation Policy and the Economy*, vol. 14, Chicago, University of Chicago Press.
Cherif, R. y F. Hasanov (2019), "The return of the policy that shall not be named: principles of industrial policy", *IMF Working Paper*, N° 2019/074, Washington, D.C., Fondo Monetario Internacional (FMI).
Coleman, V. (2023), NDAA Mandated Independent Review of USD (R&E) Microelectronics Quantifiable Assurance Effort, Condado de Arlington, Departamento de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, 3 de agosto [en línea] https://www.af.mil/Portals/1/documents/2023SAF/MQA_Report.pdf.
Comité de Comercio, Ciencia y Transporte del Senado de los Estados Unidos (2022), "CHIPS and Science Act of 2022: section-by-section summary", Washington, D.C. [en línea] https://www.commerce.senate.gov/services/files/1201E1CA-73CB-44BB-ADEB-E69634DA9BB9.
Congreso de los Estados Unidos (2022a), "H.R. 4346 - The CHIPS and Science Act of 2022", Washington, D.C. [en línea] https://www.commerce.senate.gov/2022/8/view-the-chips-legislation.
_____(2022b), "H.R. 5376, Inflation Reduction Act", Washington, D.C. [en línea] https://www.democrats.senate.gov/imo/media/doc/inflation_reduction_act_of_2022.pdf.
_____(2021a), "H.R. 2225 - National Science Foundation for the Future Act", Washington, D.C. [en línea] https://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/2225.
_____(2021b), "S.1260 – United States Innovation and Competition Act of 2021", Washington, D.C. [en línea] https://www.congress.gov/bill/117th-congress/senate-bill/1260.
_____(2020a), "S.3933 - CHIPS for America Act", Washington, D.C. [en línea] https://www.congress.gov/bill/116th-congress/senate-bill/3933/.
_____(2020b), "S.3832 - Endless Frontier Act", Washington, D.C. [en línea] https://www.congress.gov/bill/116th-congress/senate-bill/3832/text.
Congressional Progressive Caucus Center (2022), "Analysis of climate and energy provisions in the 'Inflation Reduction Act of 2022'", *Explainer*, Washington, D.C., 2 de agosto [en línea] https://www.progressivecaucuscenter.org/climate-and-energy-provisions-in-the-inflation-reduction-act.
Coons, C. (2021), "Sen. Coons, colleagues seek to create new domestic manufacturing investment corporation", Wilmington, 12 de agosto [en línea] https://www.coons.senate.gov/news/press-releases/sen-coons-colleagues-seek-to-create-new-domestic-manufacturing-investment-corporation.
COSSA (Consorcio de Asociaciones de Ciencias Sociales) (2022), "CHIPS and Science Act (P.L. 117-167)", Washington, D.C., 19 de agosto [en línea] https://cossa.org/wp-content/uploads/2022/08/CHIPS-and-Science-Act-Section-by-Section-2022.pdf.
Covid Crisis Group (2023), *Lessons from the Covid War: An Investigative Report*, Nueva York, Public Affairs.
DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) (2023), "Electronics Resurgence Initiative 2.0" [en línea] https://www.darpa.mil/work-with-us/electronics-resurgence-initiative.
Departamento de Defensa de los Estados Unidos (2024), "The Microelectronics Commons: a national network of prototyping innovation hubs" [en línea] https://microelectronicscommons.org.
Departamento de Energía de los Estados Unidos (2024), "Tesla: Loan Programs Office", Washington, D.C. [en línea] https://www.energy.gov/lpo/tesla.
_____(2022), "Biden Administration, DOE to invest $3 billion to strengthen U.S. supply chain for advanced batteries for vehicles and energy storage", Washington, D.C., 11 de febrero [en línea] https://www.energy.gov/articles/biden-administration-doe-invest-3-billion-strengthen-us-supply-chain-advanced-batteries.
_____(2021a), "DOE announces $209 million for electric vehicles battery research", Washington, D.C., 27 de octubre [en línea] https://www.energy.gov/articles/doe-announces-209-million-electric-vehicles-battery-research.
_____(2021b), *Executive Summary: National Blueprint for Lithium Batteries 2021-2030*, Washington, D.C.
Deutch, J. (2005), "What should the government do to encourage technical change in the energy sector?", *Report*, N° 120, Cambridge, MIT Press.

