

REVISTA DE PRIVACIDAD Y DERECHO DIGITAL

DIRECTOR • D. PABLO GARCÍA MEXÍA

BLANCA RODRÍGUEZ-CHAVES MIMBRERO
CARTA DEL DIRECTOR

PALOMA SÁNCHEZ
DIFICULTADES EN LA MEDICIÓN DE LA INNOVACIÓN. LA
IMPORTANCIA DE LOS INTANGIBLES
*Challenges in Measuring Innovation: The Importance of
Intangible Assets*

ÁNGEL GÓMEZ DE ÁGREDA
EL PAPEL DE LA REGULACIÓN TECNOLÓGICA EN UN MUNDO DE CONVULSIONES
GEOPOLÍTICAS
The Role of Technological Regulation in a World of Geopolitical Upheaval

JORGE VILLARINO Y ALFONSO GONZÁLEZ DE LEÓN
"SOBERANÍA TECNOLÓGICA", "AUTONOMÍA ESTRATÉGICA"... ¿CONTROL POLÍTICO?
"Technological Sovereignty", "Strategic Autonomy"... or Political Control?

JESÚS BANEGAS NÚÑEZ
INNOVACIÓN, NO SOLO TECNOLÓGICA, PIEDRA FILOSOFAL DE LA PROSPERIDAD
Innovation—Beyond Technology—as the Philosopher's Stone of Prosperity

PABLO GARCÍA MEXÍA
IA, EUROPA, ESPAÑA Y EL DILEMA REGULACIÓN-INNOVACIÓN
AI, Europe, Spain and the Regulation-Innovation Dilemma

LUIS BOUZA GARCÍA
LA CONSTRUCCIÓN DEL DILEMA ENTRE INNOVACIÓN-REGULACIÓN EN LA NARRATIVA DE
LAS BIG TECH: UNA LECTURA CRÍTICA DE LA CORREGULACIÓN TECNOLÓGICA
*Constructing the Regulation-Innovation Dilemma in Big Tech Narratives: A Critical Reading of
Tech Co-regulation*

ALONSO RODRÍGUEZ NAVARRO
INNOVACIONES DISRUPTIVAS Y POLÍTICA CIENTÍFICA: EL ESTANCAMIENTO DE EUROPA
Disruptive Innovation and Political Science: Europe's Stagnation



INNOVACIONES DISRUPTIVAS Y POLÍTICA CIENTÍFICA: EL ESTANCAMIENTO DE EUROPA

*DISRUPTIVE INNOVATIONS AND RESERACH
POLICY: EUROPE'S STAGNATION*

Por ALONSO RODRÍGUEZ NAVARRO

Profesor Emérito, Universidad Politécnica de Madrid

(*) Este artículo se recibió el 13 de mayo de 2025 y fue aceptado tras revisión el 27 de junio de 2025

REVISTA DE

**PRIVACIDAD Y
DERECHO DIGITAL**

RESUMEN

Las innovaciones disruptivas son una base importante en la economía de los países desarrollados, que se originan a partir de los avances científicos producidos por una investigación muy competitiva en la frontera del conocimiento. En una primera parte, este artículo describe cómo medir esa investigación competitiva, que es el primer paso para el desarrollo de políticas científicas que conduzcan a avances científicos disruptivos. En la segunda parte se explican los errores cometidos durante 30 años por la Comisión Europea, midiendo mal la contribución de la UE al avance en la frontera del conocimiento, que confunde y mezcla con los desarrollos incrementales. En el nivel disruptivo, la UE compite mal con EEUU y China, y los errores de medida están impidiendo el desarrollo de una política científica europea que corrija el retraso, especialmente en las tecnologías actualmente más importantes. Tomando como modelo España, la excesiva concentración de la ciencia europea en desarrollos incrementales se puede explicar por la política científica que lleva a los investigadores a evitar el riesgo de publicar poco. Cuando la investigación se dirige al avance de la frontera del conocimiento el riesgo es más alto, sobre todo en las ya mencionadas tecnologías importantes, donde la competencia es muy alta.

PALABRAS CLAVE: *innovaciones disruptivas, investigación disruptiva, medidas de la ciencia.*

ABSTRACT

Disruptive innovations are a crucial component of the economies of developed countries, originating from scientific breakthroughs produced by highly competitive research at the forefront of knowledge. In its first part, this article describes how to measure this competitive research, which is the first step toward developing scientific policies that lead to disruptive scientific breakthroughs. The second part explains the mistakes the European Commission has made over 30 years, misjudging the EU's contribution to advancing the frontier of knowledge, confusing and conflating it with incremental developments. At the disruptive level, the EU competes poorly with the USA and China, and measurement errors are impeding the development of a European science policy that would correct the gap, especially in the currently most important technologies. Taking Spain as a model, the excessive concentration of European science on incremental developments can be explained by a scientific policy that leads researchers to avoid the risk of publishing little. When research is aimed at advancing the frontiers of knowledge, the risk is higher, especially in the aforementioned key technologies, where competition is very intense.

