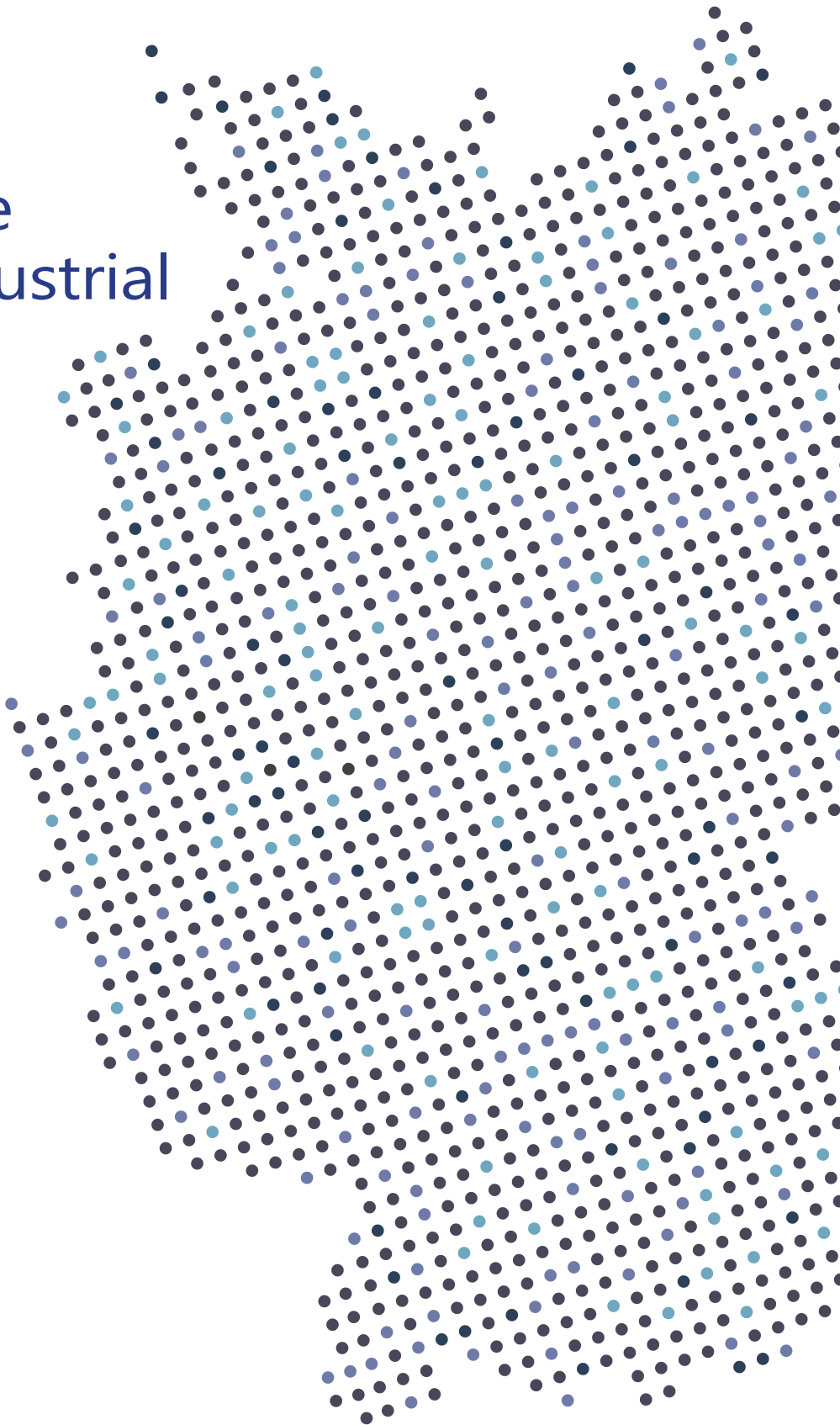


Tendencias de la política industrial en Alemania

Tilman Altenburg



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



NACIONES UNIDAS



www.cepal.org/es/publications



www.instagram.com/publicacionesdelacepal



www.facebook.com/publicacionesdelacepal



www.issuu.com/publicacionescepal/stacks



www.cepal.org/es/publicaciones/apps

Tendencias de la política industrial en Alemania

Tilman Altenburg



NACIONES UNIDAS

CEPAL



cooperación
alemana

DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Este documento fue preparado por Tilman Altenburg, Consultor 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 de la Unidad de Inversiones y Estrategias Empresariales, ambas 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", que forma parte del programa de cooperación entre la 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 documento original en inglés sin edición formal, son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de las Naciones Unidas o las de los países que representan.

Publicación de las Naciones Unidas
LC/TS.2024/101
Distribución: L
Copyright © Naciones Unidas, 2024
Todos los derechos reservados
Impreso en Naciones Unidas, Santiago
S.2400450[S]

Esta publicación debe citarse como: T. Altenburg, "Tendencias de la política industrial en Alemania", *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2024/101), 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
I. Breve panorama de la génesis y las particularidades del desarrollo y la política industriales en Alemania	9
A. Sinopsis de la competitividad industrial de Alemania	9
B. Génesis de la política industrial alemana	11
C. Principales características del sistema y la política industriales de Alemania	12
D. Integración en los marcos de política de la Unión Europea	13
II. Una nueva era de política industrial más intervencionista: responder a los megadesafíos interrelacionados	15
A. Tendencias recientes de la política industrial.....	15
B. La ecologización de las industrias.....	16
1. Tendencias mundiales hacia una política industrial ecológica	16
2. La política industrial ecológica en Alemania	19
3. La política industrial ecológica en la Unión Europea	20
C. Rivalidad geopolítica, tecnonacionalismo e interrupciones de la cadena de suministro	21
1. Tendencias mundiales hacia el tecnonacionalismo	21
2. El auge del tecnonacionalismo en Alemania	23
3. El tecnonacionalismo en la Unión Europea	24
III. Estudios de casos de políticas industriales específicas	27
A. Energía solar y eólica: éxito en el desarrollo del mercado, menor éxito en el desarrollo industrial.....	27
B. El hidrógeno verde: impulsar una industria naciente	32
C. Hacer frente a la transformación digital: ¿el talón de Aquiles de la economía alemana?	38
IV. Conclusiones y lecciones para los países de América Latina y el Caribe	45
Bibliografía	51

Cuadro

Cuadro 1	Alemania: principales objetivos y políticas clave en la actualización de la Estrategia Nacional del Hidrógeno para 2023.....	37
----------	--	----

Gráficos

Gráfico 1	Fases del pensamiento y la práctica de la política industrial, 1950 -2023	8
Gráfico 2	Principales economías industriales: gasto en política industrial, 2019	16
Gráfico 3	Alemania: capacidad neta instalada de producción de electricidad 2002-2022	28
Gráfico 4	América Latina (5 países) y otras economías seleccionadas: gasto interior bruto en I+D.....	46

Diagramas

Diagrama 1	Alemania: patrones de especialización de las pequeñas y medianas empresas frente a las grandes empresas en economías avanzadas y rezagadas	10
Diagrama 2	Principales tecnologías digitales habilitadoras de la transformación industrial	39
Diagrama 3	Potencial de eslabonamientos industriales del hidrógeno verde	48

Introducción

El debate sobre la política industrial ha experimentado cambios radicales en los últimos tiempos. Hasta principios de siglo, la política industrial había sido objeto de duras críticas por parte de los economistas ortodoxos, que sostenían que los mercados sin trabas eran más eficaces que los "burócratas" a la hora de asignar las inversiones. Los autores estructuralistas (Amsden, 1992; Stiglitz, 1997; Wade, 2003; Cimoli, Dosi y Stiglitz, 2009) siempre habían rechazado los supuestos subyacentes destacando, en primer lugar, la omnipresencia de fallos del mercado y la importancia de los objetivos sociales, algunos de los cuales pueden requerir acuerdos con las inversiones del sector privado (como la mitigación del cambio climático y el equilibrio de las condiciones de vida en las distintas regiones; Altenburg y Lütkenhorst, 2015); y en segundo lugar, conceptualizando la política industrial como un proceso coordinado de búsqueda tanto pública como privada de trayectorias tecnoeconómicas realistas y deseables y de intervenciones políticas asociadas, en lugar de que sean los burócratas quienes "elijan ganadores" desde arriba (Evans, 1995; Rodrik, 2008). Mientras el discurso neoliberal dominaba la formulación de políticas económicas en muchos países de América Latina y África, los responsables de formular políticas y los profesionales de otras partes del mundo, especialmente de Asia Oriental y Europa, permanecieron en gran medida inmunes a las derivas ideológicas y siguieron aplicando pragmáticamente políticas industriales para proteger y mejorar ámbitos específicos de sus economías.

En la primera década del siglo XXI, el rechazo ideológico a la política industrial dio paso gradualmente a un consenso más pragmático y con base empírica. Los trabajos de Rodrik (2004 y 2008) y Lin y Monga (2011), aunque no abrazaban plenamente la perspectiva de los estructuralistas (Chang y Andreoni, 2020), convencieron a una gran parte de sus colegas de la economía neoclásica y a muchos gobiernos de que las intervenciones en los procesos de transformación estructural son tan "normales" como la orientación normativa en otros ámbitos menos polémicos de gran parte de la formulación de políticas. La descripción de Rodrik de la "política industrial para el siglo XXI" (2004) influyó de forma especial en la aceptación de una versión pragmática de la política industrial. Este puede denominarse el primer cambio de paradigma de la política industrial del siglo XXI.

Sin embargo, la economía mundial ha cambiado considerablemente desde entonces, con profundas implicaciones para las políticas industriales. El cambio tecnológico se está acelerando, impulsado especialmente por la revolución digital. La aparición de las economías de plataforma, la automatización de las fábricas y la integración digital de las cadenas de valor (Internet de las cosas) tienen profundas implicaciones para la estructura de las economías y el comercio internacional. Además, se espera que la inteligencia de datos (o macrodatos) y la inteligencia artificial tengan marcados efectos en las próximas décadas (Hallward-Driemeier y Nayyar 2017; Lütkenhorst, 2018). A estas tendencias se suman las crecientes tensiones entre los principales bloques económicos, en respuesta a las cuales los países han comenzado a vincular sus políticas industriales a cuestiones de seguridad nacional, erigiendo barreras comerciales y protegiendo las industrias nacionales que consideran estratégicas. La reciente oleada sin precedentes de interrupciones de la cadena de suministro, desencadenada por la pandemia de enfermedad por coronavirus (COVID-19) y la invasión de Ucrania por parte de la Federación de Rusia, ha acentuado aún más la preocupación por la independencia industrial. Por último, pero no por ello menos importante, la creciente concienciación sobre los efectos del cambio climático y otras amenazas medioambientales ha dado lugar a un nuevo conjunto de políticas industriales concebidas para conducir a las economías hacia la descarbonización y la circularidad.

Dos tendencias que merecen gran atención, ya que están cuestionando poderosamente el consenso anterior sobre política industrial, son la ecologización de las industrias, y la rivalidad geopolítica, el tecnonacionalismo y las interrupciones de la cadena de suministro. Ambas proceden de lógicas muy diferentes, pero tienen importantes puntos en común en lo que se refiere a la política industrial: exigen una implicación mucho más profunda por parte del Estado y de los agentes sociales en la configuración de la economía, por lo que se alejan aún más de la concepción inicial de los mercados como institución clave que garantiza la eficiencia productiva. De hecho, se está observando un cambio asombrosamente rápido y radical en las principales economías, tanto de pensamiento como en la práctica, orientado a la intervención en el mercado. Esto es lo que se denomina el segundo cambio de paradigma de la política industrial del siglo XXI¹.

- i) **Ecologización de las industrias.** La necesidad de disociar el desarrollo económico del consumo de recursos y las emisiones ha pasado a ocupar ya un lugar destacado entre los objetivos políticos de todo el mundo. Las proyecciones sobre el calentamiento global exigen una profunda transformación económica orientada hacia la descarbonización y, en un sentido más amplio, a la disociación de la actividad económica del consumo de recursos. Esta transformación requiere una fuerte intervención gubernamental: en primer lugar, debido a las externalidades medioambientales generalizadas, que exigen intervenciones para internalizarlas (precios, prohibiciones, normas); en segundo lugar, por la necesidad de transformar subsistemas económicos enteros, como los sistemas energético y de transportes, lo que conlleva un aumento de la coordinación y de los fallos de información; y en tercer lugar, porque se necesitan nuevos acuerdos internacionales para armonizar los esfuerzos ecologistas internacionales mediante el establecimiento de asociaciones energéticas, mecanismos de ajuste en frontera por carbono y compromisos de transferencia de tecnología, entre otros. Los esfuerzos para ecologizar las industrias se manifiestan en los pactos verdes nacionales y regionales así como en los planes de acción para la descarbonización y la economía circular.

¹ La aceleración digital podría considerarse un factor de inflexión adicional, pero el análisis de las respuestas de Alemania en materia de política industrial (véase la sección III) muestra que estas están más en consonancia con el paradigma anterior de intervenciones leves en el mercado.

- ii) **Rivalidad geopolítica, tecnonacionalismo e interrupciones de la cadena de suministro.** En estos tiempos de mercados internacionales que funcionan de forma imperfecta, cada vez se hace más hincapié en asegurar los suministros nacionales y proteger las industrias nacionales. Dos acontecimientos recientes han mostrado claramente las limitaciones de los suministros nacionales basados en el libre comercio y han desencadenado una ola de proteccionismo y respuestas en materia de política industrial nacional. En primer lugar, las tensiones políticas entre los grandes bloques económicos, especialmente entre China y Occidente y, más recientemente, entre la Federación de Rusia y Occidente. La creciente rivalidad geopolítica y económica conlleva la amenaza real de que se impongan embargos comerciales contra los rivales, lo que ha llevado a los políticos y a las industrias nacionales a volver a las políticas mercantilistas para reestructurar sus relaciones comerciales mediante el apoyo a campeones nacionales en industrias estratégicas (como los semiconductores), la prohibición de la adquisición extranjera de tecnologías estratégicas (como robótica industrial), y la prohibición del uso de tecnologías extranjeras que se consideran relevantes para la seguridad nacional (caso Huawei, 5G). En segundo lugar, las interrupciones de la cadena mundial de suministro a una escala sin precedentes debido a la pandemia de COVID-19, la guerra de Ucrania y otros acontecimientos. La escasez temporal de energía y alimentos tiene repercusiones desastrosas (crisis alimentarias, inflación mundial). La escasez de suministros médicos críticos en tiempos de pandemia puso de manifiesto la necesidad de que las capacidades de producción estén más distribuidas y de que exista un mayor control nacional de los suministros. Todas estas tendencias han creado una nueva legitimidad política para anteponer los intereses nacionales e intervenir en los mercados para ganar independencia. El mercantilismo vuelve a estar en el orden del día, en parte por buenas razones, pero también con todos sus riesgos de ineficacia, intervenciones arbitrarias en los mercados e interferencia política.

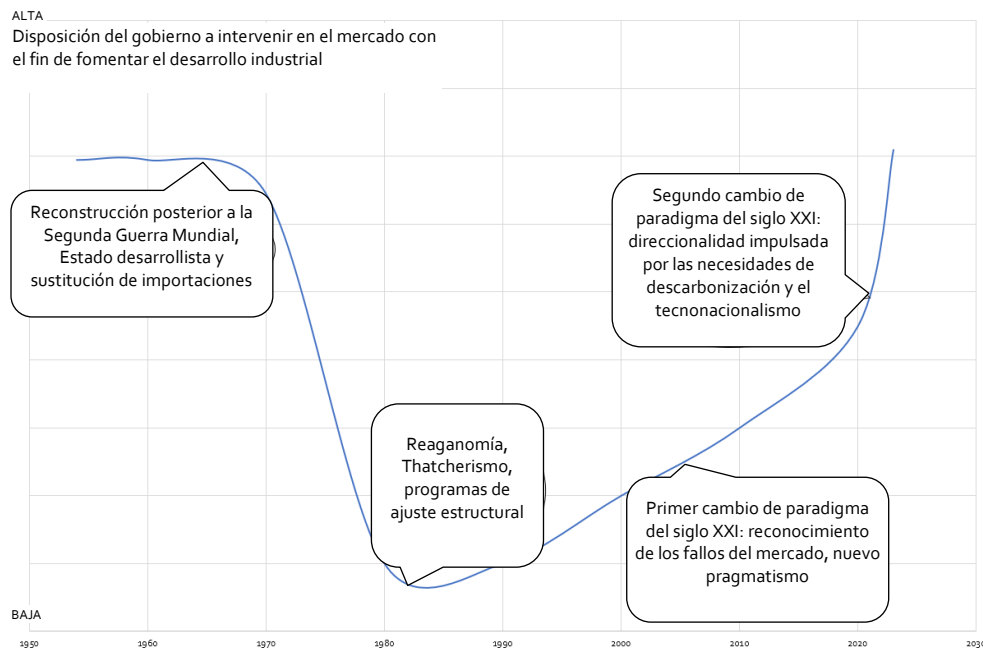
Estas tendencias suponen un alejamiento radical de los supuestos anteriores que situaban a los mercados como principales impulsores de la transformación estructural, especialmente si se comparan con el paradigma neoliberal de finales del siglo pasado. El gráfico 1 muestra cómo ha cambiado a lo largo del tiempo la disposición de los gobiernos a intervenir en materia de política industrial en los mercados: desde el panorama posterior a la Segunda Guerra Mundial, cuando la reconstrucción en los países de posguerra y la industrialización mediante sustitución de importaciones en los países en desarrollo requerían una política industrial activa, pasando por la oleada neoliberal de los años ochenta y principios de los noventa, hasta el surgimiento de un consenso en favor de intervenciones pragmáticas y leves y, más recientemente, la nueva oleada de fuertes intervenciones para mejorar la soberanía tecnológica y acelerar la descarbonización.

Aunque este estudio explora estos cambios centrándose especialmente en Alemania, el análisis se inserta en un examen de las tendencias de los principales bloques económicos de la economía mundial —China, los Estados Unidos y Europa—, teniendo en cuenta que los cambios de la política alemana son, en gran medida, respuestas directas a las tendencias de los bloques económicos cada vez más dominantes (los Estados Unidos y China) y a la relación entre ellos. Las políticas industriales alemanas responden a los retos globales en cuanto a mitigación del cambio climático, rivalidad geopolítica, securitización de la política industrial y aumento de los mercados oligopolísticos en industrias estratégicas.

En este estudio se procura hacer dos contribuciones al debate en América Latina y el Caribe: en primer lugar, llamar la atención sobre la necesidad de que la región responda a las tendencias de la economía mundial y, al igual que Europa y Alemania, defina su posición en una economía internacional cada vez más dominada por dos superpotencias y sus crecientes esfuerzos por construir y mantener su hegemonía mediante intervenciones en el comercio y en las cadenas de valor

mundiales. En segundo lugar, documentar la experiencia reciente de Alemania en materia de política industrial, pues es un caso interesante que puede ofrecer lecciones para otros países, incluidos los de América Latina y el Caribe. En el caso alemán destacan tres factores: ante todo, se trata de una gran potencia manufacturera con una larga tradición en formulación de políticas industriales y en autonomía integrada; en segundo lugar, tiene bastante influencia (junto con Francia) en la formulación de las políticas europeas, y por último, marca tendencia en algunos aspectos del reciente cambio de paradigma de la política industrial.

Gráfico 1
Alemania: fases del pensamiento y la práctica de la política industrial, 1950 - 2023



Fuente: Elaboración propia.

El resto del estudio consta de cuatro capítulos. En el capítulo I se ofrece una breve historia de la política industrial en Alemania y pone de relieve ciertas características que hacen que su enfoque nacional en materia de política industrial sea único (y, en general, relativamente exitoso), como su estructura corporativista, el pragmatismo generalizado de los principales partidos políticos e industrias, y su sólida base de investigación y desarrollo (I+D) e instituciones de investigación aplicada. En esta sección también se explican brevemente las interrelaciones entre las políticas nacionales y las de la Unión Europea, pues los Estados nación europeos delegan competencias importantes a la escala supranacional. A continuación, el capítulo II se centra en la fase más reciente de la formulación de políticas industriales, de los últimos 5 a 10 años, caracterizada por la compleja interacción de esfuerzos orientados a crear y mantener industrias competitivas, realizar la transición a economías verdes y afrontar las rivalidades geopolíticas en el contexto de una economía mundial cada vez más mercantilista y hostil. Estas nuevas tendencias se analizan desde una perspectiva global antes de centrarse en las respuestas de Alemania a los retos mundiales en materia de política industrial. En el capítulo III se profundiza en algunas iniciativas concretas de política industrial alemana, a modo de ejemplo, que sirven para ilustrar la diversidad de experiencias en cuanto a retos, diseño de políticas, éxitos y fracasos de la política industrial alemana. Por último, en el capítulo IV se reflexiona brevemente sobre las implicaciones de lo observado para América Latina y el Caribe, tanto en lo relativo a cómo abordar las nuevas reglas de la economía mundial como a aprender de los éxitos y fracasos de Alemania.

I. Breve panorama de la génesis y las particularidades del desarrollo y la política industriales en Alemania

A. Sinopsis de la competitividad industrial de Alemania

En general, la economía alemana es muy competitiva y ocupa el decimoquinto puesto en el Informe de Competitividad Global (IMD, 2022). La economía alemana está muy orientada a la exportación: su porcentaje de exportaciones en el producto interno bruto (PIB) (50,3% en 2022) es uno de los más altos del mundo². Alemania ocupa el tercer puesto en el Índice de complejidad económica mundial, que mide la capacidad productiva de un país³. Su capacidad productiva está muy diversificada, lo que facilita la recombinación de capacidades para entrar en nuevos sectores e impulsar el desarrollo económico futuro (Hidalgo y Hausmann, 2009). El valor agregado manufacturero contribuye en un 19,9% al PIB alemán, porcentaje muy superior al de otras grandes economías, con la notable excepción de China⁴. Sus principales exportaciones son de productos industriales cuya producción requiere muchos conocimientos: vehículos de motor y sus piezas (15,6% de las exportaciones totales), maquinaria (13,3%) y productos químicos (10,4%)⁵. Estas, a su vez, están estrechamente asociadas a actividades de servicios de alto valor, como la ingeniería y la logística sofisticada.