DMEA (Defense Microelectronics Activity) (2022), Trusted Access Program Office [en línea] https://www.acq.osd.mil/asds/dmea/tapo/index.html.

Diamond, D. (2023), "White House launches $5 billion program to speed coronavirus vaccines", *The Washington Post*, Washington, D.C., 10 de abril [en línea] https://www.washingtonpost.com/health/2023/04/10/operation-warp-speed-successor-project-nextgen/#.

DiPippo, G. y otros (2022), "Red ink: estimating Chinese industrial policy spending in comparative perspective", Washington, D.C., Centro de Estudios Estratégicos e Internacionales (CSIS), 23 de mayo [en línea] https://www.csis.org/analysis/red-ink-estimating-chinese-industrial-policy-spending-comparative-perspective.

Ernst, D. (2016), "China's bold strategy for semiconductors – zero-sum game or catalyst for cooperation?", *East-West Center Working Paper: Innovation and Economic Growth Series*, N° 9, Honolulu, East-West Center.

Estados Unidos, Gobierno de los (2024), "National Science and Technology Council" [en línea] https://www.whitehouse.gov/ostp/nstc/.

_____(2022a), "The Biden-Harris plan to revitalize American manufacturing and secure critical supply chains in 2022", Washington, D.C., 24 de febrero [en línea] https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/02/24/the-biden-harris-plan-to-revitalize-american-manufacturing-and-secure-critical-supply-chains-in-2022/.

_____(2022b), "Statement by National Security Advisor Jake Sullivan and Economic Council Director Brian Deese on EXIM Bank's Domestic Finance Initiative", Washington, D.C., 14 de abril [en línea] https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/04/14/statement-by-national-security-advisor-jake-sullivan-and-national-economic-council-director-brian-deese-on-exim-banks-domestic-finance-initiative/.

_____(2021), *Building Resilient Supply Chains, Revitalizing American Manufacturing and Fostering Broad-Based Growth: 100-Day Reviews under Executive Order 14017*, Washington, D.C.

FDA (Administración de Alimentos y Medicamentos) (2020), "Coronavirus (COVID-19) update: FDA continues to accelerate development of novel therapies for COVID-19", White Oak, 31 de marzo [en línea] https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/coronavirus-covid-19-update-fda-continues-accelerate-development-novel-therapies-covid-19?utm_campaign=033120.

Feldman, M. (2007), "Perspectives on entrepreneurship and cluster formation: biotechnology in the US Capitol region", *The Economic Geography of Innovation*, K. Polenske (ed.), Cambridge, Cambridge University Press.

Froomkin, A. (1995), "Reinventing the government corporation", *Illinois Law Review*, N° 543, Champaign, Universidad de Illinois.

Fong, G. (1986), "The potential for industrial policy: lessons from the very high speed integrated circuit program", *Journal of Policy Analysis and Management*, vol. 5, N° 2, Hoboken, Wiley.

Gelles, D. (2020), "The husband-and-wife team behind the leading vaccine to solve COVID-19", *New York Times*, Nueva York, 10 de noviembre [en línea] https://www.nytimes.com/2020/11/10/business/biontech-covid-vaccine.html.

Griffith, M. y S. Goguichvili (2021), "The U.S. needs a sustained, comprehensive and cohesive semiconductor national security effort", Washington, D.C., Wilson Center, 23 de marzo [en línea] https://www.wilsoncenter.org/blog-post/us-needs-sustained-comprehensive-and-cohesive-semiconductor-national-security-effort.

Gruber, J. y S. Johnson (2019), *Jump-Starting America: How Breakthrough Science Can Revive Economic Growth and the American Dream*, Nueva York, Public Affairs Publishing.