KEYWORDS: *disruptive innovations, disruptive research, science metrics.*

SUMARIO

I.- ANTECEDENTES Y ERRORES

- I.1.- INTRODUCCIÓN
- I.2.- INNOVACIONES INCREMENTALES Y DISRUPTIVAS
- I.3.- QUÉ BUSCA LA INVESTIGACIÓN
- I.4.- LO QUE SE MIDE MAL SE GESTIONA MAL
- I.5.- LA FALSA PARADOJA EUROPEA

II.- LAS MEDIDAS DE LA CIENCIA

- II.1.- NÚMERO DE CITAS
- II.2.- SINGULARIDADES DEL NÚMERO DE CITAS
- II.3.- DISTRIBUCIÓN DE LAS CITAS
- II.4.- UN PROCEDIMIENTO PARA ESTUDIAR LOS RESULTADOS DISRUPTIVOS
- II.5.- EVALUACIÓN POR PERCENTILES
- II.6.- CONTEOS FRACCIONARIOS
- II.7.- LA INVESTIGACIÓN SE REALIZA EN SISTEMAS COMPLEJOS
- II.8.- LA EXPLOSIÓN DE LOS INDICADORES
 - II.8.A.- ÍNDICE *H* Y VARIANTES
 - II.8.B.- LOS FACTORES DE IMPACTO
 - II.8.C.- INVESTIGADORES ALTAMENTE CITADOS
 - II.8.D.- CLASIFICACIONES DE UNIVERSIDADES

III.- LA UE Y SU ESTANCAMIENTO CIENTÍFICO

- III.1.- CIENCIA DISRUPTIVA EN SECTORES CLAVE
- III.2.- COMPLICACIONES CON LAS PUBLICACIONES POCO CITADAS
- III.3.- LA FRONTERA DEL CONOCIMIENTO Y LA FASE EXPLORATORIA

III.3.- LECCIONES PARA LA UE

III.5.- COMPROMISOS CIENTÍFICOS INTERTERRITORIALES

IV.- ESPAÑA Y LAS CLAVES DE UN ESTANCAMIENTO

IV.1.- EVALUACIONES CON LOS FACTORES DE IMPACTO DE LAS REVISTAS

IV.2.- LA CNEAI, LA ANECA Y LOS DESARROLLOS INCREMENTALES

IV.3.- LA FINANCIACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

IV.4.- UNIVERSIDADES INVESTIGADORAS EN RETROCESO

V.- CONCLUSIONES

VI.- BIBLIOGRAFÍA

I.- ANTECEDENTES Y ERRORES

I.1.- INTRODUCCIÓN

En el siglo XX, la investigación entró a formar parte de la actividad económica de los países. Desde mediados de los 1950, la ciencia y la tecnología están integradas en la ecuación que explica el crecimiento económico, sumándose a los parámetros tradicionales de capital y trabajo. Unos años más tarde, ya en los 1960, impulsado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) empezaron a desarrollarse ideas nuevas, como: sociedad del conocimiento o economía basada en el conocimiento. Y ya en los 1990 se desarrolla el concepto de Nueva Economía, relacionando la investigación con un rápido crecimiento de la economía y la productividad¹. Todo esto llevó al desarrollo de políticas

¹ Godin, B., "The new economy: what the concept owes to the OECD", *Research Policy*, 33, 2004, 679-690.

específicamente científicas y a concebir sistemas nacionales de innovación estrechamente conectados con la investigación pública y privada. En estas circunstancias, por el alto coste de la investigación y la importancia de sus resultados en la economía de los países, la actividad investigadora tenía que ser evaluada, pero hacer esto es difícil porque en la mayor parte de las veces el producto de la investigación es solo conocimiento, que es intangible.

Debido a esto, en los 1950 la *National Science Foundation* de Estados Unidos (NSF; EEUU) y en los 1960 la OCDE empezaron a desarrollar indicadores específicos para evaluar la actividad investigadora², pero con éxito cuestionable. Indicadores y usos inadecuados han llevado a muchos países a la adopción de políticas científicas equivocadas, con importantes consecuencias económica; entre ellos, la Unión Europea (UE) es un caso notable y particularmente grave. Actualmente, todos los informes sitúan a la UE en desventaja innovadora frente a EEUU y a China, y esta desventaja puede tener consecuencias difíciles de prever si la administración de EEUU nacida de las elecciones presidenciales de 2024 rompe con los tradicionales vínculos EEUU-UE, que mitigaban la menor capacidad innovadora de la UE.

El propósito de este artículo es describir sintéticamente la investigación académica que ha demostrado que, en contra de lo mantenido durante 30 años por la Comisión Europea (CE), una causa importante del déficit de innovaciones disruptivas en la UE es una investigación insuficientemente competitiva en la frontera del conocimiento. Para cumplir con el propósito, este artículo se divide en las secciones detalladas en el Sumario. En primer lugar se explican los indicadores que se usan en la evaluación de la investigación, incidiendo en las bases que sustentan su uso y cómo el desconocimiento de esas bases conduce a graves errores en la evaluación científica. A continuación, usando los indicadores correctos, se demuestra la situación desfavorable de la investigación científica en la UE en comparación con EEUU. Finalmente, se analizan las posibles causas de esta situación tomando a España como caso de estudio.

2 Godin, B., "The emergence of S&T indicators: why did governments supplement statistics with indicators?", *Research Policy*, 32, 2003, 679-691.

I.2.- INNOVACIONES INCREMENTALES Y DISRUPTIVAS

Todas las innovaciones no son iguales. Algunas implican cambios menores con respecto a productos anteriores, mientras en otras los cambios son excepcionales. Aunque esta sencilla dicotomía no es tan sencilla en la vida real, sí sirve para facilitar el estudio de las innovaciones. Las primeras se conocen como innovaciones incrementales mientras que las segundas reciben varios nombres: radicales, disruptivas o discontinuas³. Todas son importantes, pero en distintos niveles. Desde el punto de vista de la política científica, la diferencia entre innovaciones incrementales y disruptivas es importante, ya que en la mayor parte de las segundas hay un cambio notable en la ciencia básica de la que se originan, y este cambio es muy dependiente de la política científica. Las innovaciones incrementales son más frecuentes en las empresas y tienen una gran importancia en la evolución de prácticamente todos los útiles que usamos a diario.

Un caso muy conocido que demuestra la importancia de las innovaciones incrementales tuvo lugar a mediados de 1970, cuando la compañía Xerox, pionera en fotocopiadoras, perdió competitividad frente a otras empresas que producían fotocopiadoras mejoradas incrementalmente⁴. Un ejemplo de las segundas puede ser el desarrollo de las baterías de litio, que se reconoció con los premios Nobel de Química en 2019. Actualmente, uno de los mayores problemas de la investigación en la UE no es con las innovaciones incrementales sino con las disruptivas⁵. En la industria del automóvil, un ejemplo de las

3 En inglés, hay bibliografía sobre el uso de los términos: *radical*, *breakthrough*, *discontinuous* o *disruptive*, y existe un notable acuerdo sobre la existencia de un extenso solape en el uso de estos términos, por ejemplo: Kovacs, A., Marullo C., Verhoeven, D., & Looy, B., "Radical, disruptive, discontinuous and breakthrough innovation: more or the same?", *Academy of Management Annual Meeting Proceedings*, 2019, 1545-1550. En el presente artículo se usa el nombre de disruptivas para todos los casos porque es el término más usado en los informes de la CE; por ejemplo, European Commission, "Align, Act, Accelerate. Research, Technology and Innovation to boost European Competitiveness". 2024, Publication Office of the European Union, Luxembourg.

4 Henderson, R. M., & Clark, K. B., "Architectural Innovation: The reconfiguration of existing products technologies and the failure of established firms", *Administrative Science Quarterly*, 1990, 35, 9-30.

5 Draghi, M., *The Future of European Competitiveness. Part A: A competitiveness strategy for Europe*. 2024, https://commission.europa.eu/document/download/97e481fd-2dc3-412d-be4c-f152a8232961_en

primeras son los motores de explosión, excelentemente mejorados en la UE, y un ejemplo de las segundas son las baterías de litio de los coches eléctricos, donde la UE no compite bien.

1.3.- QUÉ BUSCA LA INVESTIGACIÓN

Esta pregunta parece infantil e innecesaria; pero aun siendo así, muchas políticas científicas están diseñadas sin considerar la respuesta o sin considerar adecuadamente la estructura de la investigación. Como veremos más adelante (Sección IV), muchos documentos en España no distinguen entre innovaciones incrementales y disruptivas, y eso es un grave error.

Reiterando lo ya dicho, si la investigación no pretende empujar la frontera del conocimiento más básico sino realizar pequeños avances que mejoren algún proceso o la calidad o aplicabilidad de un producto, lo que se busca son innovaciones incrementales. Esta última es una investigación típica de las empresas, y es la empresa la que tiene que evaluar los resultados, tanto si tiene éxito comercial como si no lo tiene. Más complicado es diseñar una política científica para la participación pública en este tipo de investigación. Este es un área de la política científica que entronca con la política económica y comercial, y que requiere un tratamiento específico. Este tratamiento es importante en la política científica, pero está fuera de los objetivos de este artículo.

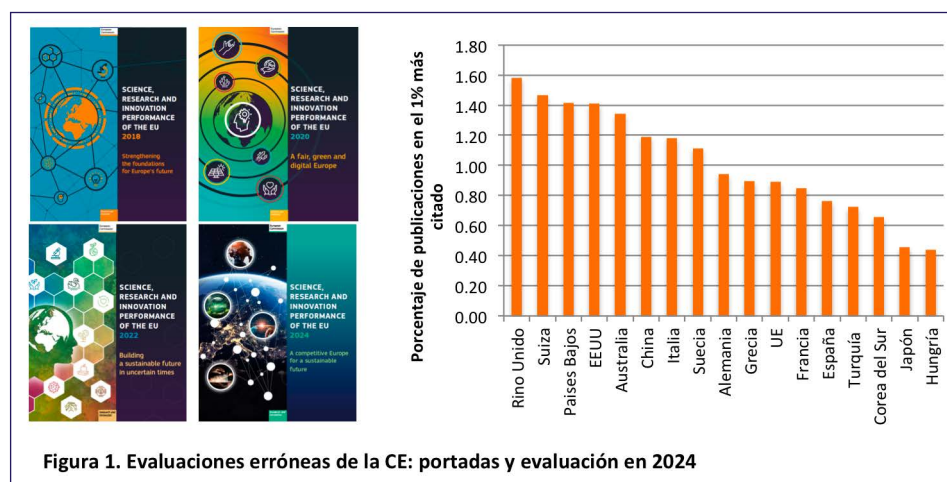
Centrándonos en la investigación que persigue empujar la frontera del conocimiento, su evaluación no es nada sencilla debido a la estructura del progreso de la ciencia. Para analizar esta estructura se puede tomar como punto de partida el conocido estudio de Thomas Kuhn⁶: “La Estructura de las Revoluciones Científicas”. Aunque el estudio de Kuhn se refiere a cambios científicos muy importantes, sus conceptos de ciencia normal y revolucionaria son aplicables a progresos que, aunque son disruptivos, no necesariamente tienen que ser revoluciones. Por ejemplo, en las baterías de litio antes mencionadas, para lograr avances importantes ha sido necesario

6 Kuhn, T., *The structure of scientific revolutions*, 1970, University of Chicago Press.

hacer avances en conocimientos básicos de fisicoquímica, pero sin revolucionar la fisicoquímica. Pero como en las revoluciones científicas, los resultados disruptivos aparecen como resultado de una intensa actividad investigadora que produce “ciencia normal”. Sin esa investigación “normal”, los cambios excepcionales no se consiguen. Pero si la política científica no está bien diseñada, los investigadores, y los países a los que pertenecen, terminan realizando solo “ciencia normal” y los cambios excepcionales los hacen otros. Esta situación se describe más adelante (Sección III.4) porque es lo que ocurre con la investigación en la UE y en España.

I.4.- LO QUE SE MIDE MAL SE GESTIONA MAL

En las escuelas de negocio se repiten dos aforismos originales del que es considerado padre de la administración moderna, Peter Drucker: “no se puede gestionar lo que no se sabe medir” y “si no se sabe medir, no se puede mejorar”. En la línea de estos aforismos, es fácil localizar errores de política científica en la UE y en España porque se basan en errores en la medida del éxito científico, que es difícil de medir porque no es tangible.



En el caso de la UE, desde 2018, la CE elabora informes bienales sobre el funcionamiento de la investigación, en los que incluye otros países con fines comparativos. Uno de estos indicadores se denomina de excelencia científica y se deriva del número de publicaciones de un país que se encuentran en el 1% superior de las publicaciones mundiales por el número de citas (Sección II.5). La Figura 1 muestra las portadas de estos informes y los valores del indicador para varios países tomados del informe de 2024⁷. Uno de los países incluidos es Japón y su calificación en términos de excelencia científica es casi del nivel de un país subdesarrollado en ciencia, muy por debajo de Italia o España. Evidentemente, esto no tiene ninguna credibilidad, Japón ha tenido 17 Premios Nobel en este siglo y es el país con mayor número de familias de patentes triádicas⁸, y es el segundo, detrás de Suiza, si se normaliza por el número de habitantes. También tiene poca credibilidad el casi empate de Grecia y Alemania en excelencia científica.



⁷ European Commission, "Science, Research and Innovation Performance of the EU. A competitive Europe for a sustainable future". 2024. Publication Office of the European Union, Luxembourg. Figure 3.1 - 22, p. 175.

⁸ Una familia de patentes triádicas se refiere a registros iguales en las oficinas de patentes de Europa, EEUU y Japón. Estas estadísticas se pueden encontrar en la OCDE y el Rathenau Instituut de Países bajos.

En España la situación es similar. La Figura 2 reproduce parte de un documento del Gobierno de España⁹ en el que se indica que el 2% de la publicaciones españolas están en el 1% más citado, lo que sería un éxito muy alto si tomamos como referencia el 1% del mundo. Pero en la Figura 1, en los cálculos de la CE, el porcentaje que corresponde a España es el 0,75%. Evidentemente, los cálculos del indicador y las conclusiones del Gobierno de España son erróneos, probablemente originados al contabilizar mal los trabajos en colaboración¹⁰, con consecuencias muy negativas en la política científica española, como se explica más adelante.

1.5.- LA FALSA PARADOJA EUROPEA

Uno de los ejemplos más ilustrativos de cómo una mala medida de la ciencia puede deteriorar la política científica es la invención de la Paradoja Europea. En 1995 la CE llegó a la conclusión de que la UE tenía un problema con las innovaciones porque existía una Paradoja Europea. Según esta paradoja, la excelencia de la investigación no se convertía en un éxito innovador equivalente porque los logros científicos no se trasladaban adecuadamente al sector productivo¹¹. Si se asume esta conjetura, el objetivo de la política científica tiene que estar más enfocado a mejorar la transferencia que a mejorar la investigación, a la que ya se considera excelente. Lamentablemente, la Paradoja Europea parte del hecho rotundamente falso de la excelencia de la investigación en la UE en comparación con la investigación en EEUU.

La conjetura original de la excelencia científica en la UE que llevó a la propuesta de la Paradoja Europea se basó en el número de publicaciones. Aunque ya en 1995 el uso de un parámetro tan

9 Gobierno de España, Ministerio de Ciencia e Innovación 2021. Celebramos la ciencia. Semana de la Ciencia y la Innovación, Noviembre de 2021.

10 Esta discrepancia no se debe a un intento deliberado de engañar sino a un error en el cálculo del parámetro, ver Rodríguez-Navarro, A., *Cómo medir el éxito científico. Los errores de España*. 2022, Aula Magna.

11 European-Commission, *Green Paper on Innovation*, 1995, http://europa.eu/documents/comm/green_papers/pdf/com95_688_en.pdf

inadecuado para evaluar la ciencia era un error manifiesto, hasta 2006 no hubo una refutación académica de la Paradoja Europea. A partir de 2006 la contestación académica se hace numerosa¹², pero la CE se mantiene aferrada a su conjetura. Incluso se ignoran mensajes tan sencillos como la idea de que en un partido de fútbol contar las patadas al balón en lugar de los goles no sirve para averiguar quién gana el partido¹³: lo gana el equipo que consigue más goles, no el que da más patadas al balón. Aun así, en 2017, un supuesto *High Level Group* nombrado por la CE, que debería haber corregido el terrible error de la Paradoja Europea, inicia su informe repitiéndola enfáticamente (Figura 3):

Al mirar hacia el futuro de Europa en un mundo globalizado, es sorprendente el contraste entre la ventaja comparativa de Europa en la producción de conocimiento y su desventaja comparativa a la hora de convertir ese conocimiento en innovación y crecimiento (traducción del autor).

y crea un nuevo eslogan: “Europa es una potencia científica global”¹⁴. En este clima de supuesto éxito científico, hay que esperar hasta 2024 para que en un documento de la CE¹⁵ se cuestione el éxito proclamado durante 29 años, pero tímidamente.

12 No se incluye una discusión detallada de las publicaciones académicas que refutan la Paradoja Europea. Para una revisión bibliográfica extensa puede consultarse: Albarrán, P., Crespo, J. A., Ortuño, I., & Ruiz-Castillo, J., “A comparison of the scientific performance of the U. S. and the European Union at the turn of the 21 century”. *Scientometrics*, 85, 2010, 329-344; y Argyropoulou, M., Soderquist, K. E., & Iannou, G., “Getting out of the European Paradox trap: Making European research agile and challenge driven”. *European Management Journal*, 37, 2019, 1-5.

13 Rodríguez-Navarro, A. & Narin, F., “European paradox or delusion-Are European science and economy outdated?”, *Science and Public Policy*, 2018, 45, 14-23

14 European Commission, *LAB - FAB - APP. Investing in the European future we want. Report of the independent High Level Group on maximising the impact of EU Research & Innovation Programmes*, 2017, Publication Office of the European Union, Luxembourg.

15 European Commission (a), *Align, Act, Accelerate. Research, Technology and Innovation to boost European Competitiveness*. 2024, Publication Office of the European Union, Luxembourg. doi: 10.2777/0665965



Figura 3. La Paradoja Europea, reiteración en 2017

En toda esta discusión hay que tener en cuenta que la menor capacidad innovadora en la UE en el nivel disruptivo es una realidad que nadie cuestiona. El hecho relevante es que, en cualquier país, el número de innovaciones que se generan en el sector productivo no puede ser mayor que el número de logros que consigue la investigación. En otras palabras, si no se genera, no se transfiere. Esto no contradice la idea de que la capacidad de transferencia en la UE sea menor que en EEUU. Pero para explicar esta situación hay que considerar que la menor capacidad de transferir probablemente está asociada a la menor capacidad de producir, porque para atraer capital hay que ofrecer confianza en el éxito. Y no es solo capital, el sistema productivo tiene que estar preparado para transformar el avance científico en un producto comercial. La incorporación de la magneto-resistencia gigante en los discos duros de los ordenadores es un ejemplo de la complejidad de los procesos de transferencia¹⁶. Aunque el avance se produjo en Francia y Alemania, la transferencia se hizo en EEUU.

¹⁶ Dedrick, J. & Kraemer, K. L., "Who captures value from science-based innovations? The distribution of benefits from GMR in the hard disk drive industry", *Research Policy*, 2015, 44, 1615-1628.

II.- LAS MEDIDAS DE LA CIENCIA

Considerando el papel que la innovación tecnológica, biomédica y en otras áreas tiene para la economía y el bienestar de los países, es evidente que la política científica tiene que perseguir los mejores resultados posibles de la investigación. Pero esto no será posible si el resultado de la investigación no se mide correctamente, y lo descrito de Japón y la Paradoja Europea son ejemplos de medir mal la producción científica (Sección I.4).

Evaluar la actividad investigadora y determinar cuánto se contribuye al avance del conocimiento no es fácil. Por ejemplo, para conseguir un nuevo antibiótico que sea insensible a las resistencias que los patógenos han acumulado durante décadas. En el supuesto de que se consiga, además de la publicación final, se habrán producido decenas de publicaciones de menor relevancia (la ciencia normal descrita en la Sección I.3); en esas publicaciones, la pregunta sería: ¿quién aportó más? Y si aún no se ha tenido éxito: ¿qué país está contribuyendo más o tiene mayor probabilidad de conseguirlo? Estas preguntas se pueden hacer a un sin fin de objetivos científicos y, obviamente, los países que contribuyen menos y tienen menor probabilidad de éxito tendrían que modificar su política científica.

Contestar a estas preguntas es difícil porque, como ya se ha dicho, lo que hay que medir es intangible. Afortunadamente, para evaluar la ciencia se cuenta con la ventaja de su carácter incremental. Algo ya reconocido en una idea de Bernardo de Chartres que Isaac Newton popularizó con el aforismo: “si vi más lejos es porque me subí a los hombros de gigantes”.

II.1.- NÚMERO DE CITAS

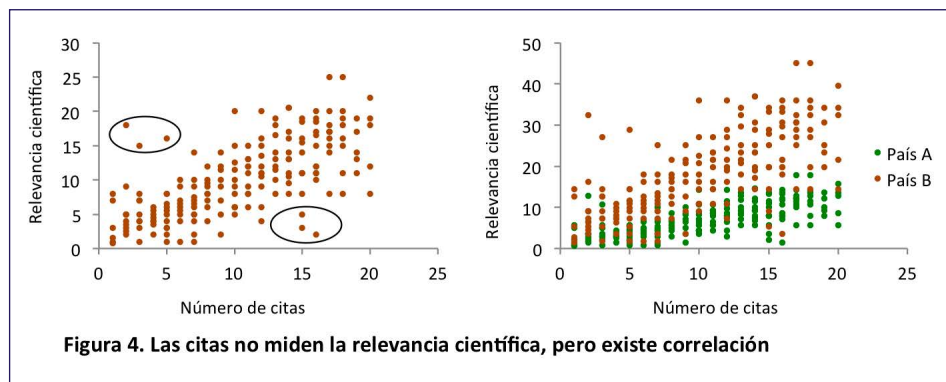
Debido al carácter incremental del progreso científico, todas las publicaciones científicas llevan anotaciones reconociendo las publicaciones previas que han servido de base para el estudio que se publica. Estas citas científicas han sido muy estudiadas, tanto en lo que concierne a su generación como a su uso para la evaluación

de la investigación. Robert King Merton, Derek John de Solla Price, Eugen Garfield y Francis Narin son algunos de los nombres más conocidos en esta área. La base más importante en el uso de las citas para evaluar la ciencia proviene de la idea de que los trabajos más importantes tienen más citas porque son los que han servido de base a un mayor número de trabajos posteriores. Esta conclusión es cierta, pero su aplicación práctica es difícil, y está plagada de desinformación, prejuicios y malentendidos.

El malentendido más común es que el número de citas mide la relevancia científica de una publicación, y esta es una idea que hay que erradicar. La relación entre el número de citas y la relevancia científica de una publicación se ha abordado en numerosas ocasiones. El procedimiento más sencillo es preguntar a investigadores maduros si sus publicaciones más importantes son las más citadas¹⁷ o hacerles la misma pregunta sobre sus colegas. La contestación casi universal es “sí, pero no siempre”. Con estas contestaciones y con otros trabajos con un diseño menos personal¹⁸, se llega a la conclusión de que existe una correlación alta entre el número de citas y la relevancia de una publicación, pero esta correlación no conlleva que el número de citas sirva para medir la relevancia de un trabajo científico concreto. Es válida para el estudio de poblaciones, por ejemplo, las publicaciones de un país, pero no para una publicación aislada.

17 Ioannidis, J. P. A., Boyack, K. W., Small, H., Sorensen, A. A., & Klavans, R., “Is your most cited work your best?”, *Nature*, 514, 2014, 561-562.

18 Rodríguez-Navarro, A., & Brito, R., “Like-for-like bibliometric substitutes for peer review: advantages and limits of indicators calculated from the e_p index”, *Research Evaluation*, 29, 2020, 215-230; Thelwall, M., Kousha, K., Stuart, E., Makita, M., Abdoli, M., Wilson, P., & Levitt, J., “In which fields are citations indicators of research quality?”, *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 74, 2023, 941-953.



Para ilustrar esto, el panel izquierdo de la Figura 4 muestra las publicaciones simuladas de un país o del mundo en una determinada materia (p. e., baterías de litio). Cada punto es una publicación, que tiene un determinado número de citas y una supuesta relevancia científica. La correlación es evidente, los dos parámetros aumentan simultáneamente, pero muchos puntos están muy alejados de lo que indican la mayoría. Por ejemplo, las tres publicaciones marcadas en la parte superior izquierda tendrían mucha más relevancia que la que se podría suponer por el número de citas. Por el contrario, las tres publicaciones de la parte inferior derecha tendrían mucha menos relevancia que la que se podría deducir de su número de citas.

El panel derecho de la Figura 4 muestra lo mismo que el panel izquierdo pero para dos supuestos países. Aunque hay muchas publicaciones que se mezclan, de los datos del panel es fácil concluir que el País B tiene mayor éxito científico que el País A. Si se tratara de un caso real, varias pruebas estadísticas permitirían comparar las dos poblaciones y caracterizarlas con parámetros adecuados.

La conclusión práctica de lo expuesto es que una publicación no puede evaluarse por el número de citas. Como hacerlo es una práctica habitual, hay que advertir que esa práctica es formalmente inadmisibile. Los números de citas sirven para evaluar muchas publicaciones.

Un asunto algo distinto es la evaluación de investigadores. Si se trata de un investigador maduro con un número relativamente alto

de publicaciones, quizás 50 o más, podría pensarse que se trata de una población de publicaciones suficientemente alta, pero hay un problema formal porque no son publicaciones independientes y, por ello, la idea de que se trata de una población de publicaciones suficientemente grande también tiene que rechazarse por razones formales. Por principio, a los investigadores solo los deben evaluar quienes conozcan su tema de trabajo y puedan juzgar lo que han aportado.

II.2.- SINGULARIDADES DEL NÚMERO DE CITAS

Lo explicado en la sección anterior se refiere a un caso ideal en una materia determinada (p. e., baterías de litio), pero si se trata de evaluar a una institución o un país, la situación es más compleja. En primer lugar incluirá muchas materias y, además, la investigación puede estar enfocada a innovaciones incrementales o disruptivas. A esto hay que añadir la dinámica de citas. Lamentablemente, numerosas evaluaciones ignoran estos problemas y conducen a conclusiones inadecuadas.

La primera observación es que cada campo científico tiene su propia pauta de citas y el número varía ampliamente entre campos; por ejemplo, los números de citas que reciben las publicaciones en matemáticas son muy inferiores que las que reciben las publicaciones en biología molecular. Esta es una característica que origina pocos errores porque la tienen en cuenta las instituciones serias que producen clasificaciones de instituciones o países. Por ejemplo, en 2024, el conocido Leiden Ranking clasifica la publicaciones en 4234 micro-campos.

El segundo aspecto que determina el número de citas es la orientación de la investigación, dependiendo de si se dirige a impulsar la frontera del conocimiento o a innovaciones incrementales. En este último caso, la frecuencia de citas es mucho más baja. Este problema causa numerosas evaluaciones incorrectas y por su complejidad se describe en una parte específica aplicada a casos concretos (Sección III.2).

La última dificultad en el uso del número de citas es temporal: ¿cuándo se cuentan? Por ejemplo, para una publicación de 2010, las citas se

pueden contar al año siguiente, 10 años más tarde o en todos los años hasta el del estudio. Esta selección de la ventana de años para contar las citas tiene importancia por la dinámica con la que se producen. En muchas publicaciones, un número de citas casi estable se inicia dos o tres años después de la publicación y disminuye algunos años después. Pero en algunos casos la dinámica puede ser mucho más complicada, y el número de citas puede ser muy bajo incluso durante décadas. Estos casos se han denominado “bellos durmientes”¹⁹ y en algunos casos concretos son anomalías de muy baja frecuencia que no afectan a la práctica de las evaluaciones generales por citas de una institución o un país.

Más preocupante es cuando se pretende la evaluación específica de las publicaciones disruptivas. En estas publicaciones, un retraso de cuatro o cinco años, o incluso más de diez, es relativamente frecuente y tiene transcendencia en las evaluaciones²⁰. Si la evaluación se dirige a las publicaciones disruptivas, no solo hay que seleccionar las publicaciones muy citadas, también hay que seleccionar la ventana de años en la que se contabilizan las citas, que tiene que estar alejada del año de publicación. Si no se hace así, las publicaciones contabilizadas podrían ser muchas menos de las que tendrían que haber sido.

Un ejemplo de evaluaciones que ignoran la dinámica descrita es un estudio realizado en 2023 por el *Australian Strategic Policy Institute*²¹ dirigido a averiguar quién es líder en la carrera tecnológica en el nivel de descubrimientos importantes. Como el estudio se realiza con las publicaciones en 2018–2022 y se publica en 2023, la ventana de citas es tan estrecha que con seguridad ignorará muchas publicaciones importantes. Muchos estudios tienen ventanas de citas similares, pero carecen de importancia si lo que se evalúa es la ciencia “normal” (Parte I.3). Por ejemplo, el histograma de a Figura 1 del Informe de la CE corresponde a las publicaciones en 2020 con una ventana de citas en 2021 y 2022.

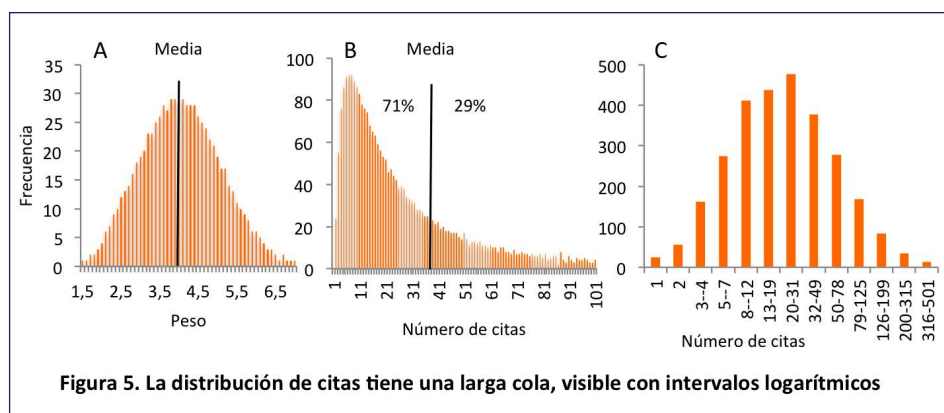
19 van Raan, A. F. J., “Sleeping beauties in science”, *Scientometrics*, 59, 2004, 467-472.

20 Wang, J., Veugelers, R., & Stephan, P., “Bias against novelty in science: A cautionary tale for users of bibliometric indicators”, *Research Policy*, 46, 2017, 1416-1436.

21 Gaida, J., Wong-Leung, J., Robin, S., & Cave, D., “ASPI’s Critical Technology Tracker. The global race for future power”, The Australian Strategic Policy Institute, Barton, 2023.

II.3.- DISTRIBUCIÓN DE LAS CITAS

Muchos errores en el uso de las citas para evaluar la ciencia provienen de las singularidades descritas en la sección anterior, pero otros muchos se producen por desconocer cómo se distribuyen las citas y dónde hay que buscar lo que interesa. El mayor error proviene de desconocer que las citas no se distribuyen alrededor de un valor central, la media, como ocurre en muchos casos que son comunes en la vida cotidiana. El Panel A de la Figura 5 simula una distribución a la que se asemejan las distribuciones de muchas cosas de las que vemos en la vida cotidiana, por ejemplo, el peso de los niños al nacer. Estas distribuciones son aproximadamente normales y los casos se distribuyen casi simétricamente a la derecha e izquierda de la media. En estas distribuciones también ocurre una disminución muy rápida de las frecuencias cuando nos alejamos de la media. Por ello, los casos extraordinarios corresponden a dos o tres veces el valor de la media; por ejemplo, el peso de los niños que al nacer pesan más de seis kilogramos con referencia a una media de tres.



Nada de lo descrito se parece a la distribución de citas. El Panel B de la Figura 5 muestra el modelo de la distribución de las citas de las publicaciones sobre una determinada materia; por ejemplo, las publicaciones sobre baterías de litio en un año o en una serie de

años (más adelante se explican las desviaciones del modelo). La característica más notable de estas distribuciones es que la media no está en el centro de la distribución y deja, aproximadamente, al 70% de las publicaciones a la izquierda de la media y al 30% a la derecha. Además, la cola de la derecha es muy larga y la publicaciones disruptivas están muy lejos de la media de citas; al menos, diez veces la media, y podrían ser cien veces la media. Para ilustrar las diferencias se puede poner el ejemplo de que ningún pediatra estaría interesado en estudiar los recién nacidos con peso superior a 30 kilogramos, porque no tendría casos que estudiar.

Las publicaciones disruptivas están tan alejadas de la media que para poder estudiarlas gráficamente hay que recurrir a representar las citas con intervalos logarítmicos, como se muestra en el Panel C de la Figura 5 (es la misma población que en B). En la Sección 1.3 se introdujo la diferencia entre los resultados de la investigación que se puede denominar “normal” y los resultados “excepcionales” o “disruptivos”. Merece la pena insistir en que todas las publicaciones del Panel B de la Figura 5 serían publicaciones “normales” (máximo de 100 citas para una media de 37).

II.4.- UN PROCEDIMIENTO PARA ESTUDIAR LOS RESULTADOS DISRUPTIVOS

Las publicaciones que pueden considerarse disruptivas están investigadas desde puntos de vista científico²² y de patentes²³, y son las más citadas, en una proporción aproximada del 0,01% del total de publicaciones. Esta proporción tan baja es muy difícil de investigar con las aproximaciones estadísticas normales. En el Panel B de la Figura 5, el 0,01% más citado supondría alrededor de 500 citas, muy alejado de lo que se ve en la figura, justo en el último intervalo logarítmico del Panel C.

22 Bornmann, L., Ye, A., & Ye, F., “Identifying landmark publications in the long run using field-normalized citation data”, *Journal of Documentation*, 74, 2018, 278-288.

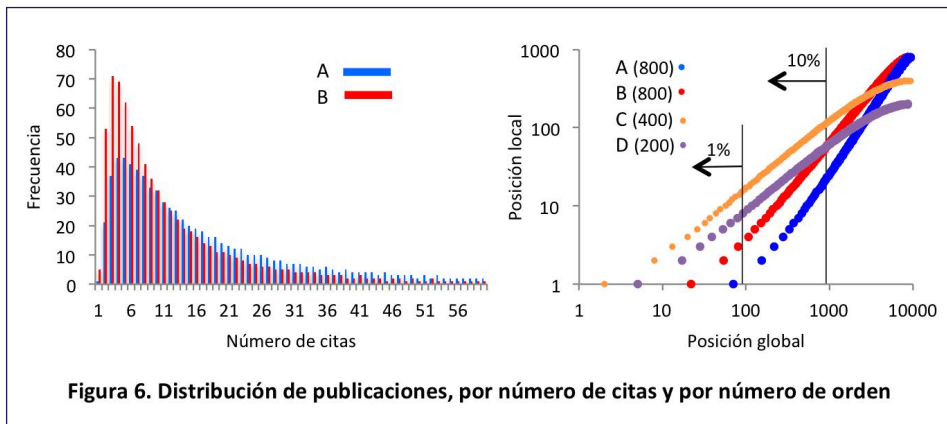
23 Poege, F., Harhoff, D., Gaessler, F., & