

NANOPARTÍCULAS: EFECTO MULTIPLICADOR DE LAS TECNOLOGÍAS PALANCA EN LA ECONOMÍA

NANOPARTICLES: MULTIPLIER EFFECT OF LEVERAGE TECHNOLOGIES IN THE ECONOMY

Recibido: 14.06.2026 / Aceptado: 19.06.2026



ÁNGEL LUIS
GÓMEZ DÍAZ

Socio Director de Bálamo Legal & Fiscal

Resumen

Utilizando las nanopartículas como ejemplo, este estudio analiza cómo tecnologías transversales amplifican el valor de los desarrollos concretos (como podrían ser los materiales alternativos, o la valorización de residuos); confirmando la premisa de que, en entornos sin particularidades excluyentes, las tecnologías palanca, al mejorar un elemento, contribuyen a mejorar todo el ecosistema.

Palabras clave

Nanopartículas, tecnologías palanca, innovación transversal, transferencia de conocimiento, autonomía estratégica.

Abstract

Using nanoparticles as an example, this study analyzes how cross-cutting technologies amplify the value of concrete developments (such as alternative materials or waste valorization), confirming the premise that, in environments without exclusionary particularities, leverage technologies—by improving one element—contribute to improving the entire ecosystem.

Keywords

Nanoparticles, lever technologies, cross-cutting innovation, knowledge transfer, strategic autonomy.

Sumario

I. LA ERA DE LAS TECNOLOGÍAS MULTIPLICADORAS. 1. De la innovación sectorial a la innovación transversal. 2. El concepto de las tecnologías palanca. 3. Tecnologías palanca, soberanía tecnológica y autonomía estratégica. 4. Policy Report: Informe del Ministerio de Ciencia e Innovación (2023) sobre ecosistemas regionales de innovación. - II. NANOPARTÍCULAS: EL ACELERADOR SILENCIOSO. - III. PROPIEDAD INDUSTRIAL Y TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO: LA PROTECCIÓN JURÍDICA Y ECONÓMICA DE LAS TECNOLOGÍAS HABILITADORAS. - IV. DE LA TECNOLOGÍA A LA PRODUCTIVIDAD. 1. Capacidad de absorción tecnológica: el verdadero factor diferencial de los territorios. 2. Tecnologías palanca y transformación de los territorios periféricos: una oportunidad para la nueva industrialización. - V. MARCO REGULATORIO: CUANDO LA INNOVACIÓN VA MÁS RÁPIDO QUE LA NORMA. - VI. CONCLUSIONES. RECOMENDACIONES ESTRATÉGICAS. - VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

I. La era de las tecnologías multiplicadoras

Podríamos afirmar que estamos en el mayor punto de aceleración de la historia. Cada avance ha generado las condiciones ideales para acercar en el tiempo el siguiente salto tecnológico; y la globalización, y el hecho de que la propia tecnología acelere la creación de más tecnología, nos ubica en un contexto en el que los cambios profundos en muy poco tiempo están a la orden del día.

Aparece por ello el concepto de tecnologías multiplicadoras[1]: impulsan diversos sectores, aceleran la productividad más allá del propio ámbito en el que se han desarrollado y dan lugar a efectos indirectos absolutamente deseables, como la creación de nuevas cadenas de valor, la generación de nuevos modelos de negocio y, derivado de todo ello, la atracción de inversión.

Así, el patrón dominante de innovación ha pasado de «*crear ex novo*» a trabajar sobre tecnologías que potencian lo que ya existe, extendiendo su alcance a todos los campos de manera transversal. De esta forma, la innovación avanza por combinación, integración y amplificación de tecnologías ya existentes[2], y lo que hace es cambiar la escala, la velocidad y el impacto. Con esta dinámica, su onda consigue alcanzar finalmente a la economía, teniendo en cuenta que esta depende, de manera principal, de efectos de red y escalamiento; y que la productividad crece por mejoras incrementales amplificadas.

Este avance exponencial es especialmente visible, por ejemplo, con la Inteligencia Artificial, que está actuando como multiplicador de velocidad[3] en sectores tan dispares como la ciencia, la ingeniería, la medicina o la creatividad. De hecho, tiende casi a infinito el material generado en torno al estudio, divulgación y opinión sobre la IA, en cualquiera de sus matices y vertientes.

Pero hay tecnologías menos conocidas o evidentes para el ciudadano medio, más «*silenciosas*», cuyo potencial puede tornar crítico en nichos de alto valor como la sanidad, la energía o los materiales avanzados. Aquí, por ejemplo, las nanopartículas.

1. De la innovación sectorial a la innovación transversal

Abundando en los previos identificados en el anterior epígrafe, la literatura académica coincide en que la innovación ha experimentado una evolución profunda desde mediados del siglo XX hasta hoy. Los estudios señalan cambios en: cómo se concibe la innovación, que ha evolucionado de un proceso lineal a uno sistémico[4]; dónde tiene lugar este proceso, habiéndose trasladado de laboratorios internos a redes abiertas[5]; y quién participa en los susodichos procesos de investigación.

Este último punto es especialmente visual: se ha pasado de la figura arquetípica del científico genio o descubridor aislado, quien dominaba un campo muy concreto, vinculado a la universidad que albergaba su rol y sus investigaciones; al actual investigador en red de perfil híbrido[6] (interdisciplinariedad), orientado a retos que resuelven problemas, desde una perspectiva genéticamente colaborativa entre Universidades, empresas, administraciones, fundaciones, *hubs*.

Es significativo reseñar aquí la evolución de las Universidades que, tradicionalmente, daban cabida a este tipo de investigaciones, pero que han entendido que su aportación a la sociedad puede (y, por poder, debe) ir más allá; implementando dentro de su esquema organizativo las Oficinas de Transferencia del Conocimiento. Señal inequívoca, por otra parte, de que no cabe ofrecer el mínimo flanco: o nos subimos al tren de los avances científico-tecnológicos, o nos dejamos ser arrollados.

La globalización ha sido catalizadora de este proceso. Por artificiales que sean las fronteras físicas (políticas), la digitalización ha roto con ellas; y, a partir de ahí, hemos entrado en un espacio de colaboración intersectorial y abierta, especialmente enriquecedora, que ha traído nuevos modelos de negocio híbridos y nuevos retos globales que requieren soluciones multidisciplinares.

Hay que tener en cuenta que la innovación juega aquí en tres frentes (DÍAZ RODRÍGUEZ y MORALES SÁNCHEZ[7], MANJARRÉS

HENRÍQUEZ y VEGA JURADO): desde un enfoque operativo: innovación como I+D interna; desde un enfoque estratégico: innovación como ventaja competitiva; y desde un enfoque sistémico: innovación como fenómeno interconectado y multidimensional.

A hechos consumados, resulta obvia la transición que la innovación ha vivido. Hagamos apuestas acerca de su evolución a partir de aquí. Si el Casino nunca pierde, ¿a quién aplicamos el rol de Casino?