Hammond, S. (2021), "How Congress ruined the Endless Frontier Act", Washington, D.C., Niskanen Center, 20 de mayo [en línea] https://www.niskanencenter.org/how-congress-ruined-the-endless-frontier-act/.

Hansen, K. (2022), The Inflation Reduction Act and DOE loan programs, Norton Rose Fulbright, Londres, 17 de agosto [en línea] https://www.projectfinance.law/publications/2022/august/the-inflation-reduction-act-and-doe-loan-programs/.

Hart, D. (2021), "Building back cleaner with industrial decarbonization demonstrations", Washington, D.C., Fundación de Innovación y Tecnología de la Información (ITIF), 8 de marzo [en línea] https://itif.org/publications/2021/03/08/building-back-cleaner-industrial-decarbonization-demonstration-projects/.

Higgins, T. (2022), *Power Play: Tesla, Elon Musk and the Bet of the Century*, Nueva York, Anchor Books.

Hirsh, J. (2015), "Elon Musk's growing empire is fueled by $4.9 billion in government subsidies", *Los Angeles Times*, 30 de mayo [en línea] https://www.latimes.com/business/la-fi-hy-musk-subsidies-20150531-story.html.

Hunt, W. (2022), "Sustaining U.S. competitiveness in semiconductor manufacturing: priorities for CHIPS Act incentives", *CSET Policy Brief*, Georgetown, Center for Security and Emerging Technology (CSET).

Hwang, S. y otros (2020), *Symbiosis of Semiconductors, AI and Quantum Computing*, San Francisco, Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE).

Investopedia (2024), "Public-private partnerships (PPPs): definition, how they work and examples", Nueva York [en línea] https://www.investopedia.com/terms/p/public-private-partnerships.asp.

Jenkins, J. y otros (2022), "Preliminary report: the climate and energy impacts of the Inflation Reduction Act of 2022, Princeton, Universidad de Princeton [en línea] https://cpree.princeton.edu/sites/g/files/toruqf651/files/documents/2022-09-12%20-%20Inflation%20Reduction%20Act%20and%20Path%20to%20Net-/Zero.pdf.

Jie, Y., S. Yang y A. Fitch (2021), "The world relies on one chip maker in Taiwan, leaving everyone vulnerable", *The Wall Street Journal*, Nueva York, 19 de junio [en línea] https://www.wsj.com/articles/the-world-relies-on-one-chip-maker-in-taiwan-leaving-everyone-vulnerable-11624075400.

Johnson, C. (1982), *MITI and the Japanese Miracle: The Growth of Industrial Policy 1925-1975*, Palo Alto, Stanford University Press.

Johnson, E. (2022), "The CHIPS and Science Act. Title V: broadening participating in science", Washington, D.C., Comité de Ciencia, Espacio y Tecnología de la Cámara de Representantes de los Estados Unidos [en línea] https://democrats-science.house.gov/imo/media/doc/STEM%20Participation.pdf.

Kane, M. (2022), "Tesla production sites by model assignment, capacity: July 2022", Nueva York, InsideEVs, 21 de julio [en línea] https://insideevs.com/news/599706/tesla-production-sites-model-assignment-july2022/.

Kroenig, M. (2020), *The Return of Great Power Rivalry*, Nueva York, Oxford University Press.

Kuttner, R. (2022), "China: epicenter of the supply chain crisis", *The American Prospect*, Washington, D.C., 1 de febrero [en línea] https://prospect.org/economy/china-epicenter-of-the-supply-chain-crisis/.

Lambert, F. (2021), "Tesla opening Supercharger network will enable access to the new $7.5 billion EV funding in US", Electrek, 3 de agosto [en línea] https://electrek.co/2021/08/03/tesla-opening-supercharger-network-access-7-billion-ev-funding-us/.

Lapedus, M. (2018), "A crisis in DoD's trusted foundry program?", Silicon Valley, Semiconductor Engineering, 22 de octubre [en línea] https://semiengineering.com/a-crisis-in-dods-trusted-foundry-program/.

Lazonick, W. (2011), "There went the sun: renewable energy needs patient capital", *The Huffington Post*, Nueva York, 23 de septiembre [en línea] https://www.huffpost.com/entry/there-went-the-sun-renewa_b_978572.

Lo, A. (2020), "The First COVID-19 Vaccine in the Clinic: A Lecture with Stephane Bancel, CEO of Moderna", Cambridge, MIT Laboratory for Financial Engineering, 20 de abril [en línea] https://www.youtube.com/watch?v=XvYiu0J_lrI.

Lopez, G. (2021), "How Congress wrecked its own science bill, explained in 600 words", *Vox*, Washington, D.C., Vox Media, 4 de junio [en línea] https://www.vox.com/2021/6/4/22518923/endless-frontier-act-innovation-competition-act-china-congress.

Lott, M. (2011), "Solyndra – illuminating energy funding flaws?", *Scientific American*, Berlín, Springer, 27 de septiembre [en línea] https://blogs.scientificamerican.com/plugged-in/solyndra-illuminating-energy-funding-flaws/.

Macrotrends (2023), "Tesla Market Cap 2010-2023" [en línea] https://www.macrotrends.net/stocks/charts/TSLA/tesla/market-cap.

Maher, E. (2021), "Manufacturing our way into the future", Denver, Conferencia Nacional de Legislaturas Estatales (NCSL), inédito.

Majeed, Z. (2021), "NASA 2008 contract saved SpaceX from fourth straight failure, admits Elon Musk", *Republic*, Kolkata, 5 de agosto [en línea] https://www.republicworld.com/technology-news/science/nasa-2008-contract-saved-spacex-from-fourth-straight-failure-admits-elon-musk.html.

Mandavilli, A. (2022), "New infectious threats are coming: the U.S. probably won't contain them", *The New York Times*, Nueva York, 29 de septiembre [en línea] https://www.nytimes.com/2022/09/29/health/pandemic-preparedness-covid-monkeypox.html.

Mazzucato, M. (2021), *Mission Economy: A Moonshot Guide to Changing Capitalism*, Nueva York, Harper Business.

Mazzucato, M., R. Kattel y J. Ryan-Collins (2020), "Challenge-driven innovation policy: towards a new policy toolkit", *Journal of Industry, Competition and Trade*, vol. 20, Berlín, Springer.

Mervis, J. (2023), "National Science Foundation grants aim to revitalize underserved U.S. regions", *Science*, Washington, D.C., Asociación Estadounidense para el Progreso de la Ciencia (AAAS), 5 de julio [en línea] https://www.science.org/content/article/contenders-giant-nsf-grants-aim-revitalize-left-behind-regions.

Miller, C. (2022), *Chip War: The Fight for the World's Most Critical Technology*, Nueva York, Scribner.

Miller, J. (2022), *The Vaccine: Inside the Race to Conquer the COVID-19 Pandemic*, Nueva York, St. Martin's Press.

Motoyama, Y. (2008), "What was new about the cluster theory? What could it answer and what could it not answer?", *Economic Development Quarterly*, vol. 22, N° 4, Thousand Oaks, SAGE Publications.

Murphy, R. (2022), "What is the Department of Energy (DOE) Loan Programs Office?", Nueva York, Investopedia, 6 de septiembre [en línea] https://www.investopedia.com/department-energy-loan-programs-office-6504004.

Naughton, B. (2021), *The Rise of China's Industrial Policy 1978 to 2020*, Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Oficina del Censo de los Estados Unidos (2022), "Trade in goods with advanced technology products", Washington, D.C. [en línea] https://www.census.gov/foreign-trade/balance/c0007.html.

Oqubay, A. y otros (eds.) (2020), *The Oxford Handbook of Industrial Policy*, Oxford, Oxford University Press.