En comparación con otras grandes economías industrializadas, llama la atención la diversidad de tamaños de las empresas, caracterizada por un *Mittelstand* (medianas empresas) excepcionalmente competitivo. Muchas medianas empresas (denominadas las "campeonas ocultas" (Simon, 2009)) son líderes del mercado mundial en nichos tecnológicos específicos, mientras otras son proveedoras especializadas para grandes empresas, como en la industria del automóvil, entre otras. La tendencia

² Véase [en línea] <https://data.worldbank.org/indicator/NE.EXP.GNFS.ZS?locations=DE>.

³ Véase [en línea] <https://atlas.cid.harvard.edu/rankings>.

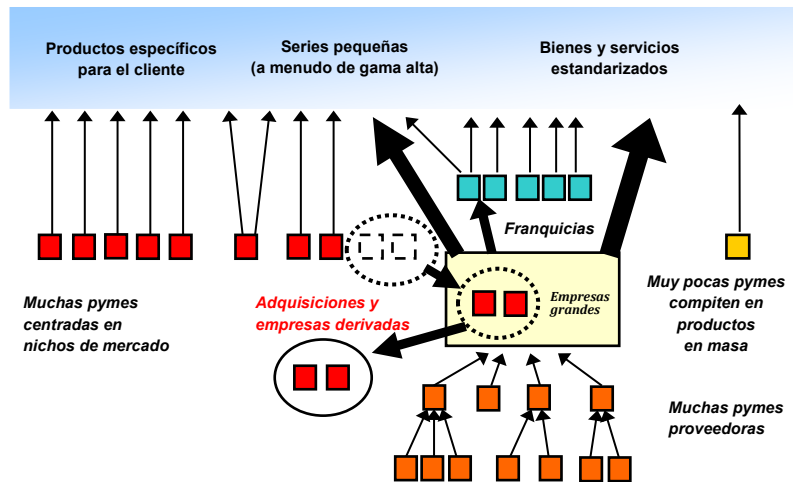
⁴ Los Estados Unidos, Reino Unido, Francia y España se sitúan entre el 10% y el 11%. Véase [en línea] <https://w3.unece.org/SDG/en/Indicator?id=129>.

⁵ Véase [en línea] <https://www.destatis.de/EN/Themes/Economy/Foreign-Trade/trading-goods.html>.

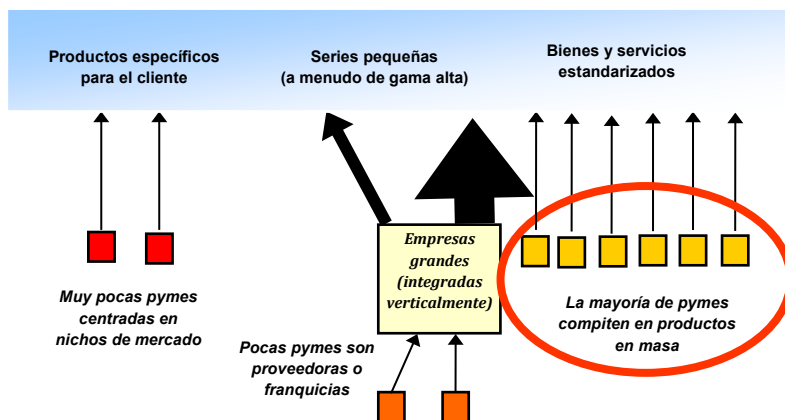
general es que las pequeñas y medianas empresas, en lugar de intentar competir con las grandes empresas, las complementan en actividades donde las economías de escala son menos importantes. Esto no es lo que suele ocurrir en países con una gran proporción de empresarios por necesidad y cuyos sistemas de formación técnica y profesional no son lo suficientemente robustos como para crear las capacidades que requiere un sector de pymes especializado y eficiente (Altenburg y Eckhardt, 2006); véase el diagrama 1).

Diagrama 1
Alemania: patrones de especialización de las pequeñas y medianas empresas frente a las grandes empresas en economías avanzadas y rezagadas

A. Pymes especializadas que complementan a las grandes empresas en las economías avanzadas



B. Pymes poco especializadas que compiten con las grandes empresas en economías rezagadas



Fuente: Actualizado de T. Altenburg y U. Eckhardt, *Productivity Enhancement and Equitable Development: Challenges for SME Development*, Viena, Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), 2006.

Los buenos resultados de la industria alemana se apoyan sobre un sólido sistema nacional de innovación (Allen, 2015) así como inversiones elevadas en I+D (3,1% del PIB). Alemania cuenta con un gran número de investigadores especializados en institutos dedicados como la Sociedad Fraunhofer, una de las principales instituciones mundiales de investigación aplicada, que cuenta con 76 institutos y

más de 30.000 empleados. En dichos institutos especializados se exploran tecnologías clave para el futuro en estrecha colaboración con la industria. Del mismo modo, existen universidades técnicas y politécnicas en toda Alemania (Fasteau y Fletcher, en prensa).

Con todo, la economía del país también presenta puntos débiles que explican por qué Alemania ha retrocedido hasta el decimoquinto puesto del índice mundial de competitividad. Uno de ellos es su relativo descuido de la digitalización, tanto en la economía como en la sociedad en general (véase el capítulo III.A). En el índice de economía y sociedad digitales (DESI) 2022 de la Comisión Europea, Alemania se sitúa cerca de la media de la Unión Europea, claramente por detrás de las economías digitales europeas más avanzadas como Finlandia, Dinamarca, Reino de los Países Bajos y Suecia (Comisión Europea, 2022).

Otro punto débil de la economía del país es su cultura pobre en materia de jóvenes empresas emergentes. La creación de nuevas empresas se considera importante para la innovación y la competitividad, pues los nuevos participantes en el mercado desafían a las empresas ya establecidas. Aunque muchas empresas emergentes fracasen, las que sobreviven aportan nuevas ideas de negocio que pueden superar a las existentes u obligarlas a adaptarse a ellas. Así, la entrada, salida y adaptación de empresas impulsan la innovación, pero en Alemania este proceso es mucho menos dinámico que en otras grandes economías industriales. En consecuencia, mientras los Estados Unidos y China producen continuamente empresas unicornio (empresas privadas de nueva creación valoradas en más de 1.000 millones de dólares), estas rara vez emergen en Alemania, e incluso menos que en otros países europeos⁶.

B. Génesis de la política industrial alemana

Desde una perspectiva histórica, Alemania ha ido a la zaga en comparación con Inglaterra, así que cuando empezó a industrializarse tuvo que hacerlo frente a un competidor tecnológicamente mucho más avanzado que, además, había aprovechado su posición de monopolio durante una década para crear enormes economías de escala en la producción. En el siglo XIX, Alemania inició su andadura industrial como una confederación laxa de regiones competidoras, pero algunas de ellas, especialmente Prusia, empezaron a utilizar la protección comercial para crear industrias de forma sistemática, siguiendo en las ideas de Friedrich List (1841). Además, el Estado concedía ayudas estatales a las grandes empresas, o a los cárteles de empresas, y fomentaba la investigación aplicada. En 1871, Alemania se unificó en el Imperio Alemán (*Deutsches Reich*), que pronto adoptó un enfoque desarrollista para impulsar sus grandes industrias, con especial atención en los intereses militares. La industria alemana empezó a prosperar en los sectores del acero, el carbón, los productos químicos, el vidrio y otras grandes industrias. También empezó a sentar las bases de su sólido sistema nacional de innovación mediante la creación de universidades técnicas estrechamente vinculadas a la industria así como un sistema único de formación técnica y profesional. Surgió un sistema bancario fuertemente arraigado en las regiones que también mantenía estrechos vínculos con la industria (Fasteau y Fletcher, en prensa).

La ideología de la política industrial de la posguerra estaba orientada al mercado, si bien con muchas desviaciones pragmáticas, tanto para mitigar los efectos socioeconómicos de las industrias en declive como para fomentar nuevas industrias estratégicas. Los ejemplos más destacados de los esfuerzos de política industrial para amortiguar el declive industrial se centraron en el complejo del carbón y el acero y en la construcción naval:

- A finales de la década de los cincuenta, cuando la industria minera del carbón en Alemania entró en crisis debido al abaratamiento de las importaciones de fuentes de energía fósiles, esta fue objeto de fuertes subvenciones dirigidas a paliar la pérdida de empleo y la

⁶ Véase [en línea] <https://www.cbinsights.com/research-unicorn-companies>.

desindustrialización de las regiones mineras así como a mantener la soberanía energética nacional. Entre 1958 y 1967, esta industria recibió subvenciones por valor de 17.100 millones de marcos (Grabbas y Nützenadel, 2013, pág. 39 y ss.)⁷.

- Desde los años sesenta, la competitividad de la industria naval alemana disminuyó frente a los astilleros de Asia Oriental. La construcción naval alemana recibió 2.440 millones de marcos entre 1966 y 1975 (Grabbas y Nützenadel, 2013, pág., 40).

Ninguno de estos regímenes de subvenciones fueron capaces de mantener las respectivas industrias. La minería del carbón se abandonó y la construcción naval solo sobrevivió en pequeños nichos de mercado.

En cambio, el apoyo a nuevas industrias y las transiciones de industrias competitivas fueron a menudo un éxito. En la década de los sesenta, las tecnologías relacionadas con la energía nuclear se desarrollaron con un fuerte enfoque orientado por misiones. El proyecto Airbus, empresa conjunta de cuatro países europeos, permitió crear una nueva industria y alcanzar a Boeing, su rival estadounidense (Neven y Seabright 1995; Ahrens, 2020). En resumen, todos los sectores que tuvieron que adaptarse a nuevos retos —al igual que la transición de la industria automovilística a los motores eléctricos— recibieron apoyo de la política industrial, y la mayoría de los sectores consiguió adaptarse bastante bien. Solo pueden considerarse fracasos algunas pocas políticas sectoriales. Entre ellas se cuenta el apoyo de Alemania a los trenes de levitación magnética y a la tecnología nuclear de neutrones rápidos que, a pesar del fuerte apoyo recibido, nunca alcanzó la escala comercial⁸.

C. Principales características del sistema y la política industriales de Alemania

A lo largo de los años, el sistema y la política industriales de Alemania han desarrollado algunas características específicas, que se resumen a continuación:

- Un compromiso claro y pragmático con la política industrial sectorial que se ha mantenido independientemente de la coalición gubernamental respectiva, la afiliación partidaria de los ministros de economía y las ideologías imperantes.
- Alemania tiene una gobernanza industrial "corporativista" específica en la que los empresarios y los trabajadores sostienen relaciones de cooperación, tanto a nivel de empresa como en la negociación colectiva institucionalizada entre organizaciones empresariales y sindicatos. Esto se traduce en unos niveles muy bajos de rotación de la mano de obra y relativamente pocos conflictos laborales.
- Existe un robusto sistema de universidades técnicas, escuelas politécnicas e institutos de investigación dedicados a la industria. Todas estas instituciones mantienen estrechos vínculos con la industria y poseen sistemas de incentivos que recompensan las colaboraciones con la industria. Por ejemplo, los profesores se nombran en función de su exposición a la industria y la financiación pública aumenta con la cantidad de proyectos financiados por la industria.

⁷ Según los cálculos del autor, esta cifra equivale a unos 4.300 millones de dólares estadounidenses.

⁸ Cabe señalar que es muy difícil demostrar el éxito o el fracaso de la política industrial por falta de escenarios alternativos. Además, la política industrial consiste en que los gobiernos asuman riesgos deliberados para crear nuevas oportunidades de mercado donde el sector privado no lo hace debido a una serie de fallos del mercado, principalmente la capacidad limitada de los mercados para garantizar inversiones coordinadas. Como sostiene Rodrik (2014, pág. 472), "los errores son una parte inevitable y necesaria de todo programa de política industrial bien diseñado; es más, la escasez de errores es señal de un desempeño insatisfactorio. Lo que se necesita, en cambio, es un conjunto de mecanismos que reconozca los errores y revise las políticas en consecuencia".

- Otra característica clave es la presencia de un sistema eficaz de formación técnica y profesional, financiado con fondos públicos pero cogestionado estrechamente con el sector privado. Los aprendices reciben instrucciones en la empresa durante tres o cuatro días a la semana, y hasta dos días en el ámbito de la formación profesional. Las empresas corren con los gastos de la formación impartida en la empresa.

En general, los sistemas de política industrial de Alemania son un excelente ejemplo de lo que Peter Evans (1995) denominó "autonomía integrada": las instituciones públicas colaboran continuamente con las empresas privadas y las asociaciones empresariales para comprender las tendencias específicas de cada sector y saber dónde, qué tipo y cuánto apoyo público puede ser necesario, y durante cuánto tiempo, para mejorar la competitividad del país. Están integradas en el sector empresarial. Al mismo tiempo, las instituciones públicas disponen de salvaguardias para evitar que los grupos de presión se aprovechen de las ayudas públicas, por lo que intentan mantener la autonomía necesaria para hacer cumplir la normativa y proporcionar exactamente el nivel de apoyo necesario y justificado para compensar por los fallos del mercado. Está claro que el equilibrio óptimo entre integración y autonomía no es fácil de encontrar y requiere experimentación y adaptación, pero es importante para las instituciones financieras, los organismos de promoción de la inversión y otros organismos similares de apoyo económico, las universidades técnicas, los institutos de formación profesional y para otras instituciones que trabajan con empresas con un programa nacional de desarrollo.

Otra característica importante de la política industrial alemana es su gobernanza a varios niveles. Alemania es una república federal compuesta por 16 estados federados, los *Länder*. La Constitución alemana les otorga amplias competencias. La mejora de la estructura económica regional es una responsabilidad compartida de los gobiernos estatal y federales. Se trata de reforzar el desarrollo económico de las regiones rezagadas y su capacidad para hacer frente a las transformaciones económicas, lo que ayuda a crear igualdad de condiciones de vida en todo el territorio federal. De ahí que existan planes de ayuda financiados tanto por el Gobierno federal como por los estados federados. En el nivel inmediatamente inferior a los *Länder* encontramos los municipios, que tienen competencias adicionales destinadas a la promoción de la economía local, principalmente el desarrollo y la intermediación de zonas de desarrollo industrial, el marketing de localización y la promoción de las empresas emergentes.

D. Integración en los marcos de política de la Unión Europea

Al mismo tiempo, la política industrial alemana está cada vez más integrada en los marcos de política de la Unión Europea. Con la creciente integración económica y monetaria de la Unión Europea, muchas decisiones en materia de política industrial se han delegado de los Estados nación a la Comisión Europea y el Parlamento Europeo. Así, el espacio de política nacional se ha reducido voluntariamente, pues se reconoce la necesidad de armonizar las políticas de apoyo comercial e industrial de integración europea. El programa comunitario de Lisboa de 2005, un "marco político para fortalecer la industria manufacturera de la Unión Europea", sentó las bases del primer enfoque integrado en materia de política industrial de la Unión Europea. Desde entonces, una parte cada vez mayor de la legislación que configura el entorno normativo de la industria se ha creado a escala europea.

La Unión Europea puede elaborar marcos de política generales que no son plenamente vinculantes, pero también directivas, que obligan a los Estados miembros a adaptar su legislación nacional en un plazo de tiempo específico, y reglamentos, que los Estados miembros deben aplicar exactamente como se hayan definido en el ámbito de la Unión Europea.

Cuando surgen tensiones entre los intereses de las industrias nacionales y la política europea, se activan los grupos de presión nacionales y se desencadenan complejas negociaciones. Por ejemplo,

puesto que los sistemas energéticos nacionales en Europa difieren considerablemente, los intereses de las diferentes industrias nacionales en materia de explotación del carbón, el gas, la energía nuclear y las energías renovables son muy diferentes. Del mismo modo, surgen muchas tensiones entre los países que son principalmente importadores de ciertas tecnologías y los que tienen industrias exportadoras: por ejemplo, los países fabricantes de automóviles presionan contra las normas medioambientales más estrictas, que en cambio cuentan con el apoyo de la mayoría de los Estados miembros que no tienen una industria automovilística nacional significativa pero sí interés en un aire limpio.

De ahí que sea necesario negociar acuerdos. Los países grandes suelen tener más poder de negociación que los pequeños, y las grandes industrias emplean considerables recursos para presionar a las instituciones de la Unión Europea. En todos los casos, las políticas europeas afectan a los intereses de las industrias nacionales, por lo que la elaboración de políticas se vuelve más compleja y con múltiples niveles. Algunas de las iniciativas más ambiciosas de la industria verde comenzaron en el ámbito de la Unión Europea y posteriormente dieron lugar a cambios en las políticas nacionales.

Tras el Programa de Lisboa, se elaboraron muchos otros marcos de política europeos conjuntos⁹. Algunos de ellos abordan planteamientos generales para reforzar la industrialización y la competitividad europeas, como "Una industria europea más fuerte para el crecimiento y la recuperación económica" (2012), que afirmaba la necesidad de reindustrializar y fijaba el objetivo de aumentar la proporción de la industria en el PIB del 16% al 20% para 2020, y volvía a un planteamiento más específico que identificaba seis líneas de actuación prioritarias; y la Estrategia Industrial Europea (2021). Otros se centran en retos globales o regionales específicos, como el Plan de Acción sobre Consumo y Producción Sostenibles y una Política Industrial Sostenible de 2008 y el Pacto Verde Europeo relativo a la ecologización de las industrias europeas, así como la Ley Europea de Materias Primas Fundamentales¹⁰. Asimismo, existen planes y programas para desarrollar tecnologías instrumentales clave específicas, como la espacial, la ferroviaria y la siderúrgica (Tagliapietra y Veugelers, 2023). Una novedad especialmente relevante es el marco de los Proyectos importantes de interés común europeo (PIICE), que financia industrias estratégicas específicas, las dos primeras de las cuales se centran en las celdas para baterías y en la producción y uso europeos de hidrógeno neutral para el clima (Krebs, 2023). También cabe mencionar el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) —cuyo objetivo es reducir las disparidades entre el nivel de desarrollo de las diferentes regiones europeas y mejorar el nivel de vida de las zonas menos favorecidas— y el programa de investigación y desarrollo Horizonte Europa.

Los distintos niveles —Unión Europea, gobierno federal, gobiernos estatales y municipios— se suman así a un sistema de gobernanza de varios niveles en materia de política industrial. La política industrial alemana debe entenderse como el resultado de una compleja interacción entre dichos niveles. Por este motivo también se tiene en cuenta la dimensión europea en los capítulos siguientes.

⁹ Véase [en línea] <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/61/general-principles-of-eu-industrial-policy>. También: Orientaciones políticas de la presidenta Von der Leyen; Agenda Estratégica 2019-2024 del Consejo Europeo; Estrategia Configurar el futuro digital de Europa, de la Comisión Europea.

¹⁰ Véase [en línea] https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials/critical-raw-materials-act_en.

II. Una nueva era de política industrial más intervencionista: responder a los megadesafíos interrelacionados

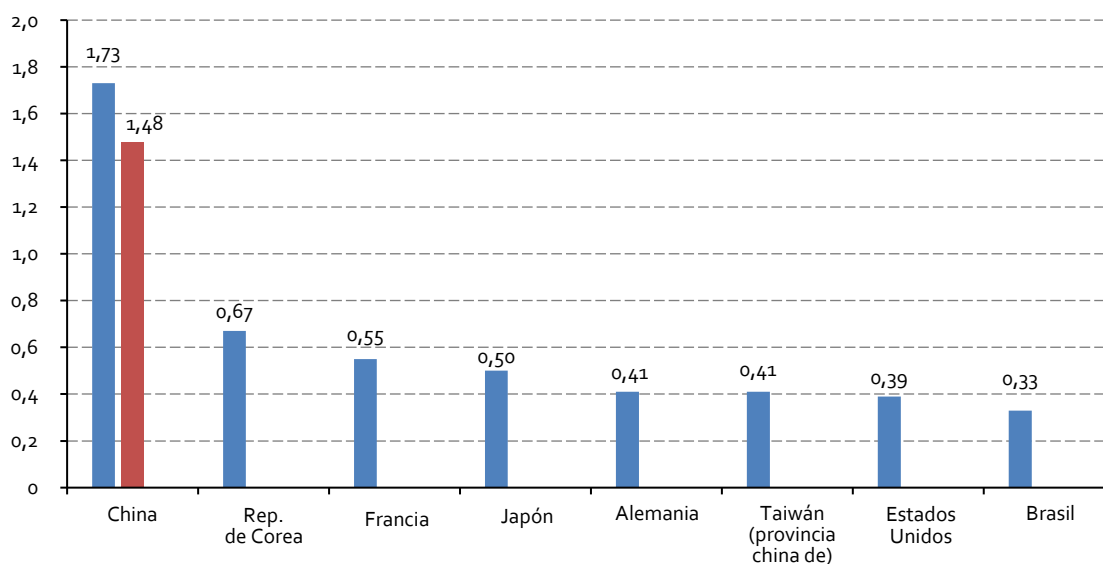
A. Tendencias recientes de la política industrial

Las condiciones del desarrollo industrial a escala mundial han cambiado drásticamente en pocos años. Destacan las dos tendencias siguientes:

- i) **La ecologización de las industrias:** los retos medioambientales obligan a las sociedades a cambiar profundamente sus estructuras industriales mediante la descarbonización de sus industrias y la reducción del consumo y el desaprovechamiento de materiales;
- ii) **La rivalidad geopolítica, el teconacionalismo y las interrupciones de la cadena de suministro:** las tensiones entre los principales bloques económicos van en aumento, especialmente entre los Estados Unidos y China y, desde la invasión de Ucrania, también entre la Federación de Rusia y Occidente. La rivalidad entre los Estados Unidos y China en especial es la que reconfigura la economía mundial y las políticas industriales, ya que ambos países aspiran al liderazgo tecnológico y de mercado, que en muchas industrias está estrechamente relacionado con la seguridad nacional. De ahí que todas las grandes economías estén promoviendo y protegiendo sus industrias nacionales estratégicas.

Ambas tendencias tienen algo en común, si bien los motivos subyacentes sean muy diferentes: todas desencadenan un claro retorno a la política industrial, de tipo bastante intervencionista y contundente, que constituye un alejamiento radical de la ideología de libre mercado y que va mucho más allá de los planteamientos sobre política industrial que se convirtieron en la corriente dominante a principios de la década de 2000. El gráfico 2 muestra cuánto gastan las principales economías industriales en política industrial.

Gráfico 2
Principales economías industriales: gasto en política industrial, 2019
 (En porcentajes del PIB)



Fuente: G. DiPippo, I. Mazzocco y S. Kennedy, Red Ink: Estimating Chinese Industrial Policy Spending in Comparative Perspective, Centro de Estudios Estratégicos e Internacionales, 2022 [en línea] https://csis-website-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/publication/220523_DiPippo_Red_Ink.pdf?VersionId=LH8ILLKWz4o.bjrwNS7csuX_Co4FyEre.