2. EL concepto de tecnologías palanca

En los años 80-90, las grandes consultoras estadounidenses (McKinsey, BCG, Bain) comenzaron a utilizar en sus informes internos los conceptos «*technology as a lever for transformation*», «*technology levers*», «*strategic levers*» o «*lever technologies*». En ese momento se ve rápidamente su potencial, totalmente alineado con los tiempos en los que se está entrando; y pasa a normalizarse la expresión, en el entorno startups y empresas tecnológicas de EEUU, como metáfora de impacto («*growth levers*», «*technology as a lever*»). Así pues, había nacido un nuevo constructo, amparado en el contexto del inglés empresarial vinculado al entorno de la innovación.

El *management* lo normalizó para describir mecanismos de ventaja o aceleración, y fue cuestión de tiempo que llegase a Europa. No aparece acuñado en la literatura académica formal, sino que la expresión empieza a encontrarse en los informes de las consultoras aquí implementadas (McKinsey, Deloitte, Accenture); y, poco a poco, termina apareciendo en las traducciones de informes de organismos internacionales (OCDE, BID, CEPAL); en documentos de políticas públicas (especialmente en España y América Latina) sobre digitalización; y, desde mediados de 2010, en planes estratégicos de innovación y transformación digital.

Se erige, así como paraguas de todas aquellas tecnologías caracterizadas por su capacidad para transformar sectores completos y generar innovación de manera transversal. Su adopción genera efectos multiplicadores en diversos sectores, al acelerar la innovación, la productividad y la transformación socioeconómica; incrementando la competitividad de industrias tradicionales como la automoción, la química, la electrónica o la construcción. Además, actúan como infraestructura tecnológica para desarrollos futuros. En este sentido, se consideran tecnologías palanca por su carácter estratégico, intensivo en conocimiento y su capacidad transformadora transversal.

En consecuencia, y como efectos indirectos pero deseables, atraen capital riesgo, centros de investigación y empresas de alto valor añadido. Estas externalidades positivas fortalecen los ecosistemas de innovación y contribuyen al crecimiento

económico, reforzando su papel como habilitadoras de desarrollo socioeconómico sostenido.

Estaríamos hablando de, en primer lugar, las General Purpose Technologies (GPTs), término acuñado por BRESNAHAN y TRAJTENBERG en 1995[8], que describen el tipo de tecnologías que actúan como multiplicadores transversales por su: aplicabilidad a muchos sectores, potencial de mejora continua; y capacidad de generar innovaciones complementarias.

En segundo lugar, Key Enabling Technologies (KETs), término basado en la literatura previa sobre Tecnologías de Uso General, e introducido en 2009 por la Comisión Europea[9] como un concepto estratégico para impulsar la competitividad industrial, estimular la I+D+i y promover la reindustrialización en Europa. Presentan un uso intensivo en conocimiento, están asociadas a una elevada intensidad de I+D y muestran ciclos muy rápidos de innovación. Lo que, en el escenario actual, torna esencial para el desarrollo de un territorio, potenciando la generación de riqueza y la creación de puestos de trabajo cualificados. Se identificaron en ese momento seis tecnologías clave, basadas en su alto potencial de transformación: nanotecnología, micro/nanoelectrónica, fotónica, materiales avanzados, biotecnología industrial y sistemas de fabricación avanzada.

Hay que tener en cuenta, además, que la Comisión aprovecha este momento para introducir también el concepto TRL (Technology Readiness Level, o escala de Madurez Tecnológica); medida para describir el estado de desarrollo o madurez de una tecnología desde una interpretación del TRL más abstracta. Y ello porque se pretende aplicar no solo para medir el estado de madurez de una tecnología para su uso en el entorno operativo, sino también como preparación de un producto o servicio para su comercialización.

Los círculos financiadores e inversores adoptarán finalmente el término, integrándolo como criterio para identificar si un proyecto entra dentro de su campo deseable de acción, o se encuentra en un estadio previo, o posterior.

Por cierto, ese número inicial se ha visto recientemente ampliado por la Recomendación (UE) 2023/2113[10], al identificar diez áreas de tecnologías críticas para la seguridad económica de la UE: tecnologías avanzadas de semiconductores, inteligencia artificial (IA), tecnologías cuánticas, biotecnologías, tecnologías avanzadas de conectividad, navegación y digitales, tecnologías avanzadas de detección (*sensing*) y sistemas de posicionamiento, navegación y temporización, tecnologías espaciales y de propulsión, tecnologías energéticas, robótica y sistemas autónomos y tecnologías avanzadas de materiales, fabricación y reciclaje.

Dentro de estas, la Comisión subraya que cuatro áreas son especialmente sensibles (alto riesgo de fuga tecnológica y de



uso militar/dual): semiconductores avanzados, IA, tecnologías cuánticas y biotecnologías.

El artículo «The New Era Of General Purpose Technologies: Why Ecosystems, Not Industries, Will Define The Future», del experto corporativo FRANK DIANA[11], es especialmente significativo en relación a lo que este estudio pretende trasladar: las GPTs han redefinido industrias, modelos de valor y estructuras sociales, pero todavía no alcanzamos de manera generalizada a identificar cómo su evolución conduce, inevitablemente, hacia modelos económicos basados en ecosistemas.

3. Tecnologías palanca, soberanía tecnológica y autonomía estratégica

Las tecnologías que multiplican capacidades también multiplican dependencias. Y esa realidad ha terminado por trasladar el debate desde los departamentos de innovación hacia ámbitos tradicionalmente reservados a la política industrial, la geoestrategia o incluso la seguridad económica.

Abundando en este sentido, limitar hoy el análisis a la productividad o la competitividad empresarial supondría dejar fuera una de las transformaciones más relevantes de los últimos años: la tecnología ha dejado de ser únicamente una cuestión de mercado para convertirse también en una cuestión

de autonomía estratégica.

La pandemia, las interrupciones en las cadenas globales de suministro, la crisis energética derivada de la guerra en Ucrania o la creciente rivalidad tecnológica entre Estados Unidos y China han puesto de manifiesto una realidad que durante años permaneció parcialmente oculta tras las ventajas de la globalización: la dependencia tecnológica también genera vulnerabilidades económicas.

Ya hemos apuntado como la Unión Europea ha ido incorporando progresivamente esta preocupación a sus políticas industriales y de innovación, siendo la Recomendación (UE) 2023/2113[12] una de las manifestaciones más evidentes de este cambio de enfoque: la pérdida de control de esas áreas tecnológicas comprometería la seguridad económica europea y, con ella, parte de su capacidad de decisión estratégica.

Y su principal aportación, más allá del valor que generan de manera directa, consiste en habilitar, acelerar o multiplicar el rendimiento de otras actividades económicas. Actúan como auténticas infraestructuras invisibles de competitividad: tecnologías sobre las que se apoyan otras tecnologías y cuyo impacto crece conforme se integran en el tejido productivo.

Los semiconductores avanzados permiten el desarrollo de sistemas de inteligencia artificial cada vez más sofisticados. La

inteligencia artificial acelera la investigación científica, optimiza procesos industriales y amplifica la capacidad de análisis. Los materiales avanzados mejoran la eficiencia energética, mientras que las nanotecnologías incrementan las prestaciones de dichos materiales. Cada avance alimenta al siguiente, generando una dinámica acumulativa difícilmente replicable mediante políticas convencionales de crecimiento económico.

Desde esta perspectiva, la soberanía tecnológica ya no puede entenderse únicamente como la capacidad de producir tecnología precompetitiva. Implica también disponer de ecosistemas capaces de generar conocimiento, absorber innovación externa, integrarla y transformarla en actividad económica.

La cuestión deja así de ser exclusivamente tecnológica para convertirse en una materia estrechamente vinculada con la política económica, la estrategia industrial y el desarrollo territorial. En un entorno global caracterizado por la competencia entre bloques económicos, la capacidad para generar y absorber tecnologías palanca puede terminar siendo tan importante como la propia posesión de recursos naturales o infraestructuras físicas.

4. Policy Report: Informe del Ministerio de Ciencia e Innovación (2023) sobre ecosistemas regionales de innovación

El informe del Ministerio de Ciencia «Nuevos enfoques políticos para promover los ecosistemas regionales de innovación: el caso de España en el contexto de la UE»[13] ofrece una visión sistemática de la evolución reciente de las políticas de ciencia, tecnología e innovación, tanto en el ámbito estatal como europeo, con especial atención a su dimensión territorial. Su tesis central es que las políticas de innovación están transitando hacia un modelo más colaborativo, multinivel y orientado a retos, en el que la cooperación interregional y la cohesión territorial se convierten en elementos clave para mejorar la competitividad y la autonomía estratégica.

El punto de partida del informe es el reconocimiento de una paradoja estructural: pese al crecimiento generalizado de la actividad innovadora en España y en la Unión Europea, persisten importantes brechas territoriales. La inversión en I+D y las capacidades tecnológicas continúan altamente concentradas en unas pocas regiones (principalmente Madrid y Cataluña en el caso español) lo que genera desigualdades en términos de desarrollo económico y capacidad de absorción de conocimiento. Esta concentración no solo responde a factores económicos, sino también a dinámicas acumulativas propias de la innovación, como las economías de aglomeración y la especialización tecnológica.

En este contexto, el documento subraya el papel de las

estrategias de especialización inteligente (S3)[14] como instrumento clave de la política europea de cohesión desde 2014. Estas estrategias obligan a las regiones a identificar sus prioridades en materia de innovación, con el objetivo de concentrar recursos en áreas de ventaja comparativa. Sin embargo, el análisis evidencia limitaciones relevantes en su aplicación. Por un lado, muchas regiones han optado por una diversificación excesiva de objetivos, lo que diluye el enfoque estratégico. Por otro, se observa un elevado grado de solapamiento entre regiones, que tienden a priorizar ámbitos similares como la innovación sostenible, la transformación digital, las tecnologías facilitadoras (KETs) y la salud. Esta convergencia, si bien puede interpretarse como una oportunidad para la cooperación, también pone en cuestión la efectividad del principio de especialización.

A partir de este diagnóstico, el informe identifica la necesidad de avanzar hacia modelos de colaboración interregional más intensos. Aunque existen mecanismos como Interreg o las plataformas temáticas de especialización inteligente, estos han sido más eficaces en la generación de redes de intercambio de buenas prácticas que en la promoción de proyectos conjuntos de alto impacto. La cooperación sigue siendo predominantemente intrarregional o, en su caso, nacional, con una limitada integración transnacional. Este déficit se atribuye a múltiples factores, entre ellos las diferencias institucionales, la complejidad administrativa, la falta de incentivos y la inercia de las redes existentes.

En el ámbito español, el documento destaca un cambio significativo en la orientación de las políticas estatales durante la última legislatura. Tradicionalmente centradas en criterios de excelencia y neutralidad territorial, estas políticas han evolucionado hacia un enfoque más explícitamente orientado al territorio. Este giro se materializa en diversas iniciativas, entre las que destacan la reactivación del Consejo de Política Científica, Tecnológica y de Innovación como órgano de coordinación multinivel; el fortalecimiento de la Red de Políticas de I+D+I (Red IDI) como plataforma técnica de cooperación; y la introducción de los Planes Complementarios de I+D+I, que permiten la programación conjunta y la cofinanciación entre el Estado y las comunidades autónomas.

Asimismo, se observa un esfuerzo por promover la dispersión territorial de infraestructuras científicas y organismos públicos, así como por fomentar la colaboración entre centros tecnológicos mediante programas como las ayudas Cervera. El papel del Centro para el Desarrollo Tecnológico y la Innovación (CDTI) resulta especialmente relevante en este contexto, no solo como financiador de proyectos empresariales, sino también como agente de vertebración territorial.

A ello se suma el impulso a la compra pública de innovación y el apoyo a las ciudades a través de la Red Innpulso, lo que refleja una creciente atención a la dimensión local de la

innovación.

En paralelo, la Nueva Agenda Europea de Innovación (NAEI), aprobada en 2022, se forja como un nuevo marco estratégico que refuerza la orientación hacia las tecnologías profundas (*deep tech*) y la cooperación interregional. Esta agenda se articula en torno a cinco iniciativas emblemáticas, entre las que destaca la dirigida a acelerar la innovación en los ecosistemas europeos y reducir las brechas territoriales. Instrumentos como los Valles Regionales de Innovación o las Asociaciones para la Innovación Regional (PRI) buscan promover colaboraciones más estructuradas entre regiones con distintos niveles de desarrollo, en torno a misiones comunes como la transición verde o la digitalización.

El documento pone de relieve que este nuevo enfoque implica una evolución desde políticas basadas en la especialización hacia políticas orientadas a misiones[15], que combinan objetivos estratégicos de la Unión con las capacidades territoriales. En este marco, se introduce el concepto de «descubrimiento abierto» (ODP), que amplía el tradicional proceso de descubrimiento emprendedor incorporando una mayor deliberación colectiva y una orientación hacia el valor público. Este cambio refleja una creciente integración entre políticas de innovación y otros ámbitos como la sostenibilidad, la cohesión social o el desarrollo regional.

No obstante, el informe también identifica importantes desafíos para la implementación de estos nuevos instrumentos. Entre ellos destacan la complejidad administrativa, la fragmentación de competencias, la falta de recursos en las agencias regionales de innovación y las dificultades para combinar distintas fuentes de financiación europea. Estos obstáculos son especialmente relevantes en las regiones menos desarrolladas, que enfrentan lo que se ha denominado la «*paradoja de la innovación regional*»: una mayor necesidad de apoyo acompañada de una menor capacidad institucional para aprovecharlo.

En términos prospectivos, el documento concluye que tanto España como la Unión Europea se encuentran en una fase de transición hacia un modelo más integrado, cooperativo y orientado a retos en materia de innovación. Este modelo requiere reforzar los mecanismos de coordinación multinivel, mejorar la coherencia entre políticas y avanzar hacia una mayor alineación entre estrategias nacionales y europeas. Asimismo, se subraya la importancia de apoyar a las regiones en el desarrollo de sus capacidades institucionales y de fomentar la colaboración interterritorial como vía para aprovechar sinergias y alcanzar una mayor masa crítica.

En definitiva, el informe plantea que el futuro de los ecosistemas de innovación pasa por superar las limitaciones del enfoque tradicional basado en la especialización aislada, avanzando hacia un sistema paneuropeo más cohesionado,

capaz de movilizar recursos y capacidades de forma coordinada para afrontar los grandes retos tecnológicos, económicos y sociales.

II. Nanopartículas: el acelerador silencioso

Como ya se ha referido en el epígrafe 1.2, la Comisión Europea identificó en 2009 la nanotecnología, por su alto potencial de transformación, como una de las seis KET (Key Enabling Technology) originarias. Pero lo que es de especial utilidad a los efectos de este estudio es la evolución que ha experimentado su papel dentro de las prioridades estratégicas europeas. Así, muchas KETs clásicas, entre las que se encuentra una vertiente de las «manos», se reconfiguran dentro de las nuevas áreas críticas: micro/nanoelectrónica: semiconductores avanzados; materiales avanzados y fabricación avanzada: materiales, fabricación y reciclaje avanzados; y biotecnología industrial: biotecnologías (ahora con fuerte énfasis en bioseguridad y dual use). Y ello porque se ha hecho pivotar el prisma desde el que se estudiaban: durante años el foco se situó en su capacidad para habilitar innovación. Hoy, sin perder esa condición, se consideran además activos estratégicos cuya disponibilidad, control o dependencia pueden condicionar la competitividad, la autonomía tecnológica e incluso la seguridad económica de los Estados.

En lenguaje casi startupero: antes eran «*enabling*» (habilitaban la innovación), y ahora se convierten en «*critical*»; porque pueden llegar a suponer un punto de inflexión en determinadas cuestiones de seguridad económica y estratégica.

Pero, tanto antes como después, las nanopartículas constituyen una tecnología especialmente interesante como tecnologías habilitantes porque: no son un producto final; no constituyen una solución cerrada; permiten desarrollar otras tecnologías, materiales o aplicaciones; y su impacto suele ser transversal, silencioso y acumulativo. Es decir, las nanopartículas no suelen competir con otras tecnologías. Las potencian. Permiten innovaciones completamente nuevas que abren sectores enteros[16], permiten la aparición de nuevos mercados y líneas completas de innovación: biotecnología avanzada, medicina personalizada, energía de nueva generación): vacunas de ARNm, nanomedicina dirigida, materiales ultraligeros, sensores de altísima sensibilidad y nuevos catalizadores. Y es precisamente esta capacidad de actuar como capa habilitadora sobre múltiples sectores lo que explica su interés económico y estratégico.

III. Propiedad industrial y transferencia de conocimiento: la protección jurídica y económica de las tecnologías habilitadoras

Si el principal valor de las nanopartículas no reside en el producto final, sino en la capacidad de habilitar desarrollos

posteriores, ¿Dónde se encuentra realmente el activo que debe protegerse? ¿Cómo proteger y capturar el valor económico de activos cuyo principal potencial no reside en un producto concreto, sino en su capacidad para habilitar múltiples desarrollos futuros?

Acabamos de descubrir que la capacidad transformadora de las tecnologías palanca plantea una cuestión jurídica y empresarial de primer orden, especialmente interesante en el entorno jurídico.

Los sistemas tradicionales de propiedad industrial nacieron para proteger invenciones identificables y susceptibles de aplicación industrial directa. Sin embargo, las tecnologías habilitadoras presentan características que obligan a ampliar esta visión. En ámbitos como la nanotecnología, la biotecnología o determinados desarrollos *deep tech*, el valor económico no suele concentrarse exclusivamente en el resultado final visible, sino en los procesos de fabricación, formulación, funcionalización, integración industrial o combinación con otras tecnologías.

En muchas ocasiones, el activo estratégico más relevante no es el producto, sino el conocimiento acumulado que permite obtenerlo de manera eficiente, reproducible y escalable.

Por este motivo, las estrategias de protección jurídica han evolucionado hacia modelos híbridos que combinan distintas herramientas de apropiación del conocimiento: patentes, secretos empresariales, know-how protegido, acuerdos de licencia, mecanismos de transferencia tecnológica y estructuras de colaboración público-privada.

Desde una perspectiva práctica, la elección entre patente y secreto empresarial constituye una de las decisiones estratégicas más relevantes para cualquier proyecto innovador.

La patente ofrece ventajas evidentes. Proporciona un derecho de exclusiva temporal, facilita la transmisión y licencia de la tecnología, aporta seguridad jurídica a potenciales inversores y permite convertir el conocimiento en un activo claramente identificable y valorable. Además, puede servir como elemento tractor de inversión y favorecer procesos de internacionalización tecnológica.

A ello se añade la existencia de incentivos fiscales vinculados a la explotación de determinados activos intangibles. En el caso español, el régimen conocido como Patent Box, regulado en el artículo 23 de la Ley 27/2014, del Impuesto sobre Sociedades, permite aplicar una reducción sobre parte de las rentas derivadas de la cesión o explotación de determinados activos protegidos, incentivando la transferencia efectiva del conocimiento y su aprovechamiento económico. La existencia de este tipo de instrumentos pone de manifiesto que la

protección de la innovación ya no constituye únicamente una cuestión jurídica, sino también una herramienta de política económica orientada a favorecer la valorización de activos intangibles.

Sin embargo, la protección mediante patente también presenta limitaciones relevantes. La obtención de una patente exige revelar información técnica suficiente para permitir la reproducción de la invención una vez finalizado el periodo de protección. Esta divulgación puede resultar especialmente problemática cuando el verdadero valor competitivo reside en aspectos difíciles de reivindicar jurídicamente o susceptibles de ser reproducidos mediante ingeniería inversa.

Precisamente por ello, la protección mediante secreto empresarial ha adquirido una relevancia creciente en numerosos proyectos tecnológicos. La Directiva (UE) 2016/943[17], relativa a la protección de los conocimientos técnicos y la información empresarial no divulgados, y su posterior incorporación a los ordenamientos nacionales, han reforzado significativamente este instrumento.

A diferencia de la patente, el secreto empresarial no exige divulgación pública y puede mantenerse potencialmente de forma indefinida mientras se preserve su confidencialidad. Esta característica resulta especialmente atractiva en tecnologías complejas, procesos industriales, formulaciones, algoritmos o metodologías de fabricación cuya reproducción por terceros resulta difícil sin acceso directo a la información protegida.

No obstante, esta estrategia también presenta limitaciones evidentes. El secreto no otorga un derecho de exclusiva frente a desarrollos independientes realizados por terceros y exige una gestión rigurosa de la confidencialidad, tanto interna como externa. Una fuga de información, una deficiente política documental o la pérdida de personal clave pueden comprometer de forma irreversible su valor económico. La cuestión de fondo ya no consiste únicamente en proteger una innovación, sino en diseñar una estrategia integral de apropiación del valor generado por ella.

La verdadera ventaja competitiva no radica únicamente en generar conocimiento, sino en transformarlo en activos jurídicamente protegibles, económicamente explotables y financieramente valorizables. En la economía del conocimiento, la innovación alcanza su máximo potencial cuando es capaz de convertirse simultáneamente en propiedad industrial, ventaja competitiva y activo empresarial.

Al fin y al cabo, la protección del conocimiento solo adquiere pleno sentido cuando ese conocimiento es capaz de generar actividad económica. Y es precisamente ahí donde las tecnologías palanca muestran toda su capacidad transformadora.

IV. De la tecnología a la productividad

De todo lo expuesto, se pueden extraer ya conclusiones. Las tecnologías palanca generan: reducción de costes, aumento de rendimiento, aparición de nuevos mercados y aceleración de la innovación complementaria.

Desde el punto de vista de la literatura económica tienen un hilo conductor y una justificación teórica fácilmente defendible. Sin embargo, este marco conceptual solo cobra sentido si somos capaces de traducirlo en impacto real. Pero ¿Cómo traer este potencial a nuestra realidad diaria? ¿Cómo hacerlo tangible? La respuesta pasa por un cambio de enfoque: implementando esta tecnología desde ya, de manera transversal y generalizada, en la industria. La transformación económica sucede en la industria, y ya hemos dicho que las nanopartículas aportan valor en sectores tan dispares como la salud, la defensa, la energía, los semiconductores, la automoción, la construcción o el sector agroalimentario. Si la barrera actual es la falta de divulgación y formación, entonces el corto plazo debe centrarse en cerrar esa brecha, para tener en medio y largo plazo un escenario más próspero que el que actualmente disfrutamos. Incluso estratégico de cara a otras potencias internacionales.

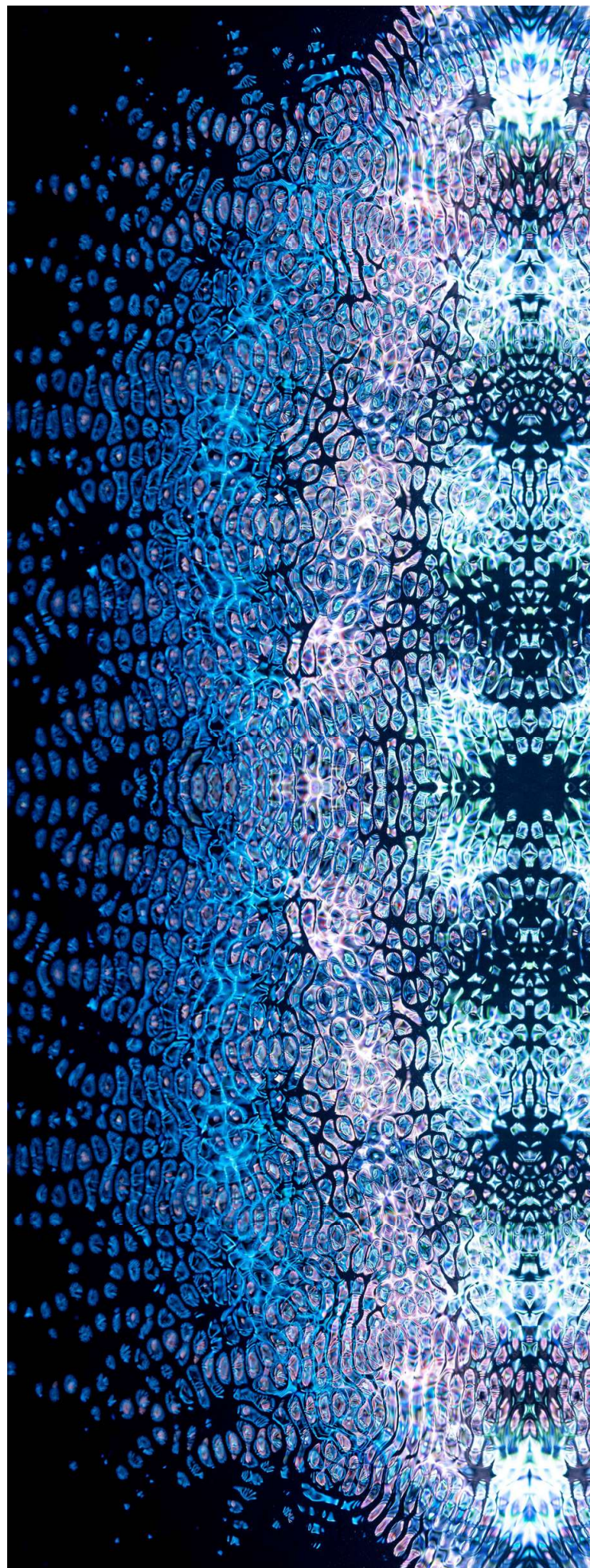
Las nanopartículas no transforman solas, precisan de una convergencia tecnológica en cualquiera de los campos identificados anteriormente: IA, biotecnología, computación cuántica, nuevos materiales o robótica. Esta interdependencia no es un obstáculo, sino un multiplicador de impacto, especialmente tratándose de tecnologías críticas para la seguridad económica y hacia donde la Unión Europea dirige sus esfuerzos.

En la economía del siglo XXI, la principal fuente de ventaja competitiva no será la posesión de productos, sino la posesión de capacidades tecnológicas capaces de generar continuamente nuevos productos, industrias o mercados. Por ello, la transformación económica que afrontamos (auténtico nudo gordiano del siglo XXI) exige reforzar los pilares de la excelencia industrial y una reindustrialización basada en calidad, no solo en volumen.

Y todo ello se refleja, directa o indirectamente, en un aumento de la productividad[18]: producir más valor con los mismos recursos. Como señalábamos al inicio, las mejoras incrementales amplificadas por estas tecnologías generan un círculo virtuoso que conduce a una mayor competitividad, mayor inversión, empleo cualificado y subida del PIB. En definitiva, mayor prosperidad.

1. Capacidad de absorción tecnológica: el verdadero factor diferencial de los territorios

La literatura económica ha prestado históricamente una



atención preferente a la generación de innovación. Sin embargo, conforme los procesos tecnológicos se vuelven más complejos y las dinámicas de conocimiento más globales, emerge una cuestión igualmente relevante: la capacidad para absorber innovación desarrollada por terceros. Y ello porque la realidad demuestra que no siempre gana quien descubre primero una tecnología.

COHEN y LEVINTHAL definieron la capacidad de absorción[19] como la habilidad de una organización para reconocer el valor de nuevos conocimientos externos, asimilarlos y aplicarlos con fines productivos. Décadas después, este concepto continúa siendo una de las herramientas analíticas más útiles para comprender por qué algunos territorios, organizaciones o sectores son capaces de capturar el valor de las nuevas tecnologías mientras otros permanecen rezagados.

La diferencia entre los territorios ganadores y perdedores del siglo XXI probablemente no vendrá determinada exclusivamente por quién descubre antes una tecnología. Vendrá determinada, en gran medida, por quién desarrolla la capacidad de incorporarla más rápidamente a sus procesos productivos.

Esta visión conecta directamente con la teoría de las capacidades dinámicas desarrollada por DAVID TEECE[[2]], según la cual la ventaja competitiva sostenible depende menos de la posesión estática de recursos y más de la capacidad para identificar oportunidades, adaptarse al cambio y reconfigurar continuamente activos y competencias.

Las nanopartículas, la inteligencia artificial, la computación cuántica o la biotecnología avanzada generan valor cuando encuentran un entorno capaz de integrarlas dentro de actividades económicas reales. La innovación aislada tiene un impacto limitado. La innovación integrada en un ecosistema adquiere capacidad transformadora.

Desde esta perspectiva, la ventaja competitiva deja de depender exclusivamente de la inversión en I+D para apoyarse también en factores como la calidad institucional, la capacidad empresarial, la disponibilidad de financiación, la existencia de talento especializado, las infraestructuras científicas o los mecanismos de transferencia tecnológica.

La verdadera cuestión no consiste únicamente en producir conocimiento, sino en convertirlo en productividad.

Los territorios que logren combinar estos elementos actuarán como auténticas plataformas de absorción tecnológica, capaces de capturar una parte significativa del valor generado por las futuras revoluciones tecnológicas. Aquellos que no desarrollen estas capacidades corren el riesgo de convertirse en meros consumidores de innovación producida en otros lugares.

2. Tecnologías palanca y transformación de los territorios periféricos: una oportunidad para la nueva industrialización

Cuando se habla de tecnologías palanca, el foco suele dirigirse hacia grandes polos tecnológicos, áreas metropolitanas o ecosistemas de innovación ya consolidados. Sin embargo, existe una dimensión menos explorada que puede resultar especialmente relevante para aquellos territorios caracterizados por una menor densidad empresarial, tecnológica o demográfica.

Durante décadas, las políticas de desarrollo regional se apoyaron en la atracción de infraestructuras, inversiones externas o grandes proyectos industriales capaces de generar empleo directo. Aunque este modelo produjo avances significativos, también mostró limitaciones evidentes: dependencia de decisiones adoptadas fuera del territorio, vulnerabilidad frente a procesos de deslocalización y dificultades para competir en mercados globales cada vez más orientados hacia el conocimiento. La transición hacia una economía intensiva en tecnología y conocimiento altera profundamente esta lógica.

Las tecnologías palanca presentan una característica especialmente interesante: no exigen necesariamente grandes concentraciones de población ni mercados locales de enorme dimensión. Lo que requieren es la existencia de entornos capaces de conectar talento, conocimiento, financiación, tejido empresarial e instituciones.

Precisamente por ello, muchos territorios tradicionalmente considerados periféricos podrían encontrarse ante una oportunidad histórica para redefinir su posición competitiva. La digitalización ha reducido significativamente las barreras geográficas para la generación y transferencia de conocimiento. La inteligencia artificial democratiza capacidades analíticas antes reservadas a grandes corporaciones. La nanotecnología permite desarrollar productos y procesos de alto valor añadido en sectores donde Europa mantiene posiciones competitivas relevantes, como la agroindustria, la energía, la salud, los materiales avanzados o la economía circular.

En este contexto, la cuestión estratégica ya no consiste únicamente en atraer actividad económica. La verdadera cuestión pasa por construir capacidades tecnológicas propias. La experiencia internacional ofrece ejemplos especialmente ilustrativos. Ecosistemas como Eindhoven, en los Países Bajos, Oulu, en Finlandia, o determinadas regiones industriales alemanas demuestran que la excelencia tecnológica no es patrimonio exclusivo de las grandes capitales financieras o administrativas. Con frecuencia surge allí donde existe una visión compartida, una especialización coherente y una capacidad efectiva para transferir conocimiento al tejido

productivo.

Desde esta óptica, territorios como Extremadura, Castilla-La Mancha, Aragón, Galicia o amplias zonas de la denominada España interior podrían desempeñar un papel mucho más relevante del que habitualmente se les atribuye dentro de la nueva economía europea.

La clave probablemente no resida en intentar competir simultáneamente en todos los ámbitos tecnológicos, sino en identificar aquellos espacios donde las ventajas comparativas tradicionales del territorio converjan con las nuevas tecnologías habilitadoras.

La agroindustria avanzada constituye un ejemplo especialmente significativo. La incorporación de nanotecnología, inteligencia artificial, biotecnología o nuevos materiales tiene capacidad para transformar cadenas de valor tradicionalmente consideradas maduras en actividades intensivas en conocimiento, generadoras de innovación, empleo cualificado y propiedad industrial.

La verdadera transformación no pasa necesariamente por sustituir actividades económicas existentes, sino por multiplicar el valor añadido de las capacidades productivas ya presentes en el territorio.

Quizá por ello convenga revisar algunas categorías que han dominado el debate público durante los últimos años. Expresiones como «España vaciada» describen una realidad demográfica evidente, pero pueden ocultar otra realidad igualmente relevante: muchos de estos territorios concentran activos estratégicos de enorme valor para la economía del siglo XXI.

Recursos naturales, capacidad energética, especialización agroindustrial, disponibilidad de suelo, calidad de vida y potencial para desarrollar nuevos ecosistemas de innovación constituyen ventajas que, adecuadamente articuladas, podrían adquirir una importancia creciente durante las próximas décadas.

La cuestión ya no es únicamente dónde se encuentran los mercados. La cuestión es dónde existen las condiciones adecuadas para generar capacidades tecnológicas capaces de producir valor de forma sostenida.

En este sentido, las tecnologías palanca representan mucho más que una oportunidad de innovación. Pueden convertirse en instrumentos capaces de impulsar una transformación profunda del modelo productivo de numerosos territorios que, hasta ahora, habían ocupado posiciones periféricas dentro de la economía del conocimiento.

Esta visión resulta plenamente coherente con la Nueva Agenda

Europea de Innovación aprobada en 2022 y con las iniciativas impulsadas por la Comisión Europea en materia de autonomía estratégica abierta, Valles Regionales de Innovación y especialización inteligente. Todas ellas parten de una premisa común: la competitividad futura de Europa dependerá, en gran medida, de su capacidad para movilizar talento, conocimiento e innovación más allá de los polos tradicionales de desarrollo y aprovechar el potencial de ecosistemas distribuidos a lo largo del territorio europeo.

V. Marco regulatorio: cuando la innovación va más rápido que la norma

La irrupción de las tecnologías profundas (*deep tech*) ha situado la nanotecnología (y, por extensión, a las nanopartículas) en el centro de las estrategias de innovación. Sin embargo, en Europa esta centralidad tecnológica convive con un entorno regulatorio complejo que, lejos de ser neutro, condiciona de forma significativa su desarrollo. En particular, la regulación puede actuar como un freno relevante en ámbitos como la nanomedicina o los materiales avanzados, donde la incertidumbre normativa, la fragmentación regulatoria y las exigencias técnicas elevadas impactan directamente en los tiempos de desarrollo, la inversión y la viabilidad comercial.

En el caso de la nanomedicina, la ausencia de un marco normativo específico y unificado a nivel europeo obliga a una evaluación caso por caso por parte de las autoridades regulatorias, fundamentalmente la Agencia Europea del Medicamento (EMA), en el marco de la Directiva 2001/83/CE y el Reglamento (CE) n° 726/2004. Esta aproximación, aunque flexible, introduce un alto grado de incertidumbre jurídica y técnica. Los desarrolladores deben aportar evidencia reforzada en aspectos como la biodistribución, la toxicidad o la inmunogenicidad, además de una caracterización extremadamente detallada de la nanoestructura. Este nivel de exigencia, unido a la ausencia de criterios plenamente armonizados en las guías técnicas de la propia EMA, genera retrasos en la autorización y eleva considerablemente los costes de desarrollo.

En el ámbito de los materiales avanzados, las nanopartículas se encuadran principalmente bajo el Reglamento (CE) n° 1907/2006 (REACH), modificado por el Reglamento (UE) 2018/1881, que introduce requisitos específicos para las denominadas «*nanoformas*» de sustancias. Este régimen obliga a una caracterización físico-química detallada (incluyendo tamaño, forma, superficie específica o estado de agregación) y a una evaluación diferenciada de riesgos. A ello se suma el Reglamento (CE) n° 1272/2008 (CLP), relativo a la clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, que, si bien no contiene un régimen específico completo para nanopartículas, exige tener en cuenta sus propiedades particulares cuando estas alteran el perfil de peligrosidad. La combinación de

ambos instrumentos configura un marco exigente pero todavía incompleto desde el punto de vista de la especificidad nano.

A este núcleo horizontal se superpone una capa de regulación sectorial que varía en función del uso de las nanopartículas. Así, en el ámbito cosmético, el Reglamento (CE) n° 1223/2009 establece en su artículo 16 obligaciones específicas para los nanomateriales, incluyendo su notificación previa al Portal de Notificación de Productos Cosméticos (CPNP), su etiquetado obligatorio mediante la indicación «(nano)» y la realización de evaluaciones de seguridad específicas. En el sector alimentario, el Reglamento (UE) 2015/2283 sobre nuevos alimentos considera los nanomateriales como una categoría que requiere autorización previa, sujeta a evaluación científica por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), complementada por las exigencias de información al consumidor del Reglamento (UE) n° 1169/2011. En ambos casos, el nivel de escrutinio es particularmente elevado debido a la exposición directa del consumidor.

Este entramado normativo se apoya, además, en una definición común de nanomaterial proporcionada por la Recomendación de la Comisión 2011/696/UE, actualizada por la Recomendación (UE) 2022/2481, que establece criterios basados en el tamaño de partícula (entre 1 y 100 nm). Aunque no tiene carácter vinculante, esta definición actúa como referencia transversal para la aplicación de la normativa sectorial y condiciona la activación de obligaciones regulatorias.

Desde un punto de vista estructural, uno de los rasgos más característicos de la regulación de las nanopartículas es, por tanto, la ausencia de un régimen jurídico único. Estas se regulan simultáneamente como nanoformas en el marco de REACH, como nanomateriales conforme a las recomendaciones de la Comisión, y, sobre todo, en función de su sector de aplicación. Esta pluralidad normativa genera un problema central: la fragmentación regulatoria combinada con una notable incertidumbre técnica. La falta de criterios armonizados en aspectos como la medición, la caracterización o la evaluación del riesgo dificulta la aplicación coherente de las normas y obliga a los operadores a desarrollar estrategias regulatorias diferenciadas según el sector y el uso de la nanopartícula.

En este contexto, la evolución de las tendencias regulatorias resulta clave para entender el futuro de las nanopartículas en Europa. Una primera tendencia relevante es la creciente integración entre regulación e innovación dentro de las políticas públicas. La Unión Europea ha identificado las *deep tech* como una prioridad estratégica, incluyendo explícitamente la nanotecnología dentro de este ámbito. Como consecuencia, se observa una progresiva orientación del marco regulatorio hacia modelos que buscan facilitar la experimentación (por ejemplo, mediante entornos controlados

de pruebas o mecanismos de innovación regulatoria) sin renunciar al control de riesgos inherente a instrumentos como REACH o la normativa sectorial.

En paralelo, está emergiendo con fuerza el enfoque denominado «*safe and sustainable by design*», que implica integrar los requisitos regulatorios desde las fases iniciales de diseño de los nanomateriales. Este paradigma, impulsado en el ámbito europeo, busca que la seguridad y la sostenibilidad se conviertan en propiedades intrínsecas del material, reduciendo así los riesgos regulatorios en fases posteriores. Este cambio de enfoque supone una transformación significativa en la relación entre regulación e innovación, al anticipar el cumplimiento normativo y hacerlo parte del propio proceso de desarrollo tecnológico.

Otra tendencia significativa es el avance hacia una regulación cada vez más basada en datos. Tanto en el ámbito de REACH como en las evaluaciones de EFSA o EMA, se observa una exigencia creciente de generación de evidencia científica robusta, especialmente en lo relativo a datos toxicológicos, comportamiento en sistemas biológicos y trazabilidad a lo largo del ciclo de vida del material. En el caso de las nanopartículas, esta exigencia es particularmente intensa debido a sus propiedades emergentes y a la dificultad de predecir su comportamiento a escala nano.

No obstante, esta complejidad regulatoria convive con una oportunidad significativa. Las nanopartículas encajan plenamente en las categorías estratégicas definidas por la Unión Europea, tanto como «*deep tech*», como dentro de las tecnologías facilitadoras clave (Key Enabling Technologies). Esta alineación con las prioridades políticas europeas sugiere que, a medio plazo, es probable una evolución hacia marcos regulatorios más adaptados, coherentes y favorables a su desarrollo, en línea con los objetivos de autonomía estratégica y transición tecnológica.

En definitiva, el desarrollo de las nanopartículas en Europa se sitúa en la intersección entre innovación científica y complejidad normativa. La clave no reside únicamente en superar las exigencias regulatorias derivadas de instrumentos como REACH, CLP o la normativa sectorial, sino en integrarlas estratégicamente en el proceso de innovación. Solo así será posible transformar la regulación de un obstáculo potencial en un elemento facilitador del desarrollo tecnológico seguro, sostenible y competitivo.

VI. Conclusiones. Recomendaciones estratégicas

La reflexión sobre las nanopartículas trasciende ampliamente el ámbito de la nanotecnología. Constituye, en realidad, un caso particularmente ilustrativo de cómo las tecnologías habilitadoras están transformando la economía contemporánea.

Las tecnologías palanca no deben valorarse únicamente por los productos que generan, sino por los ecosistemas que hacen posibles. Su impacto real no se mide tanto por la innovación aislada que producen como por su capacidad para multiplicar el rendimiento de sectores completos.

La cuestión estratégica para empresas, regiones y Estados ya no consiste exclusivamente en innovar, sino en construir estructuras capaces de absorber innovación, protegerla jurídicamente, financiarla y escalarla.

La historia económica demuestra que las grandes transformaciones rara vez se producen en el momento en que aparece una nueva tecnología. Normalmente se producen cuando una sociedad desarrolla la capacidad de integrarla de manera sistemática en su tejido económico y productivo.

Las nanopartículas constituyen, en este sentido, una excelente metáfora de la economía del siglo XXI. Son pequeñas, discretas e incluso invisibles para la mayoría de los ciudadanos. Sin embargo, poseen la capacidad de alterar el comportamiento de sistemas completos. Exactamente lo mismo ocurre con las tecnologías palanca: su valor no reside en su tamaño ni en su visibilidad, sino en su capacidad para amplificar el rendimiento de todo aquello con lo que interactúan.

Por ello, la verdadera ventaja competitiva del futuro probablemente no residirá en disponer de una tecnología concreta, sino en construir ecosistemas capaces de incorporar de manera continua nuevas tecnologías, adaptarse a ellas y transformarlas en productividad, competitividad y prosperidad.

En última instancia, la próxima gran revolución económica no pertenecerá a una tecnología determinada. Pertenecerá a aquellos territorios, organizaciones y sociedades capaces de entender que el verdadero valor no se encuentra en la innovación aislada, sino en la convergencia de capacidades que permiten multiplicar su impacto.

Así pues, y en el marco dibujado por este estudio, hay que cerrar esta reflexión trayendo nuevamente a Lundvall y su «National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning»: solo cabe pensar en la innovación de manera sistémica, y no como una pieza aislada útil para procesos concretos.

Cambiemos el enfoque: a mero modo de ejemplo, la AEMPS ha lanzado un Proyecto Piloto de Reposicionamiento de Medicamentos, confirmado que el mercado farma valida su estrategia de reformular medicamentos desarrollados para una dolencia específica que resultan altamente funcionales para otra (ozempic, diseñado para tratar la diabetes, y actualmente reformulado para la obesidad; o el Minoxidil, vasodilatador para controlar la hipertensión arterial, cuyo efecto secundario

de crecimiento de vello hizo que se reformulara como loción tópica para tratar la alopecia androgénica).

Es decir: amplíemos el horizonte, pensemos de verdad «*out of the box*». No hablamos de cotejar documentos en ChatGPT, o de que Copilot, Perplexity, Gemini o Claude esbocen los conceptos básicos de una materia. Ya no necesitamos organizar documentos por carpetas temáticas, porque existe una tecnología que los va a localizar solo con referir el concepto que buscamos. No es un cambio de herramienta: si somos capaces de entender su alcance, es un cambio de paradigma.

La clave no está en la innovación como concepto transformador por sí solo. Los conflictos globales a los que nos enfrentamos suponen un reto a la hora de afrontar autonomía estratégica, resiliencia industrial o seguridad económica. Y ahí es donde debe establecerse la prioridad. Porque la próxima revolución económica no es una tecnología: es la convergencia de tecnologías. Y las nanopartículas suponen en sí mismas una metáfora: no generan productos, sino capacidades. Es decir, y como conclusión: La ventaja competitiva no residirá en tener una tecnología concreta, sino en construir ecosistemas capaces de absorber continuamente nuevas tecnologías palanca. La nanotecnología o la IA cambiarán, pero el territorio con capacidad para absorber e integrar esta evolución permanecerá. Y esta es la verdadera oportunidad de los territorios ahora catalogados como decadentes, regiones subdesarrolladas, «España vaciada». Es el momento y la oportunidad.

VII. Referencias bibliográficas

- [1] BRESNAHAN, T. F. / TRAJTENBERG, M., «General Purpose Technologies: Engines of Growth?», *Journal of Econometrics*, 65, no. 1, 1995, pp. 83–108.
- [2] PÉREZ, C., *Technological Revolutions and Financial Capital: The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*, Cheltenham, Edward Elgar, 2002.
- [3] BRYNJOLFSSON, E. / MCAFEE, A., *The Second Machine Age*, New York, W. W. Norton, 2014.
- [4] LUNDVALL, B.-A. (Ed.), *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, London, Pinter, 1992.
- [5] CHESBROUGH, H., *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Boston, Harvard Business School Press, 2003.
- [6] NOWOTNY, H. / SCOTT, P. / GIBBONS, M., *Re-Thinking Science: Knowledge and the Public in an Age of Uncertainty*, Cambridge, Polity Press, 2001.
- [7] DÍAZ RODRÍGUEZ, H. E. / MORALES SÁNCHEZ, M. A., «Transferencia tecnológica e innovación sectorial en México», *Análisis económico*, vol. 38 no. 98, 2023.
- [8] BRESNAHAN, T. F. / TRAJTENBERG, M., «General Purpose Technologies: Engines of Growth?», *Journal of Econometrics*,

65, no. 1, 1995, pp. 83–108.

[9] EUROPEAN COMMISSION, Preparing for Our Future: Developing a Common Strategy for Key Enabling Technologies in the European Union, COM(2009) 512 final, Brussels, European Commission, 2009.

[10] EUROPEAN COMMISSION, Recommendation (EU) 2023/2113 on Critical Technology Areas for the EU's Economic Security, Brussels, 2023.

[11] DIANA, F., «The New Era of General Purpose Technologies: Why Ecosystems, Not Industries, Will Define the Future», The Future of Being Human, 2024.

[12] EUROPEAN COMMISSION, Recommendation (EU) 2023/2113 on Critical Technology Areas for the EU's Economic Security, Brussels, 2023.

[13] MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN, Nuevos Enfoques Políticos para Promover los Ecosistemas Regionales de Innovación: El Caso de España en el Contexto de la Unión Europea, Madrid, 2023.

[14] FORAY, D., Smart Specialisation: Opportunities and Challenges for Regional Innovation Policy, London, Routledge, 2015.

[15] MAZZUCATO, M., Mission-Oriented Research and Innovation in the European Union, Brussels, European Commission, 2018.

[16] ROCO, M. C. / SIMS BAINBRIDGE, W. (Eds.), Converging Technologies for Improving Human Performance, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2002.

[17] Directiva (UE) 2016/943 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 8 de junio de 2016.

[18] BRYNJOLFSSON, E. / ROCK, D. / SYVERSON, C., «The Productivity J-Curve: How Intangibles Complement General Purpose Technologies», American Economic Journal: Macroeconomics 13, no. 1, 2021, pp. 333–372.

[19] COHEN, W. M., y LEVINTHAL, D. A., «Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation», Administrative Science Quarterly, 35, no. 1, 1990.

[20] TEECE, D. J., «Explicating Dynamic Capabilities: The Nature and Microfoundations of (Sustainable) Enterprise Performance», Strategic Management Journal, 28, no. 13, 2007.