Ortiz, C. (2016), "DMEA Trusted Foundry Program", Arlington, Asociación Industrial de Defensa Nacional (NDIA), 7 de diciembre [en línea] https://www.ndia.org/-/media/sites/ndia/meetings-and-events/divisions/systems-engineering/past-events/division-meetings/2016-december/ndia-se-tfp-outreach-201612072.ashx.

Page, J. y F. Tarp (eds.) (2017), *The Practice Industrial Policy: Government-Business Coordination in Africa and East Asia*, Oxford, Oxford University Press.

Porter, M. (1998), "Clusters and the new economics of competition", *Harvard Business Review*, Boston, Harvard Business Publishing, noviembre-diciembre.

Rezvani, A. (2022), "You can get a $7500 credit to buy an electric car, but it's really complicated", Washington, D.C., National Public Radio (NPR), 22 de agosto [en línea] https://www.npr.org/2022/08/22/1118052620/tax-credit-electric-cars-vehicles-tesla-gm-inflation-reduction-act-climate.

Roberston, C. y D. Hamilton (2020), "Economic rights as industrial policy", *The American Prospect*, Washington, D.C., 21 de octubre [en línea] https://prospect.org/familycare/economic-rights-as-industrial-policy/.

Robyn, D. (2022), "Mission money and process makeover: how federal procurement can catalyze clean energy investment and innovation", Washington, D.C., Fundación de Innovación y Tecnología de la Información (ITIF) [en línea] https://www2.itif.org/2022-federal-buying-power.pdf.

Rodrik, D. (2022), "An industrial policy for good jobs", Washington, D.C., Institución Brookings, 28 de septiembre [en línea] https://www.brookings.edu/articles/an-industrial-policy-for-good-jobs/.

_____(2008), "Industrial policy: don't ask why, ask how", *Middle East Development Journal*, Giza, Economic Research Forum (ERF).

_____(2004), "Industrial policy for the twenty-first century", Cambridge, Universidad de Harvard [en línea] https://drodrik.scholar.harvard.edu/files/dani-rodrik/files/industrial-policy-twenty-first-century.pdf.

Ruegg, R. (2008), "The advanced technology program, its evaluation plan, and progress in implementation", *The Journal of Technology Transfer*, vol. 23, Berlín, Springer.

Ruegg, R. e I. Feller (2003), *A Toolkit for Evaluating Public R&D Investment: Models, Methods, and Findings from ATP's First Decade*, Gaithersburg, Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST).

Saxenian, A. (2009), "Brain circulation and regional innovation: the Silicon Valley-Hsinchu-Shangai triangle", *The Economic Geography of Innovation*, K. Polenkse (ed.), Cambridge, Cambridge University Press.

Service, R. (2021), "'Big step forward'. Energy expert analyzes the new U.S. infrastructure bill", *Science*, Washington, D.C., Asociación Estadounidense para el Progreso de la Ciencia (AAAS), 11 de agosto [en línea] https://www.sciencemag.org/news/2021/08/big-step-forward-energy-expert-analyzes-new-us-infrastructure-bill.

Sharp, J. y K. Kenyatta (2020), "The cost of speed: FDA regulatory flexibilities during the coronavirus pandemic", Nueva York, The Commonwealth Fund, 20 de agosto [en línea] https://www.commonwealthfund.org/blog/2020/fda-regulatory-flexibilities-during-coronavirus-pandemic.

SIA (Semiconductor Industry Association) (2019), *2019 Factbook*, Washington, D.C.

Slaoui, M. y M. Hepburn (2020), "Developing safe and effective Covid vaccines - Operation Warp Speed's strategy and approach", *The New England Journal of Medicine*, vol. 383, N° 18, Waltham, Sociedad Médica de Massachusetts.

Slater, G. (2021), "American technology leadership is critical to semiconductor supply chain resiliency", Santa Clara, Intel Corporation, 8 de junio [en línea] https://blogs.intel.com/policy/2021/06/08/american-technology-leadership-is-critical-to-semiconductor-supply-chain-resiliency/#gs.8t4ndh.