Nota: Las estimaciones solo tienen en cuenta los instrumentos con datos suficientes para su cuantificación. Las estimaciones relativas a China son conservadoras. La columna derecha de China excluye algunos factores específicos propios de China que no son comparables con otros países.

Al mismo tiempo, ambas tendencias son interdependientes, lo que acentúa aún más la complejidad de las estrategias de política industrial: los pactos verdes se conciben como políticas proteccionistas para la creación de valor nacional y, por tanto, conducen a una carrera de subvenciones y a un aumento de las tensiones entre los bloques económicos; la rivalidad geopolítica es feroz cuando se trata de insumos escasos para la transformación verde, como el litio y las tierras raras. Los responsables políticos deben tener en cuenta estas interdependencias y contrapartidas.

En los dos apartados siguientes se analizan con más detalle los dos principales catalizadores del cambio. En cada sección, se exponen primero las características de las tendencias globales en general antes de analizar las respuestas de Alemania en concreto (y, en su caso, de Europa).

B. La ecologización de las industrias

1. Tendencias mundiales hacia una política industrial ecológica

La contaminación ambiental (IPCC, 2023) y el agotamiento de los recursos naturales (PNUMA, 2011) han alcanzado niveles alarmantes. La comunidad internacional ya lo ha reconocido y se han firmado acuerdos para frenar el cambio climático (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático), proteger la biodiversidad (Convenio sobre la Diversidad Biológica) y hacer frente a otros muchos retos medioambientales, desde la protección de la capa de ozono hasta la lucha contra la desertización. La aplicación estricta de estos acuerdos, especialmente en lo relativo a la profunda descarbonización exigida, tendría implicaciones trascendentales para la estructura de las economías. Es necesario que subsistemas económicos enteros cambien para poder llevar a cabo la transición hacia una economía con bajas emisiones de carbono, que utilice los recursos de forma eficiente y que, en resumidas cuentas,

desvincule el uso de los recursos naturales y el impacto ambiental del crecimiento económico: la forma en que se produce, distribuye y utiliza la energía, cómo se organizan los sistemas de transporte y, en esencia, todos los procesos agrícolas e industriales. Aunque suele transcurrir un tiempo considerable entre la adopción de un acuerdo sobre objetivos medioambientales y su aplicación (y los avances no son lo bastante rápidos como para salvaguardar la vida humana en la Tierra), la tendencia hacia economías más ecológicas está acelerándose y parece irreversible. Las prácticas más ecológicas están proliferando en todos los sectores de la economía mundial, como demuestran, entre otros ejemplos, el rápido crecimiento de la cuota de mercado de las energías renovables, los vehículos eléctricos, la agricultura ecológica, los certificados verdes, las normas ecológicas en los acuerdos internacionales y la cobertura del comercio de derechos de emisión.

El cambio climático es el reto medioambiental más importante al que se enfrentan las economías, pues las industrias deben transformarse y pasar de las energías fósiles a las renovables. La descarbonización del sistema energético es una preocupación primordial. A medida que se sustituyen los combustibles fósiles por energías renovables, otros sectores económicos pueden electrificarse sin generar muchos más gases de efecto invernadero (GEI). Por ejemplo, la industria automovilística puede pasar de los motores de combustión interna a los eléctricos y las casas pueden calentarse mediante intercambiadores de calor. Luego están las llamadas industrias de alto consumo energético y difícil abandono que no pueden electrificarse directamente, como la aviación, la siderurgia y la producción de fertilizantes y otros productos químicos. En este caso, la energía renovable se utiliza para producir vectores energéticos intermedios, como el hidrógeno y el amoníaco, que luego pueden utilizarse para descarbonizar los sectores de difícil abandono.

Paralelamente a la descarbonización, es necesario reducir el consumo de materiales (PNUMA, 2011). El objetivo es reducir la producción de materiales y el gasto de recursos, y reciclar y reutilizar la mayor cantidad posible de estos. En general, aunque la presión política para adoptar prácticas que hagan un uso eficiente de los recursos y para establecer sistemas circulares de circuito cerrado sigue siendo menos fuerte que en el caso de la descarbonización, también están surgiendo nuevas normativas en este ámbito, especialmente en el Norte Global, como el Plan de Acción para la Economía Circular de la Unión Europea. Las normativas sobre economía circular de las principales economías suscitan inevitablemente cambios en las cadenas de valor mundiales, lo que repercute en todos los socios comerciales (To, 2022).

Para gestionar la transición ecológica global son necesarias nuevas formas de política industrial. La política industrial verde tiene una serie de características que la distinguen de las políticas industriales "habituales" (Altenburg y Rodrik, 2017; Lütkenhorst y otros, 2014). Entre otras cosas, dado que los mercados no prestan suficiente atención a las externalidades medioambientales, los gobiernos deben crear incentivos económicos para fomentar una producción más limpia. Estos pueden ser en materia de precios, como la fijación del precio del carbono y el comercio de derechos de emisión, o de carácter normativo, como prohibiciones y normas que establezcan ciertos mínimos o máximos obligatorios. La política industrial ecológica establece una distinción normativa entre tecnologías deseables e indeseables, y suele contemplar no solo medidas para introducir alternativas más limpias progresivamente sino también hojas de ruta e incentivos para ir eliminando los contaminantes. Además, las políticas industriales ecológicas suelen ser muy ambiciosas, en primer lugar porque pretenden cambiar sectores enteros profundamente (de centrales y redes eléctricas fósiles a renovables, de sistemas de transporte individualizados con motor de combustión al transporte eléctrico y público, de envases de plástico a materiales de origen biológico y sistemas de retorno, entre otros), lo que en todos los casos requiere múltiples intervenciones coordinadas. En segundo lugar, porque el cambio sistémico debe lograrse en períodos cortos de tiempo, especialmente en materia de calentamiento global, por lo que el tiempo para experimentar en función del mercado es limitado y la aceleración del cambio se convierte en una cuestión primordial. Por último, pero no por ello menos importante, se necesitan

nuevas formas de coordinación internacional para armonizar los esfuerzos nacionales y evitar distorsiones indeseables, como las debidas, por ejemplo, a las diferencias entre las normativas medioambientales nacionales y los regímenes de subvenciones. Además, el Acuerdo de París insta a compartir las tecnologías con bajas emisiones de carbono, lo que entra en conflicto con el interés nacional de cada país de aprovechar las ventajas de ser pioneros en tecnologías verdes. Además, el cambio a cadenas mundiales de suministro más ecológicas altera las relaciones comerciales internacionales, lo que supone que los gobiernos firmen todo tipo de acuerdos comerciales bilaterales y multilaterales, y formen asociaciones en materia de energía e hidrógeno y similares (véase, por ejemplo, IRENA (2022)).

La política industrial verde consiste en gestionar la transición hacia economías con emisiones de carbono bajas y que hagan un uso eficiente de los recursos de forma que se creen nuevas oportunidades económicas para las economías nacionales y se reduzcan los inevitables costos de transformación. A medida que las tecnologías más ecológicas se convierten en el diseño dominante (Utterback y Suárez, 1993) en muchas industrias, las oportunidades económicas relacionadas con las tecnologías verdes aumentan rápidamente. Según las estimaciones de la Agencia Internacional de la Energía, "el mercado mundial de las principales tecnologías energéticas limpias fabricadas en serie tendrá un valor de alrededor de 650.000 millones de dólares anuales de aquí a 2030 (600.000 millones de euros aproximadamente), es decir, más del triple del valor actual" (Comisión Europea, 2023a, pág. 1). Las políticas industriales de todo el mundo se están centrando cada vez más en estas industrias, con el objetivo de maximizar los beneficios nacionales de las nuevas industrias emergentes y explotar las ventajas económicas derivadas (Pegels y Altenburg, 2020). Algunos ejemplos son la Ley de Reducción de la Inflación de los Estados Unidos y el Plan Industrial del Pacto Verde (2023) de Europa¹¹. La declaración de la presidenta de la Unión Europea, Von der Leyen, resume esta nueva perspectiva: "Tenemos una oportunidad única para mostrar el camino con rapidez, ambición y sentido del propósito, a fin de lograr el liderazgo industrial de la UE en el sector de las tecnologías de cero emisiones netas, en rápido crecimiento. Europa está decidida a liderar la revolución de las tecnologías limpias". Se trata, entre otros, de una serie de subvenciones directas a industrias estratégicas y objetivos ambiciosos de creación de valor dentro de la Unión Europea¹². Este tipo de intervenciones ha aumentado en todo el mundo. Si tomamos el caso de la prescripción en materia de contenido nacional para las energías renovables, Lewis (2021) documenta un aumento de las políticas de contenido nacional de 4 (2008) a 56 en 2020, a pesar de que a menudo contravienen los principios de la Organización Mundial del Comercio (OMC).

No obstante, la política industrial ecológica no está exenta de contrapartidas. Muchos países poseen ventajas competitivas en industrias que desarrollaron durante la era de los combustibles fósiles que, en su forma actual, presentan emisiones de carbono muy altas —como es el caso obvio de las industrias del petróleo, el gas y el carbón—. Cuanto más se orientan los sistemas de incentivos hacia la ecologización, más se erosionan estas industrias. Además, a medida que los sistemas energéticos se orientan hacia las energías renovables, los costos energéticos aumentan, al menos temporalmente. Esto afecta negativamente a la competitividad de las industrias que consumen mucha energía —desde el acero y el cemento hasta la industria automovilística y la aviación— mientras los países no se pongan todos de acuerdo sobre las mismas políticas energéticas. Así pues, con vistas a su aceptación social, es necesario que exista una secuenciación, compensaciones y una gestión de la transición.

Asimismo, hay un desacuerdo considerable en cuanto a la velocidad a la que es necesario llevar a cabo esta transformación y el consiguiente grado de intervención del mercado, en cuanto a las tecnologías que se consideran sostenibles desde el punto de vista medioambiental y los riesgos que entrañan determinadas tecnologías (energía nuclear, edición genética, captura y almacenamiento de

¹¹ Véase [en línea] https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_23_510.

¹² *Ibidem*.

carbono), y en cuanto a la elección de políticas. Por ejemplo, muchos economistas consideran que los sistemas de fijación de precios del carbono son el instrumento político más importante (Linsenmeier, Mohammad y Schwerhoff, 2023), pues argumentan que los agentes del mercado desarrollarán las soluciones medioambientales más eficientes cuando los costos de emisión previamente externalizados tengan que internalizarse. Otros, en cambio, apuntan a fallos adicionales del mercado y favorecen otros enfoques más centrados en la adopción de normas y subvenciones (Krebs, 2023). En general, la importancia de la política industrial ecológica es cada vez mayor, pero el tema sigue plagado de controversia política.

2. La política industrial ecológica en Alemania

Alemania ha marcado tendencia en la ecologización de sus políticas económicas, aunque no sin oposición, pues los intereses de los grupos de presión de las industrias establecidas han creado retrasos y reacciones contrarias a la transformación ecológica. La Estrategia Nacional de Desarrollo Sostenible (2002) estableció la sostenibilidad como principio rector de las políticas nacionales y fijó objetivos concretos que se evalúan mediante informes de progreso. Alemania fue uno de los países pioneros en lo que a energías renovables se refiere. Las tarifas reguladas, mediante las cuales los gobiernos garantizan a los productores de energías renovables la compra de la energía renovable producida a un precio superior al del mercado, se implantaron primero en Alemania y luego se aplicaron a escala casi mundial. Esto creó mercado para proyectos de energías renovables y propició un entorno próspero para la creación de nuevas empresas. Paralelamente, se crearon instituciones de I+D dedicadas a las renovables, como a la investigación de la energía solar y eólica, entre otros. En la actualidad, algunas industrias de energías renovables ya son muy competitivas a escala internacional, pero la ingente competencia de bajo costo por parte de China ha creado graves problemas, especialmente para las tecnologías de energía solar (véase una descripción detallada en la sección III.A).

Alemania también fue pionera en la reforma fiscal medioambiental. Ya en 1999, introdujo una reforma fiscal que aumentaba los impuestos sobre la energía fósil y disminuía la tributación del trabajo. Esto creó un incentivo para orientar las inversiones hacia alternativas más limpias y, al mismo tiempo, impulsó la demanda de mano de obra en una época de alto desempleo.

En cuanto a otras tecnologías verdes, Alemania no estuvo entre los primeros reformadores. En la industria automovilística, su enorme éxito en la tecnología tradicional de motores de combustión desalentó las inversiones en sistemas de propulsión híbridos y eléctricos de batería. El avance de Japón en la tecnología de motores híbridos y en especial su progreso en las baterías de tracción de litio pusieron así a los fabricantes alemanes en una situación difícil, ya que Alemania casi no tenía experiencia en la investigación y la tecnología de baterías. La estadounidense Tesla, la japonesa Toyota (con tecnología híbrida suave), y más tarde los fabricantes de baterías chinos, japoneses y coreanos se expandieron sin que Alemania pudiera competir. Aun así, la industria automovilística alemana consiguió cerrar en gran medida la brecha tecnológica de los vehículos eléctricos y también realizó importantes inversiones en tecnología de baterías. Esta puesta al día fue posible gracias a una política sectorial de vehículos eléctricos bien coordinada (plataforma nacional de electromovilidad) que, siguiendo la tradición corporativista alemana, aunó a la gran industria, los ministerios y los institutos de investigación en grupos de trabajo eficientes (Altenburg, 2014). A ello contribuyó también el hecho de que los fabricantes de equipos originales (OEM) de automoción y otras grandes empresas del sector, como Bosch y BASF, cuentan con enormes presupuestos de I+D y una larga experiencia en establecer alianzas tecnológicas con empresas extranjeras que ofrecen capacidades complementarias. Al mismo tiempo, la política automovilística es uno de los pocos ejemplos en los que las empresas alemanas y los responsables políticos nacionales (debido a sus intereses en la tecnología del motor de combustión interna) presionaron contra la Comisión Europea, que en este caso era más progresista desde el punto de vista medioambiental.

Por otro lado, el gobierno federal alemán se ha comprometido por ley a alcanzar la neutralidad climática en 2045, lo que supera el objetivo de la Unión Europea de 2050. Esto supone una presión adicional sobre todas las industrias alemanas para lograr la descarbonización. La última política de gran impulso aspira a acelerar la transición al hidrógeno verde de forma que las industrias de difícil abandono puedan alcanzar sus objetivos de descarbonización y la industria alemana pueda aprovechar las ventajas de resultar pionera en la novedosa industria del hidrógeno verde. Este planteamiento de política industrial se analiza detalladamente en la sección siguiente.

3. La política industrial ecológica en la Unión Europea

La Unión Europea ha ido ecologizando su política industrial paralelamente a Alemania con el Pacto Verde Europeo de 2019 como documento clave, presentado por la Comisión como la nueva estrategia de crecimiento de la Unión Europea. Establece el objetivo de alcanzar la neutralidad climática en 2050, por lo que se convertiría en el primer bloque económico en lograrlo. A continuación, este objetivo se especifica y complementa con documentos políticos más detallados, entre los que destaca el paquete Fit for 55, que convierte en obligación legal el objetivo de reducir las emisiones de la Unión Europea en al menos un 55% para 2030. El paquete incluye una reforma del régimen de comercio de derechos de emisión de la Unión Europea (RCDE), el bloque de construcción más importante de la política climática de la Unión Europea, y fija objetivos de emisiones vinculantes para los Estados miembros en sectores no contemplados por el RCDE, como la aviación. Endurece las normas de emisiones para los vehículos y los objetivos de eficiencia energética, además de regular otros aspectos climáticos específicos de la industria. Otros planes importantes especifican las políticas industriales (como el Plan Industrial del Pacto Verde para la era de cero emisiones netas (Comisión Europea, 2023a)) o sus objetivos relacionados, como acelerar la transición energética (Plan REPowerEU) y avanzar hacia ciclos cerrados que ahorren materiales (Plan de Acción para la Economía Circular).

La Unión Europea, que complementa a los Estados nación europeos, desempeña una serie de funciones importantes en la política industrial ecológica. Establece objetivos y normas vinculantes, que luego se traducen en políticas nacionales entre los Estados miembros, y garantiza un precio único del carbono dentro de la región. Con ello, la Unión Europea contribuye a armonizar las políticas nacionales europeas y a crear consenso entre los intereses divergentes de los diferentes Estados nación.

Aunque hasta ahora su papel fundamental ha sido establecer normas medioambientales para el mercado interior, incluido un precio común del carbono, su apoyo proactivo a las industrias ha sido limitado. Sin embargo, esta situación está cambiando como reacción a la política industrial ecológica de otros países, especialmente China y los Estados Unidos (véase la sección siguiente). La Ley sobre la industria de cero emisiones netas (Comisión Europea, 2023b) tiene como objetivo explícito reforzar "la capacidad de fabricación europea de tecnologías de cero emisiones netas y superar los obstáculos a la ampliación de la capacidad de fabricación en Europa". A continuación, especifican claramente cuáles son dichas tecnologías, en otro intento de superar el anterior planteamiento de neutralidad sectorial. La ley define un conjunto de industrias estratégicas de cero emisiones de carbono que pueden acogerse a beneficios especiales: las tecnologías solar fotovoltaica y solar térmica; las tecnologías renovables terrestres y marinas; las tecnologías de baterías/almacenamiento; las bombas de calor y las tecnologías de energía geotérmica; los electrolizadores y las pilas de combustible; las tecnologías sostenibles de biogás/biometano; la captura y el almacenamiento de carbono, así como las tecnologías de red. Además, la Ley establece un "punto de referencia" para que al menos el 40% de las necesidades anuales de utilización de la Unión Europea se fabrique en la región para 2030. Esto se complementa con un nuevo Mecanismo de Ajuste en Frontera por Carbono que impone tasas a las importaciones procedentes de regiones donde los productores no pagan nada o menos por sus emisiones.

C. Rivalidad geopolítica, tecnacionalismo e interrupciones de la cadena de suministro

1. Tendencias mundiales hacia el tecnacionalismo

En los últimos años se ha producido un rápido deterioro de las relaciones entre China y las economías de mercado occidentales, y aún más entre la Federación de Rusia y Occidente desde la invasión rusa de Ucrania.

La suma del avance económico chino y el aumento de confianza en su política exterior ha desencadenado las tensiones entre China y los Estados Unidos. Por un lado, las empresas chinas empezaron a suponer una amenaza para el dominio estadounidense en muchas industrias. Las empresas chinas son los exportadores de mayor éxito del mundo, y cada vez dejan más atrás a las empresas estadounidenses y europeas, no solo en los mercados de baja tecnología sino también, y cada vez más, en los de alta tecnología (Atkinson y Foote, 2019). Esto se ha traducido en un creciente déficit en el comercio de los Estados Unidos con China, que pasó de 84.000 millones de dólares en 2000 a 382.000 millones en 2022 (Oficina del Censo de los Estados Unidos, 2023). Además, en su 14º plan quinquenal (2021-2025), China pretende establecerse como superpotencia de alta tecnología impulsada por la innovación. Estas aspiraciones van acompañadas de una fuerte intervención política en los mercados, que incluye ingentes subvenciones públicas a las empresas (diPippo, Mazzocco y Kennedy, 2022), el intercambio obligatorio de tecnología, el control de las exportaciones, y otras medidas que sus competidores occidentales perciben como distorsiones injustas del mercado. Por ejemplo, "el Banco de Desarrollo chino destinó sesenta y dos mil millones de dólares en préstamos en 2021 para apoyar a las industrias emergentes estratégicas y la fabricación avanzada, e invirtió tanto en empresas ascendentes como descendentes" (Atlantic Council, 2021a). También se incluyeron inversiones en tecnologías verdes. En 2022, casi la mitad del gasto mundial en materia de bajas emisiones de carbono fue de la mano de China, es decir, el cuádruple de las inversiones estadounidenses (Schonhardt, 2023).

Al mismo tiempo, China está llevando a cabo una diplomacia cada vez más activa con vistas a alcanzar una serie de objetivos políticos y económicos internacionales. Esta supone destinar fuertes inversiones gubernamentales en corredores internacionales de infraestructuras, en el marco de la Iniciativa de la Franja y la Ruta (Huang, 2016), y asegurar el acceso a materias primas fundamentales, teniendo en cuenta que China posee ahora cuotas casi monopolísticas de las capacidades mundiales de minería y procesamiento de muchas de ellas (Kalantzakos, 2020). Además, China está reclamando cada vez con mayor agresividad la hegemonía en el Pacífico y supone una amenaza para Taiwán (provincia china de), que considera una provincia de China. Esto entra en conflicto con las pretensiones hegemónicas de los Estados Unidos en la región, y la perspectiva de una invasión china de Taiwán (provincia china de) tendría repercusiones desastrosas en la economía de las obras —sobre todo porque Taiwán (provincia china de) es el principal fabricante mundial de semiconductores, un insumo estratégico para todas las grandes industrias mundiales con usos militares (Miller, 2022)—.

La combinación de estas tendencias desencadenó fuertes reacciones proteccionistas en los Estados Unidos. El presidente Trump aumentó notablemente el proteccionismo comercial mediante la imposición de una serie de aranceles y de aumento de aranceles, principalmente a China, aunque también a otros socios comerciales. Con ello se pretendía proteger a las industrias manufactureras nacionales y a los trabajadores, pero también salvaguardar la seguridad nacional (Gertz, 2020). Le siguieron otras políticas industriales proteccionistas, tanto bajo el mandato del presidente Trump como de su sucesor Biden:

- la Ley de Fronteras Sin Fin (2019), que apoya la inversión en investigación de alta tecnología vital para la seguridad nacional de los Estados Unidos; posteriormente (2021) se transformó en la Ley de Innovación y Competencia destinada a hacer frente a las múltiples crisis de la cadena de suministro durante la pandemia;
- la Ley de Producción de Defensa, una ley que data de 1950 y se activó en 2020 para obligar a las empresas a producir bienes médicos para el mercado nacional y restringir las exportaciones de vacunas de COVID-19;
- la Ley sobre Ciencia y Creación de Incentivos Útiles para Producir Semiconductores de 2022¹³, que ofrece un paquete de ayudas de 280.000 millones de dólares para financiar la investigación nacional, mejorar la formación de la mano de obra y atraer inversores a los Estados Unidos mediante créditos fiscales. El apoyo está destinado a tecnologías clave específicas, especialmente los semiconductores, pero también a otras industrias consideradas estratégicas, como el almacenamiento de energía y la informática avanzada. En palabras de un observador: "La inversión pública estratégica para proteger y fomentar el crecimiento de las industrias impulsoras es una realidad de la economía del siglo XXI. No podemos ignorarlo ni esperar que desaparezca" (Atlantic Council, 2021b). Esta ley se presenta explícitamente como respuesta a las aspiraciones chinas;
- la Ley de Reducción de la Inflación, también de 2022, que añade una serie de nuevos incentivos dirigidos especialmente a las inversiones para la protección del clima, entre los que se incluyen créditos fiscales por valor de 369.000 millones de dólares y subvenciones a empresas siempre y cuando demuestren un alto contenido nacional o ensamblaje nacional estadounidense (Aghion, 2023). Esto provocó que muchas multinacionales trasladasen sus centros de producción a los Estados Unidos.