Strub, D. (2019), "China's innovation policy and the quest for semiconductor autonomy – Q&A with Dieter Ernst", Shanghai, AmCham Shanghai, 23 de mayo [en línea] https://www.amcham-shanghai.org/en/article/semiconductor-dieter-ernst.

Tooze, A. (2021), *Shutdown: How Covid Shook the World's Economy*, Nueva York, Penguin Random House.

Triolo, P. (2021), "The future of China's semiconductor industry", *American Affairs*, vol. 5, N° 1, Boston, American Affairs Foundation (AAF).

Tucker, T. (2019), *Industrial Policy and Planning: What It Is and How to Do It Better*, Nueva York, Instituto Roosevelt.

UNCTAD (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo) (2016), *Virtual Institute Teaching Material on Structural Transformation and Industrial Policy*, Ginebra.

Vance, C. (2015), *Elon Musk: Tesla, SpaceX, and the Quest for a Fantastic Future*, Nueva York, HarperCollins.

Vardi, N. (2020), "The race is on: why Pfizer may be the best bet to deliver a vaccine by the fall", *Forbes*, Nueva York, 20 de mayo [en línea] https://www.forbes.com/sites/nathanvardi/2020/05/20/the-man-betting-1-billion-that-pfizer-can-deliver-a-vaccine-by-this-fall/?sh=29b843c4382e.

Warner, M. (2020), "Bipartisan, bicameral bill will help bring production of semiconductors, critical to national security, back to U.S.", Washington, D.C., 10 de junio [en línea] https://www.warner.senate.gov/public/index.cfm/2020/6/bipartisan-bicameral-bill-will-help-bring-production-of-semiconductors-critical-to-national-security-back-to-u-s.

Warwick, K. (2013), "Beyond industrial policy: emerging issues and new trends", *OECD Science, Technology and Industrial Policy Paper*, N° 2, París, Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE).

Weiss, C. y W. Bonvillian (2009), *Structuring an Energy Technology Revolution*, Cambridge, MIT Press.

Weller, N. y otros (2020), "Blinded by the frontier", *Issues in Science and Technology*, Tempe, Universidad Estatal de Arizona, 17 de julio [en línea] https://issues.org/endless-frontier-act-and-public-values/.

Wessner, C. (ed.) (2001), *The Advanced Technology Program: Assessing Outcomes*, Washington, D.C., National Academy Press.

Young, T. (2020), "Young, Schumer unveil Endless Frontier Act to bolster U.S. tech leadership and combat China", Washington, D.C., 27 de mayo [en línea] https://www.young.senate.gov/newsroom/press-releases/young-schumer-unveil-endless-frontier-act-to-bolster-us-tech-leadership-and-combat-china.

Ante la competencia tecnológica de China, el cambio climático y una pandemia mundial, entre 2020 y 2022, los Estados Unidos emprendieron importantes programas de política industrial, pese a su tradicional renuencia a estas estrategias. Estos programas, centrados en promover la innovación tecnológica, constituyen ejemplos de políticas de innovación industrial. Su escala y enfoque en sectores no vinculados a la defensa no tienen precedentes. En este estudio se examinan seis ejemplos de estas nuevas políticas de innovación industrial, que abarcan intervenciones del Gobierno en etapas de la innovación posteriores a la investigación, como desarrollo, elaboración de prototipos, pruebas, demostraciones y producción.

Estas políticas ilustran enfoques diversos, como los de estrategias descendentes —el Gobierno selecciona y apoya a empresas específicas— o estrategias ascendentes —se ofrecen incentivos para alcanzar objetivos tecnológicos públicos—. Sin embargo, persisten deficiencias en ámbitos como el financiamiento para la escalabilidad, el apoyo a la fabricación avanzada y la coordinación interinstitucional, aunque se están realizando esfuerzos para subsanarlas. A pesar de su economía sumamente desarrollada, los Estados Unidos experimentan con modelos de políticas industriales que podrían ser útiles para las naciones en desarrollo al afrontar los desafíos del siglo XXI.

CEPAL
Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)
Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC)
www.cepal.org
LC/TS.2024/13