Muchas de estas subvenciones, aranceles y otras medidas proteccionistas —tanto estadounidenses como chinas— ponen en entredicho los principios de la Organización Mundial del Comercio y, en general, del sistema de comercio internacional basado en normas. Con todo, los Estados Unidos ha suspendido de facto, mediante su poder de veto, el Órgano de Apelación de la Organización Mundial del Comercio, cuya función es resolver las disputas comerciales. De ahí que en la actualidad apenas existan medios internacionales para los afectados por la carrera de subvenciones entre los Estados Unidos y China (Altenburg, Berger y Brandi, 2023).

Además, el gobierno estadounidense tomó medidas contra varias multinacionales chinas, por supuestas razones de seguridad, al prohibir la venta e importación de dispositivos de comunicación de Huawei y ZTE, fabricantes chinos de teléfonos inteligentes y proveedores de equipos de red, y legislar para conseguir que no se suministre tecnología estadounidense a Huawei. Del mismo modo, hay intentos de prohibir la plataforma china de medios sociales (la primera ley acaba de aprobarse en Montana). Aunque es difícil juzgar hasta qué punto están justificadas las supuestas preocupaciones por la seguridad nacional (y hasta qué punto pueden estar motivadas por el deseo de perjudicar a un competidor), está claro que la formación de mercados de valores se ha convertido en un elemento clave de la agenda de políticas nacionales. Muchas de las innovaciones tecnológicas clave de hoy en día, desde los semiconductores hasta las tierras raras y la inteligencia artificial, son de doble uso —estratégicas tanto para las industrias militares como para las civiles—, lo que "acentúa aún más la dimensión de la política industrial relacionada con la seguridad nacional" (Johnston, 2023).

¹³ Véase un análisis más detenido del contexto en el que se promulga esta ley en [en línea] <https://research.hinrichfoundation.com/hubfs/Capri%20Report%20-%20Jan%202020/Hinrich%20Foundation%20report-US%20China%20tech%20war%20and%20semi-conductors-Jan%2023,%202020.pdf>.

La pandemia de COVID-19, con sus graves interrupciones de la cadena mundial de suministro y la competencia internacional por bienes escasos —desde vacunas hasta semiconductores—, así como la invasión rusa de Ucrania, han erosionado aún más la antigua fe en los beneficios y la fiabilidad del libre comercio y la división mundial del trabajo, cosa que ha precipitado un "nuevo ciclo de intensificación de las restricciones proteccionistas o nacionalistas del comercio y la inversión en materia de política industrial" (Johnston, 2023).

Esto tiene graves implicaciones internacionales. Por un lado, el aumento de las subvenciones acelera las inversiones en tecnologías socialmente deseables, especialmente las ecológicas. Además, los países que luchan por aumentar la cabida de estas dentro de las políticas tienen ahora menos restricciones para hacerlo. Incluso la nacionalización de las industrias vuelve a estar en el orden del día. Aunque los defensores de la política industrial reciban con satisfacción este cambio de paradigma, también surgen preocupaciones sustanciales. La carrera de subvenciones entre China y los Estados Unidos —y cada vez más la Unión Europea, véase más adelante— distorsiona enormemente los mercados de varias formas indeseables:

- crea desequilibrios entre los países con capacidad de subvencionar (esencialmente China, los Estados Unidos y, en menor medida, Alemania y Francia) y los que no;
- socava los restos de un sistema internacional basado en normas;
- puede distorsionar las decisiones de las empresas en materia de inversión, es decir, que la captación de rentas sea más lucrativa que aspirar a la eficiencia, la innovación y la competitividad, y
- aumenta la influencia de las grandes empresas en la política, lo que podría socavar el control democrático de las relaciones entre el gobierno y la industria.

Estas tensiones geopolíticas, la "nueva era del tecnonacionalismo" (Capri, 2020) y la securitización de la política industrial también han llevado a un replanteamiento de la política industrial en Alemania y la Unión Europea.

2. El auge del tecnonacionalismo en Alemania

En Alemania, el Ministerio de Economía publicó una nueva Estrategia Industrial 2030 (BMW, 2019) que rompía con algunos de los fundamentos ideológicos anteriores. La nueva estrategia marcó la primera vez en décadas en que los funcionarios alemanes contemplaban abiertamente un papel significativamente mayor del Estado en la promoción y protección de su base industrial, su liderazgo tecnológico y su independencia económica (Germann, 2022). La estrategia introduce el término "autonomía tecnológica" e insta a adoptar medidas para proteger y conservar el control de la "esencia industrial relevante" en Alemania y Europa, con el propósito de evitar pérdidas de conocimiento especializado y conservar la autodeterminación en campos tecnológicos clave (BMW, 2019). La estrategia prevé un control más estricto de las adquisiciones extranjeras de empresas "estratégicas" e incluso crea la opción de que el Estado participe de forma temporal en las empresas para evitar adquisiciones extranjeras no deseadas. La versión inicial también abogaba por impulsar a los grandes fabricantes de equipos originales industriales para poder competir con los rivales estadounidenses y chinos y sus altas economías de escala, pero esto se suavizó en la versión final. La estrategia establece además, por primera vez, el objetivo específico de aumentar la cuota del valor agregado manufacturero hasta el 25% de la producción bruta en Alemania para 2030 (BMW, 2019). Todas estas nuevas intervenciones, bastante contundentes, se justifican por la necesidad de competir con sistemas económicos que se basan más en las subvenciones estatales, el proteccionismo y la intervención (BMW, 2019). Bofinger (2019) habla, por tanto, de un cambio de paradigma en la formulación de la política económica —que, curiosamente, fue iniciado por un gobierno conservador e instaurado a pesar de las fuertes críticas de la Federación Alemana de Industrias—.

Desde entonces, tanto el gobierno conservador como la coalición sucesora del canciller socialdemócrata Scholz (que contaba con un ministro de Economía del Partido Verde) favorecieron las medidas legislativas intervencionistas. El Gobierno ha ido vigilando con cada vez más celo la inversión extranjera directa (IED) para protegerse de las adquisiciones chinas, y ha presionado de forma sistemática para obtener mayor potestad en la aplicación de normas de competencia nacionales y europeas para afrontar a los gigantes digitales estadounidenses, fomentar las alianzas entre empresas y volcar dinero estatal en determinadas industrias en crecimiento (Germann, 2022). En verano de 2023, se concedieron dos paquetes de subvenciones sin precedentes a las empresas extranjeras de semiconductores que invirtieran en Alemania —10.000 millones de euros a Intel y otros 5.000 millones a la Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC)— con el argumento de que esto robustecería la economía alemana y aumentaría su dependencia de las importaciones de semiconductores de Asia, ante el temor de que China pudiera utilizar su poder de mercado contra Europa o incluso invadir Taiwán (provincia china de). Una vez más, estas subvenciones suscitaron críticas desde todos los rincones de la sociedad alemana. La crítica más relevante desde el punto de vista de la política industrial es que las subvenciones deberían destinarse a la I+D de semiconductores autóctona y a las nuevas empresas nacionales, o a atraer I+D de multinacionales extranjeras, en lugar de a plantas de fabricación en masa.

3. El tecnonacionalismo en la Unión Europea

Al igual que en Alemania, la pauta también ha cambiado en la Unión Europea. La "autonomía estratégica" se ha convertido en un nuevo concepto clave, con implicaciones que van desde la política de defensa hasta la redefinición del enfoque europeo de las cadenas de valor mundiales. La nueva Estrategia Industrial Europea de la Comisión Europea (2019) hizo hincapié en la necesidad de ser menos dependientes en el nuevo contexto geopolítico, y situaba a China como "rival sistémico". La Comisión también propuso una Ley Europea de Chips (2022), que allana el camino a las subvenciones destinadas a atraer a los fabricantes de chips a Europa. La Unión Europea también creó un nuevo instrumento, los Proyectos importantes de interés común europeo (PIICE), para aumentar la soberanía tecnológica europea en industrias críticas. Los proyectos subvencionables deben contribuir a objetivos estratégicos de la Unión Europea, ser ejecutados conjuntamente por varios Estados miembros y tener objetivos de investigación e innovación muy ambiciosos, además de estar cofinanciados por consorcios de empresas. Estos proyectos pueden subvencionarse más allá de las normas vigentes sobre ayudas estatales. Las seis IPCEI que hasta ahora han recibido ayudas se dedican a la microelectrónica, la investigación sobre baterías y el hidrógeno, todas ellas tecnologías fundamentales con importantes efectos indirectos en todas las industrias. Otro ámbito de interés estratégico para la Unión Europea es el acceso a materias primas fundamentales, como el litio y el cobalto, esenciales para el paso a una industria de cero emisiones netas. La Ley Europea de Materias Primas Fundamentales (2023) establece puntos de referencia para las capacidades nacionales de extracción, transformación y reciclaje de materias primas estratégicas, así como para la diversificación de las fuentes internacionales de suministro de la Unión Europea, de nuevo con vistas a lograr la "autonomía estratégica abierta", en concreto en este caso frente al papel dominante de China en las cadenas de suministro de materias primas¹⁴.

En general, las economías europeas son economías abiertas relativamente pequeñas (en comparación con los Estados Unidos y China) y dependen del comercio exterior en un grado muy elevado, especialmente Alemania. La mayoría no dispone de medios sustanciales para entrar en una carrera de subvenciones ni desplegar políticas exteriores que garanticen su abastecimiento a escala mundial. De ahí que la respuesta de Europa y Alemania al tecnonacionalismo y al proteccionismo tenga que ser equilibrada, además de porque los gobiernos de los Estados miembros tienen puntos de vista diferentes en materia de proteccionismo frente al libre comercio. La nueva Estrategia Industrial Europea

¹⁴ Véase [en línea] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52023DCo165>.

afirma que "la respuesta de Europa no puede consistir en levantar más barreras, proteger industrias no competitivas o imitar las políticas proteccionistas o distorsionadoras de otros. La competitividad requiere competencia, tanto en casa como en el resto del mundo" (Comisión Europea, 2020). Del mismo modo, todas las estrategias alemanas hacen hincapié en la adhesión a los principios del libre comercio y a una Organización Mundial del Comercio basada en normas. Por otra parte, las nuevas políticas europeas y alemanas están cada vez más diseñadas para contrarrestar el renacimiento del "nacionalismo de la política industrial" (Johnston, 2023) en China y los Estados Unidos.

III. Estudios de casos de políticas industriales específicas

Este capítulo ofrece tres ejemplos de elaboración de políticas industriales sectoriales. Se han seleccionado para ilustrar algunas de las características y retos específicos de la elaboración de la política industrial en Alemania, y sirven para complementar el panorama general descrito en los capítulos anteriores.

Los tres estudios de casos tienen una estructura común. En todos ellos:

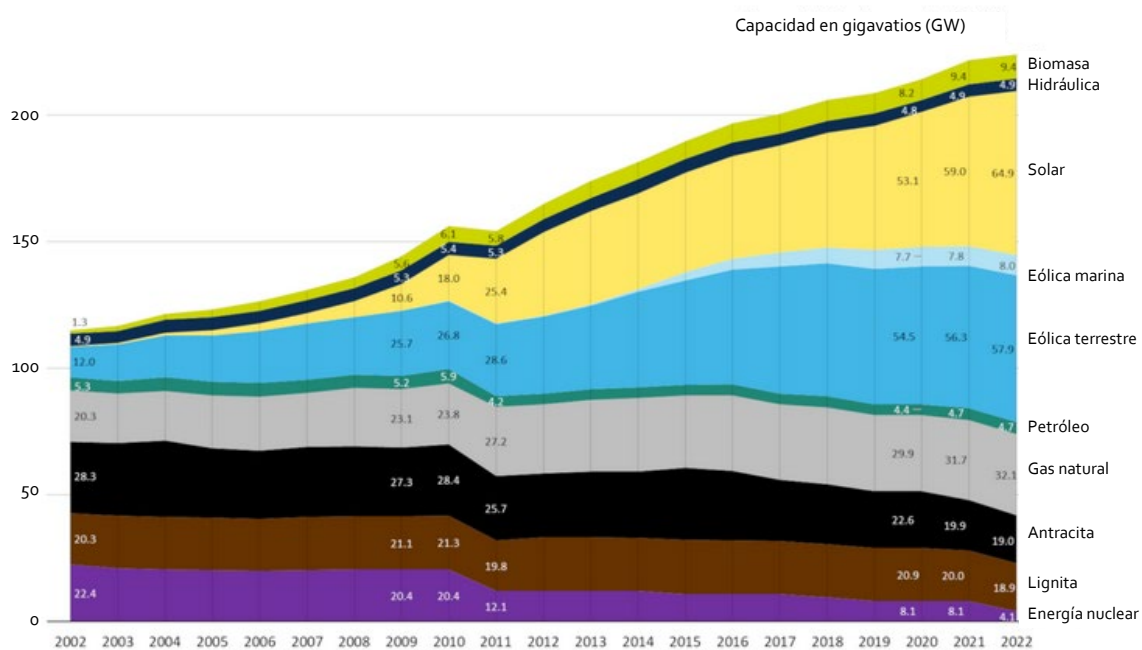
- i) Se empieza analizando los retos sociales específicos que abordan.
- ii) Se pasa a debatir las políticas concretas empleadas.
- iii) Se evalúa hasta qué punto Alemania ha tenido éxito o ha fracasado.

Al mismo tiempo, los tres son muy diferentes en cuanto a objetivos, repercusiones internacionales, nivel de intervención en los mercados, y otros.

A. Energía solar y eólica: éxito en el desarrollo del mercado, menor éxito en el desarrollo industrial

Las energías renovables, como la solar y la eólica, son cruciales para sustituir a los vectores energéticos insostenibles y perjudiciales para el medio ambiente que dominaban la canasta de energía alemana en el pasado: antracita, lignito, gas natural y energía nuclear. El gráfico 3 muestra cómo ha cambiado la canasta energética alemana en solo 20 años.

Gráfico 3
Alemania: capacidad neta instalada de producción de electricidad 2002-2022



Fuente: Fraunhofer ISE, 2022 [en línea] <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-energy-consumption-and-power-mix-charts>.

El reto de los proyectos de energías renovables y, por tanto, argumento en favor de las políticas públicas, es que las empresas no incorporan en sus decisiones de inversión los verdaderos costos sociales de las energías fósil (en cuanto a calentamiento global y contaminación atmosférica) y nuclear (fusión de reactores, contaminación radiactiva, eliminación final de residuos nucleares, proliferación de armas). Esto hace que las compañías eléctricas puedan ofrecer electricidad a bajo precio contra la que los proyectos de energías renovables no podrían competir, al menos al principio. La tarea de los encargados de formular políticas consistía entonces en promulgar reformas para a) poner precio a las externalidades, y b) apoyar las tecnologías limpias deseables mediante una serie de políticas industriales, de forma que se diera cabida al aprendizaje tecnológico y a las economías de escala que reducirían los costos y harían que las energías renovables fueran competitivas.

Hoy por hoy, los encargados de formular políticas debaten si poner precio a las externalidades bastaría para orientar la inversión hacia tecnologías limpias y seguras que, desde un punto de vista económico, son la mejor opción para el mercado. No obstante, imponer el verdadero costo social a los productores solo puede funcionar si los respectivos mecanismos de fijación de precios se aplican a todos los competidores del mundo. De lo contrario, las industrias que consumen mucha energía (al menos en el caso de los bienes comercializables) se trasladarían a lugares donde las políticas no se aplican en la misma medida (fuga de carbono). Ante la imposibilidad de lograr tal armonización internacional, los responsables políticos alemanes optaron por combinar el apoyo proactivo a las tecnologías limpias y la introducción gradual de políticas de precios.

Para apoyar la tecnología solar y eólica, Alemania fue el primer país en promulgar un sistema de tarifas reguladas de electricidad verde en 1991. Más tarde, este sistema se convirtió en la Ley de fuentes de energías renovables (Erneuerbare Energien-Gesetz), que obligaba a los operadores de la red a conectar y distribuir preferentemente energía renovable, además de garantizar una tarifa regulada fija durante 20 años (Renn y Marshall, 2016). Estas subvenciones fijas a largo plazo demostraron ser muy

eficaces para impulsar las inversiones, pero también resultaron muy costosas porque los precios de las tecnologías de energías renovables bajaron, lo que supuso que los precios garantizados estuvieran muy por encima de los precios de mercado. Esto condujo a una reforma en 2017 que puso fin a las tasas de financiación fijas e introdujo un sistema de subastas para determinar tasas de financiación más realistas.

Además de los sistemas de fijación de precios de las energías renovables, se crearon programas específicos de investigación y desarrollo y de demostración tecnológica¹⁵. Los Estados federados alemanes también apoyaron las energías renovables mediante diversas políticas. Por ejemplo, en el estado septentrional de Schleswig-Holstein existen programas de apoyo a la creación de cadenas de valor regionales en la industria de turbinas eólicas, y programas de agrupación de energía solar en el sur (Friburgo) y en la región central (Solar Cluster Mitteldeutschland). Esto es útil para dar cuenta de las diferentes dotaciones de recursos y prioridades políticas, pero también tiene un costo, ya que la actual estructura de gobernanza de varios niveles no prevé la necesaria integración de las políticas energéticas nacionales y subnacionales (Ohlhorst, 2015).

Tras la invasión rusa de Ucrania en 2022, que reveló la dependencia alemana de las importaciones de gas ruso, el objetivo para 2030 de la cuota de energías renovables en el consumo eléctrico se incrementó hasta un mínimo del 80%. Esto supone que de aquí a 2030 la capacidad eólica terrestre debería duplicarse y la solar triplicarse con creces. Esto se lograría mediante un paquete de nuevas políticas, tales como subvenciones más generosas para los proyectos eólicos marinos, la obligación de destinar el 2% de la superficie terrestre alemana a turbinas eólicas terrestres (Geres, y otros, s.f.) y el establecimiento de tarifas reguladas más elevadas para las instalaciones solares en tejados (Appunn y Wettengel, 2022).

Paralelamente, se ha introducido la tarificación de las externalidades de forma gradual, aunque lenta. En primer lugar, la reforma fiscal medioambiental de 1999-2002 gravó las energías fósiles y, en segundo lugar, Alemania presionó para que se estableciera un régimen de comercio de derechos de emisión de la Unión Europea, con el fin de garantizar la igualdad de condiciones en Europa. Este régimen se introdujo en 2004, pero los gobiernos europeos asignaron demasiados certificados gratuitos como para lograr incentivar eficazmente la reducción de emisiones. Esto cambió significativamente con una reforma en 2018 que redujo el número de certificados y ocasionó un consiguiente fuerte aumento de los costos de emisión para las empresas. El RCDE se convirtió así por fin en un instrumento eficaz para orientar las inversiones hacia unas emisiones de carbono bajas. Como consecuencia, el precio pasó de 5 euros por tonelada en 2017 a fluctuar en torno a los 80 euros por tonelada en 2023 (Sandbag, 2023).

Aunque este es el propósito del RCDE, es evidente que socava la competitividad de los productores europeos de bienes y servicios comercializables de alto consumo energético. De ahí que a continuación se hiciera un esfuerzo por introducir un Mecanismo de Ajuste en Frontera por carbono para proteger a los productores europeos de la competencia desleal.

Los paquetes de medidas para apoyar las energías renovables y desincentivar las emisiones de gases de efecto invernadero crearon una alta demanda de tecnologías de energías renovables e incentivaron la innovación tecnológica en Alemania. En especial, la pronta adopción de la Ley de fuentes de energía renovables hizo que su producción resultara económicamente atractiva en Alemania en un momento en el que, en la economía del resto del mundo, los incentivos destinados a las energías renovables eran insignificantes. La energía se encareció tanto para la industria como para los hogares alemanes, pero las políticas crearon una gran ventaja precursora para la industria. El resultado fue que las industrias de paneles solares y de turbinas eólicas registraron una fase de crecimiento formidable: desde mediados de la década de 1990 en la industria de turbinas eólicas terrestres, desde alrededor del año 2000 en la solar fotovoltaica (FV), y desde alrededor de 2010 en la industria eólica marina. Durante

¹⁵ Véase IRENA/GWEC (2013).

esta época dorada, la generación neta de electricidad derivada de la industria eólica terrestre pasó de 1.500 (1995) a 56.000 GWh en 2014, y la de la industria solar fotovoltaica aumentó de un nivel de producción insignificante en 2000 a 35.000 GWh en 2014 (Agencia de Medio Ambiente de Alemania, 2014). Alemania se convirtió así en el mayor productor mundial de energía solar fotovoltaica en ese momento (Lütkenhorst y Pegels, 2014). La aparición de los mercados de energías renovables desencadenó mejoras en la eficiencia y creó economías de escala que redujeron los costos de producción a una velocidad inesperada y relativamente sin precedentes, por lo que las instalaciones se abarataron mucho mientras los precios se mantuvieron altos gracias a la garantía de las tarifas reguladas¹⁶. Los proyectos de energías renovables se hicieron cada vez más lucrativos, lo que impulsó aún más la demanda.

Tanto en la industria eólica como en la solar surgieron complejos ecosistemas industriales, y los productores alemanes figuraban entre los líderes en casi todas las fases de la cadena de valor (Grau, Huo y Neuhoff, 2012). La industria solar requiere la producción de obleas de silicio, su posterior transformación en células (tecnologías cristalinas o de capa fina) y módulos (que a su vez exigen vidrios y marcos especializados), así como componentes de sistemas como convertidores, conectores y cables. Se necesitan equipos de procesamiento láser, gestión térmica, química húmeda y otros. La industria eólica comprende fabricantes de torres, tubos, cimentaciones, aspas, convertidores de energía eólica, componentes mecánicos (como equipos hidráulicos, generadores, cajas de engranajes, rodamientos y frenos) y electrónicos (automatización, controles, convertidores de potencia, sistemas de transmisión, etc.). La eólica marina es aún más sofisticada y requiere aerogeneradores más grandes, estructuras de acero y cemento y conexiones submarinas a la red. Además del valor agregado de la fabricación, tanto el sector eólico como el solar requieren muchos servicios, tales como soluciones de *software* para optimizar la eficiencia de los sistemas solares y eólicos, desarrollo y financiación de proyectos, selección de emplazamientos, y mantenimiento y reparación. Paralelamente, surgieron numerosas instituciones de investigación especializadas, entre ellas Fraunhofer ISE, el mayor centro de investigación sobre energía solar de Europa, que hoy cuenta con unos 1.400 empleados.

Sin embargo, después de 2012-2013, la industria solar fotovoltaica entró en crisis. En primer lugar, China había aprendido a producir células y módulos solares y, gracias a importantes subvenciones públicas y bajos costos de producción, superó rápidamente a la mayoría de los demás productores de todo el mundo, incluidos los de Alemania (Quitrow, Huenteler y Asmussen, 2017). En 2023, Alemania importó de China el 87% de sus células y módulos solares (TaiyangNews, 2023). Además, Alemania redujo sus tarifas reguladas, lo que hizo disminuir el mercado nacional. Muchos productores alemanes (entre ellos Q-Cells —antes líder mundial en producción de células solares—, Solon, Conergy y SolarWorld) se declararon en quiebra, cesaron la producción o fueron absorbidos por competidores. Según expertos del sector, se perdieron 70.000 empleos en la industria solar alemana (Schmitz, 2023).

A pesar de esta pérdida general de competitividad internacional en el mercado internacional de paneles solares, la historia del desarrollo de la energía solar en Alemania se puede considerar al menos un éxito parcial. En primer lugar, las empresas alemanas siguen siendo competitivas en algunos segmentos de alta tecnología de la industria, como los inversores solares y las soluciones integradas para el almacenamiento de energía en el hogar. En segundo lugar, el mercado interior está volviendo a florecer, y con él la creación de empresas y empleo. Hay un renovado impulso de las políticas para la mitigación del cambio climático. Se han fijado objetivos más ambiciosos en materia de energías renovables y se han vuelto a introducir regímenes de ayudas más favorables. El Gobierno alemán se ha fijado como objetivo una cuota del 80% de energías renovables en la canasta eléctrica nacional para 2030, frente al 50% de 2022. Se prevé que la capacidad total nacional de energía solar alcance los 215 GW

¹⁶ "entre 2006 y 2012, los precios cayeron aproximadamente dos tercios, de 5.100 a 1.750 euros por kWp. Solo en 2012, los precios de los módulos solares cayeron un 45%" (BSW-Solar, 2013).

en 2030, frente a los 63 GW de 2022. Se espera que esto reactive la industria solar e impulse el empleo. Hoy en día, el empleo solar es esencial en la prestación de servicios para el mercado interior y el desarrollo de soluciones de *software* avanzadas.

Dado que las células y los módulos se importan casi en su totalidad, la creación de empleo en la fabricación de energía solar es muy escasa (en comparación con la instalación y el mantenimiento). No obstante, esto podría cambiar gracias al renovado interés de Alemania y Europa por reducir su dependencia de las importaciones de China. La Ley sobre la industria de cero emisiones netas de la Unión Europea, propuesta por la Comisión Europea en marzo de 2023 (pero aún no ratificada), prevé que el 40% de todos los paneles solares instalados en Europa se produzcan en Europa mediante la adopción de una protección a la importación y de otras ayudas para los fabricantes de la región.

Aunque la generación de energía se está expandiendo rápidamente en ambos tipos de energías renovables en Alemania, la industria de turbinas eólicas ha obtenido mejores resultados que la industria solar fotovoltaica en materia de empleo, innovación y competitividad internacional. Al igual que en el caso de la energía solar, Alemania fue pionera en el sector cuando empezó a invertir en energía eólica hace 40 años. Solo unos pocos países preveían entonces el potencial de crecimiento de esta industria, entre ellos Dinamarca, España y los Estados Unidos. Las políticas alemanas en materia de energías renovables ofrecían oportunidades de inversión y aprendizaje tecnológico. Varias empresas alemanas se convirtieron en líderes del mercado mundial y exportadoras de éxito. En la actualidad, el 25% de la demanda de electricidad de Alemania se cubre con energía eólica, y el empleo en esta industria se situaba en 130.000 puestos de trabajo en 2021 (BWE, 2022).

Pero, una vez más, el sector se encuentra en una situación difícil, principalmente por dos razones:

- i) En primer lugar, las empresas chinas alcanzaron rápidamente a las naciones pioneras y crearon empresas de éxito internacional. Aunque en un principio el mercado chino ofrecía importantes oportunidades de exportación para los fabricantes alemanes de aerogeneradores, en la actualidad el mercado nacional chino está abastecido en gran medida por empresas nacionales, que compiten además en el mercado mundial.
- ii) En segundo lugar, el mercado interior alemán ha perdido su dinamismo inicial. Las comunidades locales rechazan cada vez más la construcción en sus inmediaciones de infraestructuras de importancia suprarregional, como parques eólicos y líneas de transmisión de energía, aunque en principio estén a favor de la transición energética. Es lo que se ha dado en llamar el fenómeno NIMBY ("no en mi patio trasero" (*not in my backyard*)). Los gobiernos estatales conservadores en particular se han puesto a menudo del lado de los manifestantes locales para bloquear las inversiones en energías renovables. De ahí que existan continuas disputas, sobre todo en lo relativo a la distancia mínima entre los parques eólicos y las zonas residenciales. Esto hizo que se empezasen a preferir los parques eólicos marinos. El problema es que estos están situados en el norte de Alemania, en los mares del Norte y Báltico, mientras que la mayor parte de la electricidad del país se consume en el sur, lo que exige líneas de transmisión de larga distancia, bloqueadas a su vez por grupos de ciudadanos locales.

Debido a estos dos factores, el crecimiento de la industria se ralentizó, el empleo bajó a 130.000 puestos y los fabricantes empezaron a acumular pérdidas.

A pesar de estas dificultades, la industria alemana de turbinas eólicas se ha visto mucho menos afectada que la solar fotovoltaica. Tres empresas con sede en Alemania (ahora, en parte, empresas conjuntas internacionales) siguen figurando entre las diez primeras del sector mundial de turbinas eólicas (Siemens Gamesa, Nordex Group y Enercon). Pegels y Lütkenhost (2014) compararon los indicadores de rendimiento de ambas industrias y mostraron que la industria de turbinas eólicas obtiene

mejores resultados en todas las áreas: costo por Kwh, ventaja comparativa revelada, participación en las patentes mundiales y creación de empleo. A pesar de haber perdido la ventaja competitiva en lo que a turbinas eólicas costeras de menor tamaño se refiere, Alemania sigue en la frontera tecnológica en segmentos de mercado más sofisticados, como las turbinas de gran tamaño y la tecnología marina.

Ante la necesidad de disminuir la dependencia alemana de las importaciones de gas de la Federación de Rusia, la coalición gubernamental actual, que cuenta con un Ministro de Economía y Protección del Clima del Partido Verde, promulgó un paquete de medidas para revitalizar el sector de la energía eólica. Una de las medidas para acelerar el despliegue de parques eólicos ha sido la aprobación de una ley que obliga a Alemania a reservar el 2% de su superficie total al uso de la energía eólica para 2032. Como medida para aumentar la aceptación de los parques eólicos en las comunidades, se creó el instrumento de los "parques eólicos ciudadanos" mediante el cual se ofrece una participación en el proyecto a la población local. Asimismo, se han agilizado los procedimientos de ordenación del territorio para acelerar la ejecución de los proyectos y se han aumentado las ayudas financieras a los parques eólicos marinos.

En general, el caso alemán muestra la importancia de crear mercados para las tecnologías verdes de forma temprana, pues son tecnologías que parten con grandes desventajas frente a las tecnologías contaminantes ya existentes. La Ley de fuentes de energías renovables ha sido el instrumento más importante en este sentido, ya que proporcionó una ventaja a la industria alemana como precursora. Aunque gran parte de su ventaja inicial ya se ha desvanecido y otros países han logrado cuotas de mercado, las industrias solar y la eólica siguen siendo parte importante de la estructura industrial alemana. Sin embargo, esto también pone de manifiesto la importancia de adoptar una política industrial y de innovación proactiva para aprovechar plenamente las oportunidades que brindan los instrumentos creadores de mercado, y es aquí donde la política alemana ha prestado menos apoyo y tenido menos éxito. Un antiguo director del principal instituto alemán de investigación sobre energía solar declaró que la política energética alemana ha creado un mercado para la energía fotovoltaica, pero no una industria (Eicke Weber, Director de Fraunhofer Institute for Solar Energy, en *Paris Tech Review* (2012)).

B. El hidrógeno verde: impulsar una industria naciente

El término hidrógeno verde se refiere al hidrógeno producido con energías renovables. Es indispensable para la descarbonización de las economías, especialmente para las llamadas industrias de difícil abandono que no pueden descarbonizarse utilizando la electricidad verde directamente: el calentamiento a alta temperatura para la producción de acero, el suministro de materias primas para productos químicos (como amoníaco para la producción de fertilizantes), el transporte de mercancías pesadas, el transporte marítimo y la aviación, entre otras. Se utiliza energía renovable para dividir el agua en hidrógeno y oxígeno ("electrólisis"), y el hidrógeno, que consume mucha energía, se utiliza después directamente para generar electricidad en pilas de combustible o para producir derivados químicos, como amoníaco y metanol (que pueden utilizarse como materia prima para diversos procesos industriales) y combustible de aviación sostenible. El hidrógeno y sus derivados hacen que la energía renovable se pueda almacenar y transportar a larga distancia. Otra alternativa con emisiones bajas de carbono que compite con el hidrógeno verde es el hidrógeno azul. Se trata de hidrógeno producido a partir de gas natural con captura y almacenamiento de carbono, que es menos sostenible, pero ampliamente aceptado como tecnología de transición.

La demanda de hidrógeno verde está en auge debido a los ambiciosos planes de descarbonización de las industrias de difícil abandono. Deloitte (2023) prevé que el mercado mundial del hidrógeno "limpio" alcance una capacidad de 170 millones de toneladas (MtH₂eq) en 2030 y 600 MtH₂eq en 2050, lo que corresponde a 642.000 millones de dólares de ingresos anuales en 2030 y 1,4 billones de dólares al año en 2050.

Actualmente, el hidrógeno verde (y el azul) son más caros que las alternativas basadas en combustibles fósiles, pero hay importantes iniciativas en marcha para desarrollar un mercado mundial de hidrógeno verde y abaratar los costos mediante economías de escala y aprendizaje tecnológico. La Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) estima que los costos del hidrógeno verde serán competitivos frente a alternativas menos sostenibles a mediados de 2030 (IRENA, 2020). En concreto, el punto de equilibrio puede alcanzarse en 2030 en el caso del amoníaco, en 2035 para el hidrógeno gaseoso, en 2045 para el metanol y en 2050 para el combustible de aviación sostenible (Deloitte, 2023).

El mercado del hidrógeno verde, no obstante, ya está empezando a desarrollarse, pues algunas industrias (como la aeronáutica y la siderúrgica) están dispuestas a pagar precios elevados para iniciar sus procesos de aprendizaje tecnológico, y algunos gobiernos (entre ellos el alemán) están dispuestos a subvencionar el diferencial de precios entre los costos de producción y los precios de compra. Gracias a estos incentivos para el despegue del mercado, ya se están realizando grandes inversiones en hidrógeno, y muchas más se encuentran en fase de viabilidad. Solo en Europa, la Asociación Europea por un Hidrógeno Limpio ha reunido una lista de 840 proyectos de inversión que abarcan desde la producción, transmisión y distribución de hidrógeno hasta aplicaciones en la industria, el transporte, los sistemas energéticos y los edificios¹⁷.

Como se ha señalado en la sección sobre las características específicas de la política industrial ecológica, el mercado del hidrógeno verde está casi totalmente impulsado por las políticas, mediante el establecimiento de objetivos de descarbonización fijados políticamente y el empleo de subvenciones a diversos niveles para poner en marcha la industria. El objetivo de los gobiernos, en coordinación con los principales agentes del sector, es impulsar una industria que se considera indispensable para el futuro de varias otras industrias. Esto conlleva enormes incertidumbres y riesgos, y las consiguientes dudas por parte de los inversores. El hidrógeno verde requiere una expansión a gran escala de la generación de energía renovable, cuyas dimensiones solo pueden ampliarse si demuestra ser lucrativa en relación con la energía procedente de combustibles fósiles o si está subvencionada. El diferencial de costos entre energías fósiles y renovables depende de muchos factores difíciles de predecir, como posibles guerras, los cárteles, la fijación de precios internacionales del carbono, las economías de escala y las mejoras tecnológicas. Además, los costos iniciales de los electrolizadores son elevados, pues es una tecnología aún incipiente que todavía no se ha llevado a gran escala. El aprendizaje tecnológico y las economías de escala reducirán los costos, pero no se sabe con certeza cuánto y con qué rapidez, lo que afecta al tiempo de amortización y a la competitividad de costos de las inversiones relacionadas. Además, el hidrógeno es un gas muy inflamable y requiere métodos especiales para su transporte en conductos o buques cisterna. En la mayoría de los casos, es necesario convertirlo en productos intermedios como amoníaco y portadores orgánicos de hidrógeno líquido. También presupone la disponibilidad de agua, que en muchos lugares solo puede conseguirse mediante la desalinización del agua de mar. Todas las infraestructuras relacionadas todavía tienen que mejorar tecnológicamente y están por construir.

La política industrial para el hidrógeno verde (Cammaraat, Dechezleprêtre y Lalanne, 2022; Stamm y otros, 2023) tiene, pues, dos tareas principales. En primer lugar, crear condiciones de igualdad con las tecnologías alternativas contaminantes mediante el endurecimiento de los precios del CO₂ y ayudando a crear economías de escala para las tecnologías verdes a través de I+D y planes piloto. En segundo lugar, hacer frente al vasto y heterogéneo problema del huevo y la gallina mediante políticas sectoriales integradas. Los inversores que estén interesados en cualquier elemento específico del sistema de producción de hidrógeno —un parque eólico, un conducto específico y una planta de conversión de amoníaco, un electrolizador, un buque cisterna dedicado, una planta desalinizadora— o en cualquier tecnología de uso del hidrógeno —tecnología siderúrgica basada en el hidrógeno,

¹⁷ Véase [en línea] https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/strategy/industrial-alliances/european-clean-hydrogen-alliance/project-pipeline_en.

combustible de aviación con bajas emisiones de carbono, vehículos de pila de combustible— se enfrentan a grandes riesgos y es probable que no inviertan lo suficiente mientras no se haya creado una serie de industrias ascendentes y descendentes complementarias. Esto requiere que exista una coordinación suficiente del mercado así como garantías de inversión, además de subvenciones por parte de los gobiernos a empresas emergentes innovadoras.

La política relativa al hidrógeno es aún más complicada, ya que persigue objetivos diferentes. El Gobierno alemán aspira, en primer lugar, a garantizar la descarbonización de las industrias de difícil abandono, sin lo cual le será imposible alcanzar su objetivo de descarbonización de emisiones netas cero para 2045. Y no solo eso: también quiere mantener la competitividad de estas industrias, pues muchas de ellas son pilares fundamentales de la economía alemana (como las industrias química y siderúrgica). Dado que los objetivos específicos de la industria son cada vez más estrictos y los costos de las emisiones de carbono —en el marco del régimen de comercio de derechos de emisión— son cada vez más elevados, es esencial que se logre un suministro de hidrógeno verde suficiente. Sin embargo, los recursos de energías renovables de Alemania (y de Europa) no bastan para producir la cantidad necesaria, por lo que se requiere una estrategia de importación para aumentar la producción en los países ricos en energías renovables, establecer infraestructuras de transporte y vincular a los productores al mercado alemán. Al mismo tiempo, los encargados de formular políticas alemanes quieren que todas las inversiones se traduzcan en ventajas para los productores pioneros en el ámbito de las tecnologías para la economía verde, desde electrolizadores hasta acero ecológico. Esto exige políticas de innovación proactivas.

Garantizar las importaciones requiere además establecer alianzas tecnológicas con los posibles países proveedores. Estos países, a su vez, desean en su mayoría utilizar el hidrógeno a escala nacional, cosa que también interesa a Alemania puesto que la descarbonización de las industrias con emisiones altas debe promoverse a escala mundial. Por lo tanto, existe una tensión inherente entre el objetivo de asegurar las importaciones a Alemania y Europa y el de ayudar a que los países socios puedan usar el hidrógeno a escala nacional; y también entre el deseo de posicionar a las empresas alemanas como líderes del mercado de la tecnología del hidrógeno y el reconocer que los países socios también aspiran a proporcionar un valor agregado nacional y al aprendizaje tecnológico, por lo que en su mayoría no se ven como meros exportadores de vectores energéticos básicos, como el amoníaco. Para hacer frente a estas disyuntivas se requiere una diplomacia internacional en materia de hidrógeno y una serie de asociaciones bilaterales con los posibles países exportadores de hidrógeno en las que se negocien los intereses contrapuestos. De hecho, Alemania ya está desarrollando este tipo de asociaciones bilaterales con varios países ricos en energías renovables y con un potencial excedente de hidrógeno —como Egipto, Marruecos, Sudáfrica y Namibia—, asociaciones a menudo respaldadas por programas de cooperación técnica.

En general, la política alemana en materia de hidrógeno es un clásico ejemplo de las complejidades y las contrapartidas inherentes al campo emergente de la política industrial ecológica que se describen en la sección A. Los párrafos siguientes resumen las políticas más importantes.

El Gobierno federal alemán acordó una primera Estrategia Nacional del Hidrógeno en 2020 (BMW, 2020), que se actualizó en 2023 (Gobierno de Alemania, 2023).

La estrategia actualizada se basa en cuatro pilares:

- i) Garantizar la disponibilidad de hidrógeno suficiente.
- ii) Ampliar la infraestructura dedicada al hidrógeno.
- iii) Establecer aplicaciones para el hidrógeno (industria, transporte, electricidad, calor).
- iv) Crear buenas condiciones marco.

A continuación, se analizan estos cuatro pilares, distinguiendo entre objetivos y medidas (véase una visión general en el cuadro 1):

Pilar 1: garantizar la disponibilidad de hidrógeno suficiente. Este pilar tiene dos elementos principales: la incentivación de las energías renovables y de los electrolizadores en Alemania, y una estrategia para garantizar las importaciones de hidrógeno y derivados.

Para incentivar aún más la generación de energía renovable, se fijó un objetivo nacional más ambicioso y se actualizó la Ley de fuentes de energía renovables con el fin de incluir incentivos adicionales y agilizar los procedimientos (véase la sección C.1). En cuanto a la capacidad nacional en materia de electrolizadores, la estrategia 2023 elevó el objetivo anterior de 5 GW a un mínimo de 10 GW de capacidad instalada para 2030, incluidas las inversiones en tierra y las combinadas con proyectos eólicos marinos. Se están preparando una serie de licitaciones que se consideran de interés estratégico nacional para lograr la seguridad energética y que, por tanto, contienen subvenciones superiores a las permitidas normalmente por la Unión Europea.

La demanda adicional —que es el grueso de la demanda prevista— será importada. Actualmente se está elaborando una estrategia específica de importación. La estrategia pretende abrir canales de importación muy diversificados y evitar así nuevas dependencias. Contempla, entre otros, la creación de asociaciones internacionales con países exportadores. Las importaciones se realizarán por medio de tuberías y buques. Las importaciones mediante tuberías son la opción de bajo costo preferida, pero estas conexiones solo son posibles con otros países europeos y con los norteafricanos cercanos. Los buques pueden transportar derivados desde regiones remotas, pero para ello es necesaria la conversión previa en derivados. Algunas de las opciones prometedoras, como el uso de portadores orgánicos de hidrógeno líquido como derivados transportables, se encuentran aún en fase precomercial. Alemania está apoyando la investigación de tales soluciones.

Un instrumento político importante e innovador es el mecanismo de subasta H2Global, la primera plataforma internacional de comercio de hidrógeno verde y sus derivados (Gobierno de Alemania, 2023). Como se ha mencionado, debido a la incertidumbre y a la falta de coordinación, el suministro de hidrógeno verde no acaba de despegar, lo que impide que las industrias de difícil abandono apliquen sus planes de acción para la descarbonización. Para superar este fallo del mercado, H2Global creó una empresa intermediaria que celebra contratos de compra a largo plazo por el lado de la oferta y contratos de venta a corto plazo por el lado de la demanda, ambos organizados mediante licitaciones. El mecanismo de licitación ayuda a determinar los precios de un mercado aún no existente¹⁸. Los precios de la oferta serán considerablemente superiores a los de la demanda. Esta diferencia se cubrirá mediante subvenciones del Gobierno alemán. El mecanismo aspira a poner en marcha un mercado de hidrógeno verde para reducir el riesgo de invertir en hidrógeno. Como tal, se considera una medida temporal. El Gobierno alemán ha asignado 900 millones de euros a la primera ventanilla de financiación y en la actualidad está preparando otras licitaciones por valor de 3.500 millones de euros (BMWK, 2022a).

Pilar 2: ampliar la infraestructura dedicada al hidrógeno. Este pilar contempla el desarrollo de infraestructuras nacionales así como de iniciativas europeas para apoyar el desarrollo de infraestructuras a escala europea.

La infraestructura necesaria para el hidrógeno consiste en una red de tuberías para conectar los lugares de generación (electrólisis), importación y almacenamiento con los principales consumidores. También son necesarias estaciones de servicio de hidrógeno para el transporte por carretera. Como el hidrógeno es un agente agresivo, requiere construir tuberías especiales o bien acondicionar los gasoductos de gas natural existentes para el transporte de hidrógeno. La estrategia 2023 pretende

¹⁸ <https://www.h2-global.de/project/h2g-mechanism>.

establecer una red de más de 1.800 km de conductos de hidrógeno reconvertidos o de nueva construcción para 2027-2028 y otros 4.500 km en toda Europa —la European Hydrogen Backbone, red troncal europea de hidrógeno (Gobierno de Alemania, 2023)—. Para 2030, todos los grandes centros de generación, importación y almacenamiento deberán estar conectados a los consumidores correspondientes. El Gobierno también ha empezado a construir nuevas terminales de importación a lo largo de la costa alemana, sobre todo a partir de 2022, ante la posibilidad de escasez de gas cuando las importaciones de gas natural ruso se interrumpieron debido a la invasión de Ucrania. También se contempla la construcción de capacidad de almacenamiento de hidrógeno para reforzar la soberanía energética nacional.

Pilar 3: establecer aplicaciones para el hidrógeno. El hidrógeno es esencial para la descarbonización de actividades que no pueden electrificarse de forma directa con costos razonables o para las que no existen soluciones técnicas alternativas para lograr la neutralidad climática. Muchas de las nuevas aplicaciones requieren innovaciones tecnológicas considerables: por ejemplo, la forma en la que se produce actualmente el acero, basada en altos hornos, debe sustituirse por un nuevo modo de producción donde el hierro se obtenga por reducción directa con hidrógeno. Asimismo, la producción de combustibles sostenibles para la aviación se encuentra aún en fase experimental, al igual que el desarrollo de vehículos pesados impulsados con pilas de combustible. Las industrias que consumen mucha energía tienen que hacer frente así a un doble reto: se enfrentan a costos crecientes debido a los certificados de emisión y, al mismo tiempo, necesitan llevar a cabo grandes inversiones en nuevas tecnologías e infraestructuras industriales.

Las respuestas de la política industrial se centran en tres aspectos:

- En primer lugar, ofrecer subvenciones temporales para mitigar el doble reto financiero y acelerar así la transformación. Existen subvenciones para la investigación, las plantas piloto y la inversión en plantas industriales. Además, se está preparando el establecimiento de contratos por diferencia de carbono. Estos contratos son una subvención gubernamental que cubre el sobrecoste de procesos de producción con bajas emisiones de carbono que aún no son competitivos en comparación con los procedimientos convencionales.
- En segundo lugar, se adoptan medidas para desarrollar "mercados verdes líderes" y provocar un cambio de los patrones de demanda hacia estándares de emisiones de carbono bajas. Para ello se utilizan normas y etiquetas para los productos y se definen criterios y cuotas para la contratación pública. En el caso de la aviación, se ha establecido una proporción obligatoria de queroseno a base de hidrógeno.
- En tercer lugar, se fomentan la investigación, el desarrollo y las pruebas piloto de varias tecnologías emergentes. Entre otros, se ha creado el Programa Nacional de Innovación en tecnología de hidrógeno y pilas de combustible, un futuro programa destinado a apoyar proyectos de demostración de propulsores y combustibles a base de hidrógeno para la navegación marítima así como la financiación en el marco del programa de Proyectos importantes de interés común europeo (PIICE).

Pilar 4: crear buenas condiciones marco. Es necesario que existan marcos normativos coherentes y propicios en todos los niveles de la economía del hidrógeno: para la producción, el transporte, el almacenamiento, la importación, el suministro y el uso sostenibles del hidrógeno y sus derivados. Esto se aplica tanto a las leyes y normativas nacionales como a las europeas e internacionales. Hay que acordar normas técnicas y medioambientales y establecer sistemas de certificación. Es preciso optimizar los procedimientos de planificación y aprobación, y al mismo tiempo salvaguardar las preocupaciones medioambientales y sociales legítimas. Además, es necesario potenciar los sistemas de fijación de precios del carbono para inclinar la balanza a favor de las soluciones con emisiones bajas de carbono, además de proteger a los productores europeos de las importaciones

competidoras de países cuya fijación de precios del carbono es menos ambiciosa mediante ajustes fiscales en frontera por carbono. Para contar con unas buenas condiciones marco, también es necesario crear planes para garantizar la formación técnica y profesional de expertos en las diferentes capacidades nuevas que requiere la economía del hidrógeno.

Cuadro 1

Alemania: principales objetivos y políticas clave en la actualización de la Estrategia Nacional del Hidrógeno para 2023

Pilares	Objetivos	Políticas principales
Garantizar la disponibilidad de hidrógeno suficiente	Ampliar la escala de la producción nacional de energías renovables	H2Global
	Incentivar una capacidad nacional de electrolizadores de 10 GW para 2030	Licitaciones subvencionadas, ayudas a I+D, programas piloto
	Aumentar la seguridad y fiabilidad de las importaciones	La creación de asociaciones internacionales para el hidrógeno y la licitación dual H2Global con componente de subvención
Ampliar la infraestructura dedicada al hidrógeno	Establecer 1.800 km de conductos de hidrógeno en Alemania para 2027-2028	Planificación integrada de las infraestructuras energéticas y armonización de los planes europeos
	4.500 km más por toda Europa	Revisión de los requisitos legales
	Conectar los centros de generación, importación y almacenamiento a los consumidores	Proyectos para la instalación de conductos con determinados países importadores de Europa (Noruega) y el norte de África
Establecer aplicaciones para el hidrógeno	Desarrollar nuevas tecnologías, principalmente para las industrias y transportes de difícil abandono (pilas de combustible, combustibles de aviación y marítimos)	Subvenciones para la investigación, las plantas piloto y la conversión de plantas industriales
	Convertir a Alemania en proveedor líder de tecnologías del hidrógeno	Subvenciones para cubrir el diferencial de costos entre las tecnologías con bajas emisiones de carbono y las tecnologías tradicionales (contratos de carbono por diferencia)
		Desarrollo de "mercados verdes líderes" mediante normas, etiquetas y contratación pública
Crear buenas condiciones marco	Establecer marcos normativos propicios	Financiación de investigación, desarrollo y pruebas piloto
	Reducir los costos de transacción mediante normas acordadas y armonizadas	Simplificación y aceleración de los procedimientos de planificación y aprobación de proyectos
	Evitar la competencia desleal de las importaciones y las fugas de carbono	Desarrollo y armonización de normas técnicas y medioambientales. Capacitación técnica y profesional Seguir avanzando en la fijación de precios del CO2 al tiempo que se establece una protección eficaz contra las fugas de carbono a través de los mecanismos de ajuste en frontera por carbono de la Unión Europea

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Gobierno de Alemania, *Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie*, 2023 [en línea] https://www.bmbf.de/SharedDocs/Downloads/de/2023/230726-fortschreibung-nws.pdf?__blob=publicationFile&v=1.

En conjunto, la estrategia alemana en materia de hidrógeno confirma un compromiso significativo con la descarbonización nacional. Los múltiples fallos del mercado que interfieren en este empeño ejemplifican por qué es absolutamente impensable lograr una transformación ecológica sin la existencia de un Estado proactivo que coordine, facilite, apoye la I+D y la aceleración del mercado y que reduzca el riesgo de las inversiones. En este sentido, el enfoque alemán es muy completo.

Puesto que la economía del hidrógeno aún está en sus fases iniciales, es imposible evaluar la eficacia de su estrategia. No obstante, esta sí ha tenido en cuenta diversas buenas prácticas. Se ha elaborado junto con una amplia gama de partes interesadas y ha contado con el asesoramiento de un grupo de expertos independientes, el Consejo Nacional del Hidrógeno. La estrategia establece un equilibrio negociado entre los intereses medioambientales y los de competitividad industrial, así como entre los requisitos nacionales de importación y la preocupación de los países exportadores por los riesgos del "extractivismo de exportación". Emplea subvenciones para compensar las deficiencias del mercado, y licitaciones para obtener la información necesaria para mantener las subvenciones al mínimo. La estrategia cuenta además con mecanismos de revisión y actualización continua.

Sin embargo, algunas cuestiones siguen siendo relativamente vagas. En primer lugar, no está claro cómo pretende alcanzar el Gobierno el liderazgo tecnológico. Aunque la estrategia afirma que los proveedores alemanes están ampliando su liderazgo tecnológico y ofrecen todos los elementos de la cadena de valor de las tecnologías del hidrógeno, desde la producción (como electrolizadores) hasta sus diversas aplicaciones (como la tecnología de pilas de combustible) (Gobierno de Alemania, 2023), apenas se mencionan planes de tecnología e innovación para apoyar el desarrollo tecnológico. El Gobierno parece dar por sentado que las subvenciones para la creación de mercados se traducirán automáticamente en competitividad nacional, pero esto es poco probable, entre otras cosas porque las licitaciones también están abiertas a competidores extranjeros. Por lo tanto, es posible que se repitan los errores incurridos en el apoyo a las energías solar y eólica (sección A).

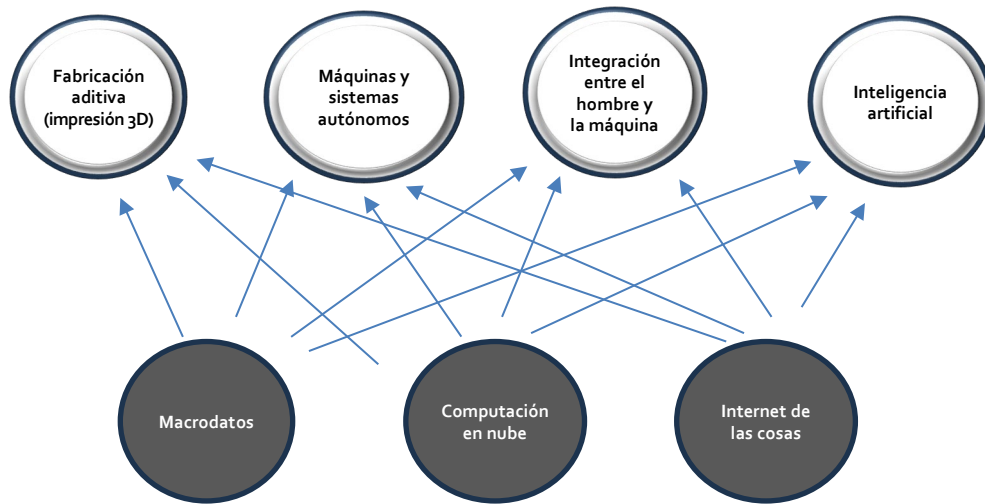
En segundo lugar, sería necesario aclarar la cuestión del hidrógeno verde frente al azul. La estrategia de 2020 estaba claramente orientada al hidrógeno verde, mientras que la actualización de 2023 también contempla el apoyo al hidrógeno azul. Se afirma que los programas de apoyo a la oferta darán prioridad al hidrógeno verde, pero las subvenciones a la demanda no establecen esta distinción, lo que puede considerarse una subvención indirecta a la oferta. Dadas las grandes inversiones en hidrógeno azul en Europa y la región de Oriente Medio y África Septentrional, la falta de claridad podría crear incentivos para congelar la explotación a largo plazo de los yacimientos de gas.

C. Hacer frente a la transformación digital: ¿el talón de Aquiles de la economía alemana?

Las innovaciones digitales están revolucionando el funcionamiento de nuestras economías. La combinación de la inteligencia de los macrodatos con la inteligencia artificial, las tecnologías de cadenas de bloques, la impresión digital, el Internet de las cosas y las economías de plataforma genera presión para innovar o salir del mercado. Las tecnologías digitales son tecnologías de propósito general (Jovanovic y Rousseau, 2005) que cambian la forma en que las economías funcionan y los ciudadanos interactúan con la sociedad en prácticamente todos los ámbitos. En las últimas décadas, diversas tecnologías digitales y modelos de negocio han coevolucionado y se han acelerado mutuamente. Ha habido diferentes intentos de desagregar los elementos principales. Aquí ofrecemos un breve resumen basado en la OCDE (2017) y Lütkenhorst (2018).

El diagrama 2 muestra los múltiples motores del cambio digital que afectan a la transformación industrial y las muchas maneras en las que están interrelacionados.

Diagrama 2
Principales tecnologías digitales habilitadoras de la transformación industrial



Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), *The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business*, París, OECD Publishing, 2017.

La OCDE (2017) identificó tres habilitadores digitales principales:

- i) **Macrodatos:** las tecnologías digitales actuales permiten recopilar, almacenar, procesar y transferir cantidades de datos sin precedentes. Los datos pueden ser recogidos por plataformas comerciales (como perfiles de consumidores) pero también por sensores (como vehículos autónomos). Los macrodatos permiten múltiples usos nuevos, por lo que las empresas de macrodatos están muy bien valoradas en bolsa.
- ii) **La computación en nube** está relacionada con los macrodatos, pues permite almacenar y compartir datos utilizando una red de servidores remotos alojados en Internet. Al igual que los macrodatos, la computación en nube requiere enormes inversiones, lo que proporciona a los operadores de nubes un poder de mercado muy alto, que a su vez influye en la soberanía digital de los países.
- iii) **Internet de las cosas (IoT)** se refiere a una red de dispositivos interrelacionados que se conectan e intercambian datos con otros dispositivos IoT y con la nube. Los dispositivos IoT suelen llevar incorporada tecnología como sensores y *software*, y pueden incluir máquinas mecánicas y digitales y objetos de consumo (Gillis, s.f.). Esta conectividad permite recopilar y utilizar datos para mejorar el rendimiento de sistemas enteros.

Estos habilitadores digitales —extremadamente interdependientes— crean oportunidades de innovación sin precedentes en materia de simulaciones, inteligencia artificial e integración de sistemas que, a su vez, han revolucionado las tecnologías de producción, como:

- La fabricación aditiva, o impresión 3D es un proceso mediante el cual se construye un artefacto capa a capa a partir de un diseño digital en 3D. En principio, esto puede revolucionar los sistemas de fabricación tradicionales, pues sustituiría el comercio y las cadenas de valor por el intercambio de datos.

- Las máquinas autónomas (como los robots industriales) son cada vez más capaces no solo de realizar tareas predefinidas sino también de recopilar información mediante capacidades cognitivas y de detección avanzadas, como el reconocimiento de voz y patrones, lo que les permite aprender y mejorar continuamente.
- La integración entre el hombre y la máquina se refiere a la colaboración entre máquinas semiautónomas y seres humanos en ámbitos en los que la inteligencia artificial no es (todavía) capaz de sustituir la creatividad y la toma de decisiones humanas. En estos casos, los humanos son quienes entrenan a robots que aprenden.
- La inteligencia artificial se basa en sistemas informáticos capaces de procesar grandes cantidades de datos y realizar así tareas que tradicionalmente requerían inteligencia humana. Permite innovaciones tecnológicas y empresariales como motores de búsqueda, percepción visual, reconocimiento de voz, toma de decisiones, traducción entre idiomas, herramientas de escritura de textos y vehículos autónomos, y tiene aplicaciones en la industria, la administración y la ciencia.

Mantenerse a la par de estas innovaciones punteras es crucial para las perspectivas de desarrollo económico de cualquier nación. Sin embargo, la innovación digital también implica una serie de riesgos, como:

- Un poder de mercado oligopolístico: algunos avances digitales requieren enormes economías de escala y favorecen una dinámica en la que el ganador se lo lleva todo. Esto conlleva que las denominadas empresas superestrella (Autor y otros, 2020) adquieran un poder de mercado oligopolístico.
- La pérdida de empleo: algunas innovaciones digitales sustituyen al trabajo humano. También crean nuevas oportunidades de negocio. Lo más probable es que los empleos rutinarios semicualificados se vean reemplazados (Frey y Osborne, 2013) mientras que la demanda de, por ejemplo, competencias digitales avanzadas aumente, cosa que podría acentuar la desigualdad social. Las investigaciones demuestran que las empresas superestrella tienen una proporción baja de mano de obra en el valor agregado, de ahí que los oligopolios reduzcan aún más la demanda de mano de obra (Autor y otros, 2020), como cuando Amazon sustituye al comercio minorista tradicional. Es difícil calcular los efectos netos que esto tiene en los mercados laborales, que además dependen de los complementos analógicos (Banco Mundial, 2016) de las innovaciones digitales, como los programas de recualificación, las políticas de competencia y las regulaciones del mercado laboral.
- La pérdida de soberanía nacional: algunas tecnologías son muy estratégicas y dependen en gran medida de las economías de escala (como los semiconductores, la tecnología de la nube, la tecnología de red celular 5G), por lo que la dependencia de empresas extranjeras puede poner en peligro la soberanía nacional.
- Problemas de privacidad de la información: a medida que las empresas recopilan macrodatos para sus nuevos modelos de negocio, la protección de los datos personales se convierte en un problema.
- Las transacciones en línea han incentivado nuevas formas de ciberdelincuencia y espionaje empresarial.

Por este motivo, la política digital no consiste únicamente en promover la innovación sino también en regular, proteger a los ciudadanos y orientar la innovación digital hacia soluciones útiles para la sociedad, como modelos de negocio inclusivos, la disociación del desarrollo económico del consumo de recursos, y una mayor transparencia del mercado.

Europa va a la zaga de los Estados Unidos y China en cuanto a tecnologías digitales se refiere (Centro Europeo de Competitividad Digital, 2019) y, dentro de Europa, Alemania solo está en la media, rezagada en particular con respecto a los países escandinavos (Comisión Europea, 2022). Dado que las tecnologías digitales afectan a la competitividad en prácticamente todos los sectores de la economía, se trata de una amenaza importante. El retraso digital es el talón de Aquiles de la competitividad alemana y probablemente la principal razón de su caída en las clasificaciones de competitividad.

Este retraso afecta a muchos aspectos del desarrollo digital, tanto en la economía como en el sector público, y se sustenta sobre el escepticismo tecnológico de gran parte de la población. El valor de las economías de plataforma es un ejemplo elocuente. El valor bursátil de las cien principales plataformas aumentó de 4.300 millones de dólares en 2016 a 16.600 millones de dólares en 2021, el 78% de los cuales corresponde a empresas estadounidenses como Apple, Microsoft, Alphabet y Amazon, y el 17,3% a Asia y el Pacífico, especialmente a gigantes chinos como Tencent y Alibaba. Europa solo posee el 2,8%, y la empresa de *software* SAP es el único actor importante de Alemania en este campo (Schmidt, 2021).

Esto pone de manifiesto una debilidad en innovación digital que se refleja en rezagos en materia de infraestructura digital (baja proporción de conexiones de fibra de vidrio), de financiación (por ejemplo, las empresas que empezaron con capital riesgo después de 1994 tienen una cuota del 34% en la capitalización bursátil de los Estados Unidos, pero solo del 1,3% en Alemania), de I+D (inversiones en inteligencia artificial, ordenadores cuánticos), *hardware* (la producción de semiconductores se concentra en Asia y los Estados Unidos), y de digitalización de los servicios públicos (46% en Alemania frente al 77% del Reino de los Países Bajos) (Centro Europeo de Competitividad Digital, 2019). Por este motivo, los Estados Unidos y China son quienes establecen la mayoría de las normas digitales, cosa que a su vez crea graves problemas de soberanía digital en lo relativo a ciberseguridad, soberanía militar, regulación de la privacidad y almacenamiento de datos en la nube, entre otros.

El reto de la política digital alemana es, por tanto, ponerse a la altura de los Estados Unidos y de China en cuanto a infraestructuras, *hardware* industrial y aplicaciones de *software*, y aumentar la alfabetización digital y la digitalización de los servicios públicos; pero también para recuperar la soberanía digital y establecer sus propias normas con vistas a reforzar su competitividad industrial, y explotar las soluciones digitales para los retos de la sociedad (como disociar el crecimiento del consumo de materiales) al tiempo que se garantiza la seguridad de los datos y se evita el poder de mercado monopolístico.

Para hacer frente a estos retos, Alemania (y Europa) han elaborado una amplia gama de documentos estratégicos. Dentro de estas estrategias, los párrafos siguientes se centran en algunos programas que están directamente relacionados con la competitividad de las empresas y el cambio estructural, por lo que pueden clasificarse como políticas industriales en sentido estricto. En general, existe una tendencia creciente, especialmente en los documentos de la Unión Europea, a abordar las dos megatendencias generales analizadas en el capítulo II: las contribuciones digitales a la ecologización¹⁹ y la soberanía digital²⁰ en respuesta a la geopolítica.

En el caso de Alemania, la estrategia de implementación del Gobierno Federal para dar forma a la transformación digital²¹ es un documento general, complementado con un gran número de estrategias específicas y programas de apoyo, tales como la estrategia de comunicaciones móviles, el apoyo a la infraestructura digital y Digital Now, un programa de apoyo a las pequeñas y medianas empresas (pymes).

¹⁹ Véase [en línea] <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/european-green-digital-coalition>.

²⁰ Véase [en línea] <https://www.eu2020.de/eu2020-en/eu-digitalisation-technology-sovereignty/2352828>.

²¹ Véase Gobierno de Alemania (2020).

De acuerdo con la política industrial corporativista de Alemania, se han creado plataformas interactivas de las partes interesadas. Y aún más importante es la Cumbre Digital, un foro anual que invita a participantes de la política, el sector privado, el mundo académico y la sociedad civil a debatir con los encargados de formular políticas. La Cumbre establece ocho "plataformas" que desarrollan soluciones para retos específicos, como la digitalización y la economía, las competencias digitales, la digitalización y los mercados laborales, todas ellas dirigidas por los ministerios competentes.

A continuación, y basándonos en BMWK (2022b), nos adentramos en tres programas de apoyo que están directamente relacionados con la competitividad de la empresa y el cambio estructural, y por lo tanto pueden clasificarse como políticas industriales en un sentido más acotado. El apoyo a i) Industria 4.0 se presenta más ampliamente mientras que los programas para ii) inteligencia artificial, así como el apoyo a iii) innovaciones y empresas emergentes se exponen de forma resumida. Excluimos así un gran número de políticas que solo están relacionadas indirectamente con el desarrollo económico, como el aumento de la alfabetización digital general, la digitalización de los servicios públicos y la protección de datos. Las tres actividades siguientes deben considerarse ejemplos ilustrativos, ya que una descripción completa de todas las estrategias e instrumentos de apoyo está fuera del alcance de este informe.

La **Industria 4.0** se refiere a la interconexión inteligente de máquinas y procesos en la industria con ayuda de la tecnología de la información y las comunicaciones. Todos los aspectos de la producción industrial, los servicios relacionados con la industria y el uso de productos industriales están cada vez más digitalizados. Esto multiplica el número de interfaces entre los distintos agentes. La interconexión digital entre industrias y usuarios —el Internet de las cosas— tiene el potencial de impulsar la productividad y crea cabida para nuevos modelos de negocio. La Industria 4.0 es un ámbito en el que las empresas alemanas están relativamente avanzadas, especialmente las grandes empresas con mucha actividad de I+D. Aun así, sigue habiendo grandes retos, especialmente para las pymes, ya que muchas de ellas carecen de medios para seguir las últimas tendencias digitales.

En este caso también se ha creado una plataforma de deliberación con representantes de la industria, los ministerios, la ciencia y los sindicatos. La Plataforma Industria 4.0 consta de seis grupos de trabajo que preparan soluciones prácticas, tales como desarrollar y armonizar normas y estándares para diferentes industrias con el fin de garantizar la interoperabilidad entre diferentes empresas y aplicaciones; garantizar la seguridad informática y la protección de datos; desarrollar nuevos modelos de negocio, y ayudar a las pymes a adaptarse a los cambios.

Las pymes pueden presentar una solicitud al programa de financiación Go-Digital para estar preparadas para la Industria 4.0 y otros retos digitales. La financiación se ofrece para contratar servicios de consultoría y cubre el 50% de su costo hasta una determinada cantidad. Se pueden subvencionar 30 días de consultoría externa en un período de seis meses. Para liberar a las pymes de los trámites burocráticos, las empresas consultoras autorizadas son las que se encargan de solicitar la financiación y, tras prestar los servicios de consultoría, también se ocupan de la facturación y de presentar la prueba de utilización.

Entre otras medidas de apoyo, se han creado Mittelstand 4.0 Centres of Excellence regionales para ofrecer información, formación y la oportunidad de probar sus aplicaciones de Industria 4.0. Las fábricas de demostración y aprendizaje ofrecen un espacio donde las empresas pueden probar diferentes innovaciones. Además, hay una serie de bancos de pruebas en universidades e institutos de investigación donde se evalúan, prueban y mejoran nuevos sistemas de producción y logística en condiciones reales²².

²² [Véase en línea] <https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Dossier/industrie-40.html>.

La **estrategia de inteligencia artificial** subraya la relevancia de esta como tecnología de utilidad general y anuncia un presupuesto de cinco mil millones de euros para 2025 para aplicar la estrategia en los siguientes campos: formar, contratar y retener a más especialistas de inteligencia artificial en Alemania; apoyar la investigación con programas dedicados, entre otros, a las aplicaciones de la inteligencia artificial en las ciencias de la vida y la conducción autónoma; apoyar la aplicación de los resultados de la investigación en las empresas; respaldar a las empresas emergentes, y modernizar los marcos normativos.

El **apoyo a las innovaciones y a las empresas emergentes** comprende una serie de instrumentos destinados a mejorar el ecosistema de las empresas emergentes: entre otros, la financiación (especialmente la subvención de capital riesgo), becas de 12 meses para licenciados universitarios que pretendan fundar una empresa orientada a la tecnología, concursos de planes de negocio, y la creación de redes entre empresas emergentes.

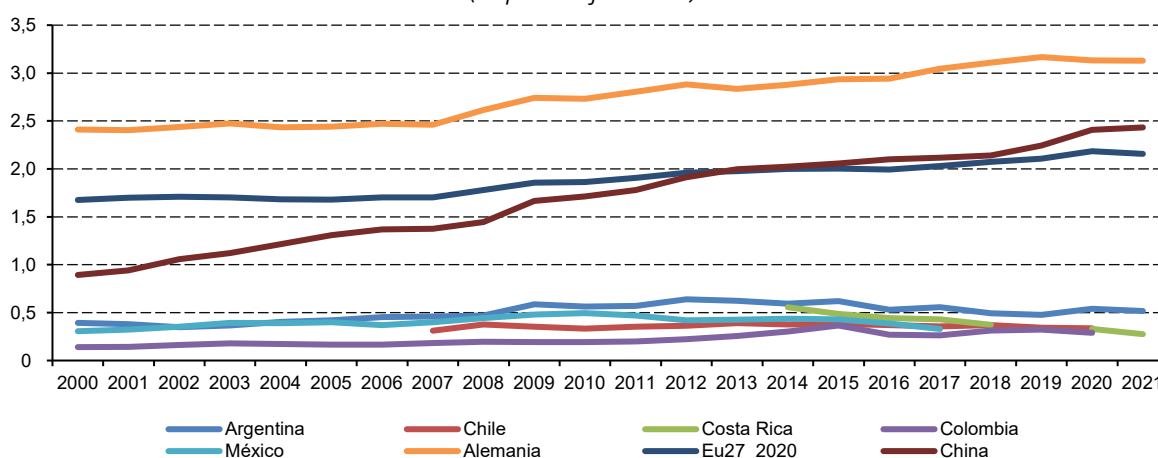
A pesar del gran número y la amplia gama de las estrategias, las políticas de digitalización en Alemania suscitan amplias críticas. Esto se debe a la falta de un impulso estratégico grande, a pesar de los riesgos evidentes que supone el rezago digital de Alemania, así como a los recientes recortes presupuestarios para proyectos digitales, especialmente en el ámbito de la digitalización de los servicios públicos. Por ello, es probable que el retraso digital continúe siendo el talón de Aquiles de la competitividad alemana.

IV. Conclusiones y lecciones para los países de América Latina y el Caribe

La política industrial está experimentando un fuerte renacimiento en todo el mundo. Muchos países de América Latina y el Caribe han descuidado su política industrial en el pasado, así como las inversiones en ciencia, tecnología e innovación. Esto ha sido objeto de críticas durante mucho tiempo (Fajnzylber, 1990; Katz, 2001; Cimoli, Pereima y Porcile, 2018), y sin embargo se han tomado pocas medidas. El gráfico 4 muestra el gasto interior bruto en I+D como porcentaje del PIB de cinco países latinoamericanos en comparación con la media de la OCDE, Alemania y China. Mientras que los países de la OCDE gastan en promedio el 2,7% del PIB, Chile, Colombia y México rondan el 0,3%, y la Argentina gasta un 0,5%. Además, mientras la proporción de gastos en I+D está aumentando en toda la OCDE, en las economías latinoamericanas se está estancando o incluso disminuyendo, por lo que se están quedando aún más rezagadas en las industrias que requieren muchos conocimientos. Este patrón contrasta fuertemente con el de las economías de Asia Oriental, que, a pesar de haber partido de un nivel de desarrollo inferior al de muchos países de América Latina y el Caribe, están cerrando rápidamente la brecha de I+D con el promedio de la OCDE, y en algunos casos incluso han superado el nivel de la OCDE (Cimoli, Pereima y Porcile, 2018).

Lo mismo parece ocurrir con el gasto público en política industrial en general. Con la excepción del Brasil, no hay datos sobre el porcentaje del PIB destinado a política industrial en América Latina y el Caribe. El gráfico 2 muestra que incluso el Brasil, el país de la región con la política industrial más ambiciosa, está por detrás de todos los países de referencia en este aspecto.

Gráfico 4
América Latina (5 países) y otras economías seleccionadas: gasto interior bruto en I+D
 (En porcentajes del PIB)



Fuente: Elaboración propia, sobre la base de datos de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), 2023 [en línea] <https://data.oecd.org/rd/gross-domestic-spending-on-r-d.htm>.

La falta de una política industrial es especialmente preocupante. La economía mundial requiere cada vez más conocimientos, puesto que los avances se derivan de la inteligencia artificial, los semiconductores, el *software*, la biotecnología, el almacenamiento de energía y otras industrias en las que las empresas de América Latina y el Caribe apenas tienen ventaja competitiva²³. Las barreras de entrada en lo relativo a intensidad de I+D, economías de escala y requisitos de gastos de capital, entre otros, se están acentuando. Así pues, cuanto más se pospongan las inversiones en política industrial, más difícil será alcanzar a estas industrias punteras y generadoras de ganancias por innovación.

Aunque no cabe duda de que es necesario redoblar los esfuerzos en materia de política industrial en la región de América Latina y el Caribe, el análisis también ha mostrado que el consenso relativo al diseño de políticas industriales había aumentado con el primer paradigma del siglo XXI, pero volvió a erosionarse con la transición al segundo paradigma del siglo XXI: en lo relativo al equilibrio entre liberalización comercial y proteccionismo, al papel de las subvenciones, a la elección de industrias estratégicas, entre otros. Las prácticas internacionales son divergentes, y los países de América Latina y el Caribe deben definir su propio enfoque para hacer frente a las nuevas tendencias.

Una de las lecciones que se debe aprender de Alemania se refiere al éxito de su sistema de autonomía integrada. Es decir, las instituciones del conocimiento, la formación profesional y el sistema financiero están estrechamente alineados con el sector privado, y las asociaciones públicas y empresariales colaboran de múltiples maneras. Ante muchos retos de transformación estructural, Alemania crea plataformas público-privadas en las que las estrategias y políticas se diseñan de forma conjunta, y en cuya aplicación suelen participar tanto empresas como instituciones con mentalidad empresarial y financiación pública flexible. Algunos ejemplos son la Cumbre Digital, creada para debatir la estrategia digital de forma más amplia, y las plataformas específicas para retos concretos, como la plataforma Industria 4.0. Existen plataformas similares para fomentar la expansión del hidrógeno, el cambio a la movilidad eléctrica y la eliminación progresiva del carbón. A menudo, estas plataformas cuentan con una secretaría y grupos de trabajo técnicos especializados para desarrollar soluciones. Esta estrecha integración y relación de confianza ha contribuido a superar los fallos de coordinación típicos de la asignación basada en el mercado y a minimizar la asignación errónea de

²³ Al buscar en Google "empresas líderes mundiales" en estas cinco categorías, ninguna empresa con sede en ALC resultó entre las 20 primeras de ninguna categoría.

fondos públicos. El reconocimiento mutuo y la confianza entre las industrias y los organismos públicos están profundamente arraigados en muchos procesos institucionales. Esto protegió en gran medida al sistema alemán de la oleada de desregulaciones neoliberales que erosionaron los cimientos de la competitividad en América Latina y otros lugares en los años ochenta. Esta situación contrasta con la de muchos otros países donde las empresas atribuyen incompetencia y malas intenciones a las instituciones públicas (politiquería) y los funcionarios en general consideran explotador al sector privado.

La revisión de la política industrial alemana muestra también la importancia de establecer unas políticas estables, fiables y, por tanto, previsibles. La previsibilidad es clave para inspirar confianza en los inversores. En general, la política industrial alemana ha sido relativamente fiable y predecible, y sufría escasas adaptaciones cuando cambiaban los gobiernos. El hecho de que la administración pública alemana se base en la meritocracia contribuye a estabilizar aún más el entorno político, al igual que el hecho de que la política alemana se inscriba en marcos europeos (que son en parte vinculantes). En algunos casos, sin embargo, los cambios bruscos de política han supuesto enormes costos, como en el caso de la industria solar.

Más allá de estas lecciones generales sobre una buena política industrial, que coinciden en gran medida con las lecciones de política extraídas, entre otros, por Rodrik (2008) y Altenburg y otros (2008), las recientes megatendencias descritas en las secciones anteriores exigen reorientar las políticas industriales de América Latina y el Caribe y de todas partes.

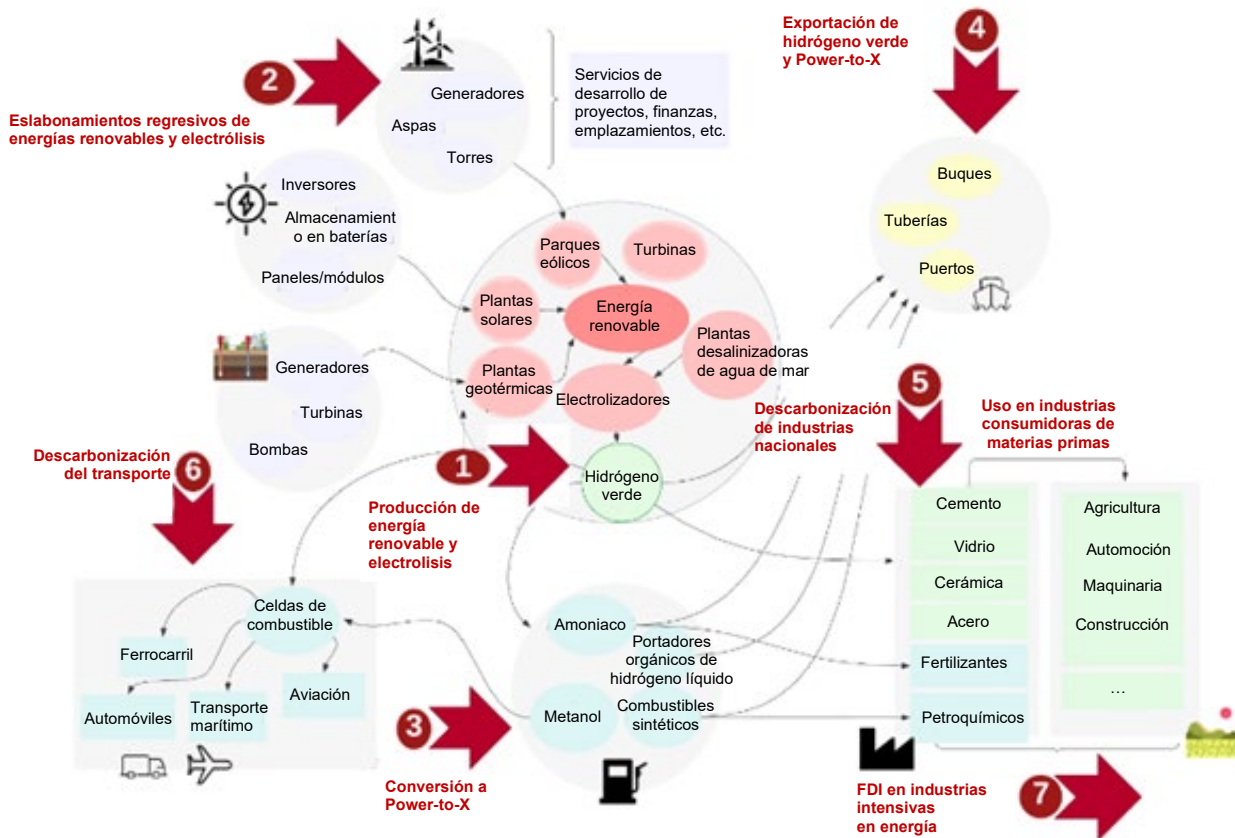
Las economías de América Latina y el Caribe no escaparán a la tendencia general hacia economías más ecológicas, especialmente en los sectores en los que comercian con América del Norte, Europa y Asia. Las normas ecológicas sobre los productos y procesos se están convirtiendo ya en requisito de entrada a los mercados internacionales, en parte como normas obligatorias, en parte impuestas por las empresas líderes de las cadenas de valor mundiales, o porque están vinculadas a ayudas financieras o acuerdos comerciales. Así, reducir la huella ecológica de los productos y servicios regionales (y certificarla) supone una ventaja competitiva para los productores en prácticamente cualquier cadena global de valor.

En algunas industrias, los países de América Latina y el Caribe están particularmente bien posicionados para aprovechar las ventanas de oportunidad verdes (Lema, Rabellotti y Fu, 2020). Muchos países pueden aprovechar el hecho de disponer de una canasta energética de bajas emisiones de carbono para exportar productos de alto consumo energético. Las empresas mundiales se esfuerzan cada vez más por reducir la huella de carbono de su producción. De ahí que exista un fuerte incentivo para la relocalización verde, es decir, para abastecerse de productos cuya fabricación requiere mucha energía —como el acero, los fertilizantes, las piezas de aluminio y los productos de fibra de carbono— en países con una canasta energética de bajas emisiones de carbono. El fabricante alemán de automóviles BMW, por ejemplo, se abastece de piezas de aluminio en una planta solar de la Arabia Saudita y de fibras de carbono en una planta hidroeléctrica de los Estados Unidos. Se espera que este llamado "tirón de las renovables" (Samadi, Fischer y Lechtenböhrer, 2023) aumente a medida que suban los precios internacionales del carbono.

Del mismo modo, tener una canasta energética de bajas emisiones de carbono y abundantes recursos solares, eólicos, hidráulicos o geotérmicos ofrece un enorme potencial para la producción ecológica de hidrógeno. Chile, el Uruguay, el Brasil, Colombia y otras economías regionales ya están planeando importantes inversiones en este sentido, aprovechando su elevada irradiación solar (Chile) o su abundante energía hidráulica (Uruguay, Brasil). Es importante señalar que el hidrógeno no solo puede producirse para su exportación —que conlleva el riesgo de realizar inversiones de enclave con efectos distributivos y aprendizaje tecnológico limitados— sino que los países pueden intentar agregar valor localmente y descarbonizar las industrias nacionales existentes. Stamm y otros (2023) distinguen siete grupos de industrias que los países pueden tratar de desarrollar en relación con el mercado emergente del hidrógeno (véase el diagrama 3): i) Los proyectos de energías renovables deben ponerse en marcha a gran

escala y es necesario construir electrolizadores, así como plantas desalinizadoras de agua de mar cuando los recursos de agua dulce sean limitados. ii) Los proyectos de energías renovables crean demanda de insumos industriales, como paneles solares, palas de rotor e instalaciones de almacenamiento de energía, que pueden construirse localmente. iii) Para su almacenamiento y transporte, y para su uso en determinadas industrias, el hidrógeno necesita a menudo transformarse en derivados, como el amoníaco y el metanol. iv) La exportación de hidrógeno o derivados requiere infraestructuras específicas, como tuberías, tanques de almacenamiento y buques, cuya demanda crecerá enormemente. v) El hidrógeno también puede utilizarse para descarbonizar las industrias existentes, como la minería, el cemento, la siderurgia, y la pasta y el papel, lo que las prepararía para el comercio mundial bajo en carbono y contribuiría a los planes nacionales de descarbonización. vi) Del mismo modo, surgen nuevos mercados en el sector de la movilidad, como los vehículos de pila de combustible y la producción de combustibles sintéticos para la aviación. vii) Por último, el suministro nacional de energía renovable e hidrógeno verde a precios competitivos puede utilizarse para atraer a industrias que requieren mucha energía, como la siderurgia, la fabricación de aluminio y la industria química, que a su vez pueden generar efectos indirectos en las industrias derivadas, como la de piezas de automóviles (véanse los ejemplos mencionados anteriormente de BMW sobre el efecto de atracción de las energías renovables). Los países de América Latina y el Caribe con dotaciones favorables de energías renovables deberían examinar detenidamente estos potenciales, que, por supuesto, tienen requisitos muy diferentes para la industrialización local.

Diagrama 3
Potencial de eslabonamientos industriales del hidrógeno verde



Fuente: A. Stamm y otros, "Green hydrogen: implications for international cooperation: With special reference to South Africa", IDOS Discussion Paper, N° 9/2023, Bonn, German Institute of Development and Sustainability (IDOS), 2023.

A la inversa, es probable que los países de América Latina y el Caribe que no logren ecologizar sus sistemas energéticos debiliten su posición en la cadena de valor mundial. México es un buen ejemplo. Sus gobiernos están apostando fuertemente por el petróleo y descuidando la transformación hacia las energías renovables, por lo que podrían perder muchas de las oportunidades que ofrece la tendencia de la economía estadounidense a la deslocalización a países cercanos (Melgar, 2023).

Otro abanico de nuevas oportunidades económicas es el derivado de la creciente demanda de productos mineros relacionados con la transformación verde, como el litio, el níquel, el cobre y las tierras raras. Los países que albergan reservas minerales importantes pueden explorar opciones de creación de valor. Los eslabonamientos regresivos y progresivos de la minería no se acumulan fácilmente. A menudo, los esfuerzos pasados por desarrollar eslabonamientos en minería solo han tenido un éxito limitado, por ejemplo, al explotar algunos nichos de mercado sin desafiar la supremacía de las corporaciones mineras mundiales (Pietrobelli, Marin y Olivari, 2018). Tanto el tratamiento posterior como la fabricación de equipos para la minería exigen mucha sofisticación tecnológica y unas escalas mínimas. Aun así, los países exportadores de minerales deberían explorar opciones realistas y desarrollar hojas de ruta orientadas hacia una mayor creación de valor interno. El hecho de que algunos minerales sean escasos y esenciales, y de que las grandes economías industriales estén buscando proveedores seguros como sea, proporciona a los países exportadores un gran poder de negociación para negociar contratos que condicionen el acceso a los minerales a la transferencia de tecnología y a unas cuotas mínimas de valor agregado nacional. De forma más general, América Latina y el Caribe puede negociar un mayor espacio de política (industrial) en las nuevas rondas de negociaciones comerciales entre la Unión Europea y el Mercado Común del Sur (MERCOSUR).

Cabe señalar, como observación general, que en un mercado mundial globalizado la concentración de la producción y fabricación de materias primas suele aumentar, tendencia que solo da cabida en el mercado a los mayores actores mundiales. Esto no es una buena noticia, especialmente para las economías más pequeñas de América Latina. Aun así, las empresas todavía pueden prosperar ofreciendo servicios que dependen menos de la escala y que a menudo responden a las necesidades de los clientes locales y a las condiciones marco nacionales. En general, fortalecer las industrias manufactureras sigue siendo un objetivo importante para la región dadas las oportunidades de aprendizaje tecnológico inherentes a este sector, que a su vez facilitan la diversificación hacia nuevas actividades. Cuando las barreras de entrada son extremadamente altas, puede ser aconsejable que los países con capacidades de innovación limitadas centren su atención en el valor agregado de los servicios (Rodrik, 2023). Por ejemplo, la selección de emplazamientos, los servicios de desarrollo de proyectos, el mantenimiento y reparación, el análisis de impacto ambiental, la certificación y los servicios de ingeniería para proyectos de energías renovables pueden ser más fáciles de localizar que la fabricación de paneles solares o turbinas eólicas, sector en el que existe una alta concentración del mercado y se requiere una gran sofisticación tecnológica.

Asimismo, la creciente **rivalidad geopolítica, el tecnonacionalismo y las alteraciones de la cadena de suministro** entrañan tanto oportunidades como riesgos para la región. La carrera de subvenciones entre las economías ricas coloca a América Latina y el Caribe en una situación de grave desventaja. Las grandes multinacionales poseen un gran poder de negociación a la hora de ubicar sus inversiones de nueva planta donde reciban las subvenciones más generosas, que no será la región de América Latina y el Caribe. Por lo tanto, los países de la región deberían formar coaliciones con otros países que no forman parte del "club" de las naciones más ricas para insistir en que se establezca un régimen internacional de comercio e inversiones basado en normas. Este régimen está siendo cada vez más socavado por los Estados Unidos y China en pos de sus intereses nacionales (el Órgano de Apelación de la Organización Mundial del Comercio, por ejemplo, está bloqueado de facto por los Estados Unidos). Por otra parte, América Latina y el Caribe puede utilizar su propio espacio, por ejemplo, aplicando los requisitos de contenido nacional y de intercambio de tecnología, que en

principio son incongruentes con la normativa de la Organización Mundial del Comercio pero que cada vez más países utilizan (véase el gráfico 2 en el que se muestran los gastos en política industrial de economías seleccionadas).

Los países de América Latina y el Caribe, especialmente México y América Central, también pueden beneficiarse de las tendencias de deslocalización a países cercanos y a países amigos (Maihold, 2022). Las recientes interrupciones de la cadena de suministro son una motivación para que los importadores estadounidenses se abastezcan de proveedores cercanos, y las tensiones geopolíticas con China crean un incentivo adicional para abastecerse en países considerados aliados políticos o en su propia zona de influencia. De ahí que los fabricantes estadounidenses que aspiren a reducir su dependencia de los suministros chinos puedan tal vez trasladar sus inversiones a la vecina región de América Latina y el Caribe. De hecho, la entrada de IED en México desde los Estados Unidos ha aumentado considerablemente y las exportaciones mexicanas están alcanzando niveles récord, impulsadas, entre otros, por el aumento de los envíos de automóviles a los Estados Unidos, que han aumentado un 31% en el último año (Alvim y Averbuch, 2023).

En general, la región está viendo surgir nuevas oportunidades de desarrollo industrial. Los responsables políticos pueden dejar o no que los inversores individuales las exploten, o pueden adoptar una postura más activa mediante la captación de inversores estratégicos, la inversión en capacidades nacionales, la coordinación de políticas sectoriales y el fomento de las empresas nacionales. Las economías que han cosechado éxito en las industrias que requieren mucho conocimiento, como Alemania, han optado generalmente por esta última opción (Chang, 2008; Cimoli, Dosi and Stiglitz, 2009).

Bibliografía

- Agencia de Medio Ambiente de Alemania (2014), *Emission Balance of Renewable Energy Sources in 2014* [en línea] https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/emission_balanceof_renewable_energy_sources_in_2014_flyer.pdf.
- Aghion, P. (2023), "An innovation-driven industrial policy for Europe", *Sparking Europe's New Industrial Revolution. A Policy for Net Zero, Growth and Resilience*, S. Tagliapietra y R. Veugelers (eds.), Bruselas.
- Ahrens, R. (2020), "The importance of being European: Airbus and West German industrial policy from the 1960s to the 1980s", *Journal of Modern European History*, vol. 18, N° 1.
- Allen, M. M. C. (2015), "The National Innovation System in Germany", *Wiley Encyclopedia of Management: Technology and Innovation Management*, V. K. Narayanan y G. O'Connor (eds.), Wiley.
- Altenburg, T. (2014), "From combustion engines to electric vehicles. A study of technological path creation and disruption in Germany", *Discussion Paper*, N° 29/2014, Bonn, Deutsches Institut für Entwicklungspolitik.
- Altenburg, T., A. Berger y C. Brandi (2023), "The global race to subsidise green technologies", *The Current Column*, Bonn, German Institute of Development and Sustainability (IDOS).
- Altenburg, T. y U. Eckhardt (2006), *Productivity Enhancement and Equitable Development: Challenges for SME Development*, Viena, Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI).
- Altenburg, T. y W. Lütkenhorst (2015), *Industrial Policy in Developing Countries. Failing Markets, Weak States*, Cheltenham, Edward Elgar.
- Altenburg, T. y otros (2008), "Industrial policy – a key element of the social and ecological market economy", German Institute of Development and Sustainability (IDOS) [en línea] https://www.idos-research.de/uploads/media/Altenburg_et_al._2008__Industrial_Policy_01.pdf.
- Altenburg, T. y D. Rodrik (2017), "Green industrial policy: accelerating structural change towards wealthy green economies", *Green Industrial Policy: Concepts, Policies, Country Experiences*, T. Altenburg y C. Assmann (eds.), Bonn, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)/Deutsches Institut für Entwicklungspolitik.
- Alvim, L. y M. Averbuch (2023), "US nearshoring wave grows as Mexico exports jump close to record", *Newsletter*, Bloomberg, 28 de junio [en línea] <https://www.bloomberg.com/news/newsletters/2023-06-28/supply-chain-latest-us-nearshoring-proof-grows-as-mexico-exports-jump>.
- Amsden, A. H. (1992), *Asia's Next Giant: South Korea and Late Industrialization*, Oxford, Oxford University Press.

- Appunn, K. y J. Wettengel (2022), "Germany's 2022 renewables and efficiency reforms", 7 de diciembre [en línea] <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-2022-renewables-and-energy-reforms>.
- Atkinson, R. D. y C. Foote (2019), "Is China catching up to the United States in innovation?", Information Technology & Innovation Foundation [en línea] <https://itif.org/publications/2019/04/08/china-catching-united-states-innovation>.
- Atlantic Council (2021a), "The Biden White House plan for a new US industrial policy", 23 de junio [en línea] <https://www.atlanticcouncil.org/commentary/transcript/the-biden-white-house-plan-for-a-new-us-industrial-policy/>.
- _____(2021b), "Brian Deese on Biden's vision for a twenty-first-century American industrial strategy", 23 de junio [en línea] <https://www.atlanticcouncil.org/commentary/transcript/brian-deese-on-bidens-vision-for-a-twenty-first-century-american-industrial-strategy/>.
- Autor, D. y otros (2020), "The fall of the labor share and the rise of superstar firms", *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 135, N° 2.
- Banco Mundial (2016), *World Development Report 2016: Digital Dividends*, Washington, D.C.
- BMW (Ministerio Federal de Economía y Energía) (2020), "The National Hydrogen Strategy", Berlín.
- _____(2019), "Industrial Strategy 2030: Guidelines for a German and European Industrial Policy", Berlín.
- BMW (Ministerio Federal de Economía y Acción Climática) (2022a), "Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action launches first action procedure for H2Global - €900 million for the purchase of green hydrogen derivatives", 8 de diciembre [en línea] <https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Pressemitteilungen/2022/12/20221208-federal-ministry-for-economic-affairs-and-climate-action-launches-first-auction-procedure-for-h2global.html>.
- _____(2022b), "Shaping the digital transformation" [en línea] <https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Dossier/digitalisierung.html>.
- Bofinger, P. (2019), "Paradigmenwechsel in der deutschen Wirtschaftspolitik", *Wirtschaftsdienst. Zeitschrift für Wirtschaftspolitik*, vol. 99, N° 2.
- BSW-Solar (2013), "Statistic data on the German solar power (Photovoltaic) industry", febrero [en línea] http://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/media/pdf/2013_2_BSW-Solar_fact_sheet_solar_power.pdf.
- BWE (Bundesverband WindEnergie) (2022), "German wind energy in numbers" [en línea] <https://www.wind-energie.de/english/statistics/statistics-germany/>.
- Cammeraat, E., A. Dechezleprêtre y G. Lalanne (2022), "Innovation and industrial policies for green hydrogen", *OECD Science, Technology and Innovation Papers*, N° 125, París, OECD Publishing.
- Capri, A. (2020), *Semiconductors at the Heart of the US-China Tech War: How a New Era of Techno-Nationalism is Shaking up Semiconductor Value Chains*, Fundación Hinrich.
- Centro Europeo de Competitividad Digital (2019), "Factbook Digitalisierung" [en línea] <https://digital-competitiveness.eu/wp-content/uploads/digital-competitiveness-factbook.pdf>.
- Cimoli, M., G. Dosi y J. E. Stiglitz (eds.) (2009), *Industrial Policy and Development: The Political Economy of Capabilities Accumulation*, Nueva York, Oxford University Press.
- Cimoli, M., J. B. Pereima y G. Porcile (2018), "A technology gap interpretation of growth paths in Asia and Latin America", *Research Policy*, vol. 48, N° 1.
- Comisión Europea (2023a), "Un Plan Industrial del Pacto Verde para la era de cero emisiones netas", comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones [en línea] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52023DC0062>.
- _____(2023b), "The Net-Zero Industry Act: accelerating the transition to climate neutrality" [en línea] https://single-market-economy.ec.europa.eu/industry/sustainability/net-zero-industry-act_en?prefLang=es.
- _____(2022), "Digital Economy and Society Index (DESI)" [en línea] <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/digital-economy-and-society-index-desi-2022>.
- _____(2020), "Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones: un nuevo modelo de industria para Europa" Bruselas [en línea] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0102&from=EN>.
- Chang, H.-J. (2008), *Bad Samaritans: The Myth of Free Trade and the Secret History of Capitalism*, Bloomsbury.

- Chang, H.-J. y A. Andreoni (2020), "Industrial policy in the 21st Century", *Development and Change*, vol. 51, N° 2 [en línea] <https://doi.org/10.1111/dech.12570>.
- Deloitte (2023), "Green hydrogen: energizing the path to net zero. Deloitte's 2023 global green hydrogen outlook" [en línea] <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/gx-green-hydrogen.pdf>.
- DiPippo, G., I. Mazzocco y S. Kennedy (2022), *Red Ink: Estimating Chinese Industrial Policy Spending in Comparative Perspective*, Centro de Estudios Estratégicos e Internacionales [en línea] https://cis-website-prod.s3.amazonaws.com/s3fs-public/publication/220523_DiPippo_Red_Ink.pdf?VersionId=LH8ILLKWz4o.bjrwNS7csuX_Co4FyEre.
- Evans, P. (1995), *Embedded Autonomy: States and Industrial Transformation*, Princeton, Princeton University Press.
- Fajnzylber, F. (1990), "Industrialización en América Latina: de la 'caja negra' al 'casillero vacío'", *Cuadernos de la CEPAL*, N° 60 (LC/G.1534/Rev.1-P), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Fasteau, M. e I. Fletcher (en prensa), *Industrial Policy for the United States: Winning the Competition for Good Jobs and High-Value Industries*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Frey, C. y M. A. Osborne (2013), "The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?", *Working Paper*, Oxford, Oxford Martin Programme on Technology and Employment.
- Germann, J. (2022), "Global rivalries, corporate interests and Germany's 'National Industrial Strategy 2030'", *Review of International Political Economy*, vol. 30, N° 5.
- Geres, P. y otros (s.f.), "Germany remains committed to its existing climate and power sector decarbonisation targets", Sino-German Energy Partnership [en línea] <https://www.energypartnership.cn/home/current-changes-in-germanys-energy-and-climate-policy/>.
- Gertz, G. (2020), "Did Trump's tariffs benefit American workers and national security?", 10 de septiembre [en línea] <https://www.brookings.edu/articles/did-trumps-tariffs-benefit-american-workers-and-national-security/#:~:text=While%20tariffs%20%20benefited%20some%20workers,or%20significantly%20improve%20national%20security.>
- Gillis, A. (s.f.), "Internet of things (IoT)", TechTarget [en línea] <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/Internet-of-Things-IoT>.
- Gobierno de Alemania (2023), *Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie* https://www.bmbf.de/SharedDocs/Downloads/de/2023/230726-fortschreibung-nws.pdf?__blob=publicationFile&v=1.
- _____(2020), *Digitalisierung gestalten* [en línea] <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975226/1552758/c34e443dbe732e79c9439585b4fbade5/pdf-umsetzungsstrategie-digitalisierung-data.pdf?download=1>.
- Grabbas, C. y A. Nützenadel (2013), "Industrial policies in Europe in historical perspective", *WWWforEurope Working Paper*, N° 15, Viena, WWWforEurope.
- Grau, T., M. Huo y K. Neuhoff (2012), "Survey of photovoltaic industry and policy in Germany and China", *Energy Policy*, vol. 51.
- Hallward-Driemeier, M. y G. Nayyar (2017), *Trouble in the Making? The Future of Manufacturing-led Development*, Washington, D.C., Banco Mundial.
- Hidalgo, C. y R. Hausmann (2009), "The building blocks of economic complexity", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 106, N° 26.
- Huang, Y. (2016), "Understanding China's Belt & Road Initiative: Motivation, framework and assessment", *China Economic Review*, vol. 40.
- IMD (Instituto Internacional para el Desarrollo Gerencial) (2022), *World Competitiveness Yearbook 2022*.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) (2023), *IPCC Sixth Assessment Report (AR6). Synthesis Report* [en línea] <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>.
- IRENA (Agencia Internacional de Energías Renovables) (2022), *Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor*, Abu Dabi.
- _____(2020), *Global Renewables Outlook: Energy Transformation 2050*, Abu Dabi.
- IRENA/GWEC (Agencia Internacional de Energías Renovables/Global Wind Energy Council) (2013), *30 Years of Policies for Wind Energy Lessons from 12 Wind Energy Markets*, Abu Dabi.

- Johnston, R. J. (2023), "Industrial policy nationalism: how worried should we be?", Center on Global Energy Policy [en línea] <https://www.energypolicy.columbia.edu/industrial-policy-nationalism-how-worried-should-we-be/>.
- Jovanovic, B. y P. Rousseau (2005), "General purpose technologies", *Handbook of Economic Growth*, P. Aghion y S. Durlauf (eds.), vol. 1, Parte B, Ámsterdam, Elsevier.
- Kalantzakos, S. (2020), "The race for critical minerals in an era of geopolitical realignments", *The International Spectator. Italian Journal of International Affairs*, vol. 55, N° 3.
- Katz, J. M. (2000), *Structural reforms, productivity and technological change in Latin America*, Libros de la CEPAL, N° 64 (LC/G.2129-P), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Krebs, T. (2023), *A New Era in Industrial Policy: Toward a European Inflation Reduction Act*, FES Diskurs, Berlín, Fundación Friedrich Ebert, abril.
- Lema, R., R. Rabellotti y X. Fu (2020), "Green windows of opportunity: Latecomer development in the age of transformation toward sustainability", *Industrial and Corporate Change*, vol. 29, N° 5.
- Lewis, J. (2021), "Green industrial policy after Paris: Renewable energy policy measures and climate goals", *Global Environmental Politics*, vol. 21, N° 4.
- Lin, J. Y. y C. Monga (2011), "Growth identification and facilitation: the role of the State in the dynamics of structural change", *World Bank Policy Research Working Paper*, N° 5313.
- Linsenmeier, N., A. Mohammad y G. Schwerhoff (2023), "Global benefits of the international diffusion of carbon pricing policies", *Nature Climate Change*, vol. 13.
- List, F. (1841), *Friedrich List: das nationale System der politischen Ökonomie*, Stuttgart.
- Lütkenhorst, W. (2018), "Creating wealth without labour? Emerging contours of a new techno-economic landscape", *DIE Discussion Paper*, N° 11/2018, Bonn, Deutsches Institut für Entwicklungspolitik.
- Lütkenhorst, W. y otros (2014), "Green industrial policy: managing transformation under uncertainty", *DIE Discussion Paper*, N° 28/2014, Bonn, Deutsches Institut für Entwicklungspolitik.
- Lütkenhorst, W. y A. Pegels (2014), *Germany's Green Industrial Policy. Stable Policies-Turbulent Markets: The Costs and Benefits of Promoting Solar PV and Wind Energy*, GSI Research Report.
- Maihold, G. (2022), "A new geopolitics of supply chains: the rise of friend-shoring", *SWP Comment*, N° 45, Berlín, Stiftung Wissenschaft und Politik.
- Melgar, L. (2023), "Mexico at the crossroads: the golden opportunity of nearshoring and energy policy as its Achilles' heel under USMCA", Brookings, 28 de febrero [en línea] <https://www.brookings.edu/articles/mexico-at-the-crossroads-the-golden-opportunity-of-nearshoring-and-energy-policy-as-its-achilles-heel-under-usmca/>.
- Miller, C. (2022), *Chip War: The Fight for the World's Most Critical Technology*, Londres, Simon & Schuster.
- Neven, D. y P. Seabright (1995), "European industrial policy: the Airbus case", *Economic Policy*, vol. 10, N° 21.
- OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos) (2017), *The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business*, París, OECD Publishing.
- Oficina del Censo de los Estados Unidos (2023), "Trade in Goods with China" [en línea] <https://www.census.gov/foreign-trade/balance/c5700.html#2000>.
- Ohlhorst, D. (2015), "Germany's energy transition policy between national targets and decentralized responsibilities", *Journal of Integrative Environmental Sciences*, vol. 12, N° 4.
- Paris Tech Review* (2012), "The German solar energy crisis: looking for the right incentive scheme" [en línea] <http://www.paristechreview.com/2012/04/13/german-solar-crisis?media=print>.
- Pegels, A. y T. Altenburg (2020), "Latecomer development in a 'greening' world: introduction to the special issue", *World Development*, vol. 135, noviembre.
- Pegels, A. y W. Lütkenhorst (2014), "Is Germany's energy transition a case of successful green industrial policy? Contrasting wind and solar PV", *Energy Policy*, vol. 74.
- Pietrobelli, C., A. Marin y J. Olivari (2018), "Innovation in mining value chains: new evidence from Latin America", *Resources Policy*, vol. 58.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) (2011), *Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth* [en línea] <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/9816>.

- Quitrow, R., J. Huenteler y H. Asmussen (2017), "Development trajectories in China's wind and solar energy industries: how technology-related differences shape the dynamics of industry localization and catching up", *Journal of Cleaner Production*, vol. 158.
- Renn, O. y J. P. Marshall (2016), "Coal, nuclear and renewable energy policies in Germany: from the 1950s to the 'Energiewende'", *Energy Policy*, vol. 99.
- Rodrik, D. (2023), "Productivism and new industrial policies: learning from the past, preparing for the future", *Sparking Europe's New Industrial Revolution. A Policy for Net Zero, Growth and Resilience*, S. Tagliapietra y R. Veugelers (eds.), Bruselas, Bruegel.
- _____(2014), "Green industrial policy", *Oxford Review of Economic Policy*, vol. 30, N° 3.
- _____(2008), "Normalizing industrial policy", *Commission on Growth and Development Working Paper*, N° 3, Washington, D.C., Banco Mundial.
- _____(2004), "Industrial policy for the twenty-first century", *CEPR Discussion Papers*, N° 4767, París, Centro de Investigación en Economía y Política (CEPR).
- Samadi, S., A. Fischer y S. Lechtenböhrer (2023), "The renewables pull effect: How regional differences in renewable energy costs could influence where industrial production is located in the future", *Energy Research & Social Sciences*, vol. 104, octubre.
- Sandbag (2023), "Carbon Price Viewer" [en línea] <https://sandbag.be/carbon-price-viewer/>.
- Schmidt, H. (2021), "Plattform-Ökonomie" [en línea] <https://www.netzoekonom.de/plattform-oekonomie/>.
- Schmitz, R. (2023), "Germany aims to revive its solar power industry which was booming a decade ago", NPR, 2 de mayo [en línea] <https://www.npr.org/2023/05/02/1173247358/germany-aims-to-revive-its-solar-power-industry-which-was-booming-a-decade-ago>.
- Schonhardt, S. (2023), "China invests \$546 billion in clean energy, far surpassing the U.S.", *Scientific American*, Scientific American, 30 de enero [en línea] <https://www.scientificamerican.com/article/china-invests-546-billion-in-clean-energy-far-surpassing-the-u-s/>.
- Simon, H. (2009), *Hidden Champions of the Twenty-First Century: The Success Strategies of Unknown World Market Leaders*, Springer.
- Stamm, A. y otros (2023), "Green hydrogen: implications for international cooperation with special reference to South Africa", *IDOS Discussion Paper*, N° 9/2023, Bonn, German Institute of Development and Sustainability (IDOS).
- Stiglitz, J. (1997), "Algunas enseñanzas del milagro del Este asiático", *Desarrollo Económico*, vol. 37, N° 147, octubre-diciembre.
- Stiglitz, J., J. Y. Lin y C. Monga (2013), "The rejuvenation of industrial policy", *Policy Research Working Papers*, Banco Mundial.
- Tagliapietra, S. y R. Veugelers (eds.) (2023a), *Sparking Europe's New Industrial Revolution: A Policy for Net Zero, Growth and Resilience*, Bruselas, Bruegel.
- _____(2023b), "Industrial policy in Europe: past and future", *Sparking Europe's New Industrial Revolution: A Policy for Net Zero, Growth and Resilience*, S. Tagliapietra y R. Veugelers (eds.), Bruselas, Bruegel.
- TaiyangNews (2023), "China was Germany's largest supplier of solar cells & modules in 2022 with 87% market share, followed by 4% from Netherlands, says Destatis", 2 de marzo [en línea] <https://taiyangnews.info/germany-imported-e3-6-billion-solar-pv-systems-in-2022/>.
- To, J. (2022), "The EU-CEAP impacts on developing countries: an analysis of the plastic packaging, electric vehicles and batteries sectors", *IDOS Discussion Papers*, N° 11/2022, Bonn, German Institute of Development and Sustainability (IDOS).
- Tyson, L. y J. Zysman (2023), "Cooperation or conflict? A transatlantic look at whether industrial policy will produce solutions or generate unmanageable conflicts", *Sparking Europe's New Industrial Revolution: A Policy for Net Zero, Growth and Resilience*, S. Tagliapietra y R. Veugelers (eds.), Bruselas, Bruegel.
- Utterback, J. M. y F. F. Suárez (1993), "Innovation, competition, and industry structure", *Research Policy*, vol. 22, N° 1.
- Wade, R. (2003), *Governing the Market: Economic Theory and the Role of Government in East Asian Industrialization*, Princeton, Princeton University Press.

La política industrial vuelve a tener una presencia destacada en la agenda internacional, y ha adoptado nuevas formas. La actitud general de los gobiernos de todo el mundo hacia la política industrial ha pasado por diferentes fases: desde el rechazo frontal de algunos países durante la fase neoliberal, pasando por leves intervenciones en los primeros años de este siglo, hasta intervenciones cada vez más profundas en los últimos 10 a 15 años. Últimamente, las prácticas en materia de política industrial están siendo impulsadas por dos tendencias, especialmente en los Estados Unidos, China y Europa: la descarbonización, que requiere la profunda reestructuración, dirigida por el gobierno, de diversas industrias, y el aumento de la rivalidad geopolítica y las interrupciones de la cadena de suministro, que suscitan inquietudes en lo que respecta a la autonomía estratégica y la resiliencia económica de los países. Ambas tendencias se traducen en intervenciones contundentes en los mercados, como subvenciones sin precedentes a las empresas, proteccionismo y control de los flujos de IED. Este estudio explora cómo estas tendencias están cambiando la política industrial en Alemania, y profundiza en tres industrias: la solar y la eólica, el hidrógeno, y las tecnologías digitales. El estudio concluye con un análisis de las implicaciones para América Latina y el Caribe: la región necesita posicionarse en un entorno geopolítico cambiante y puede aprender de los éxitos y fracasos de Alemania y otros países.



Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)
Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC)



LC/TS.2024/101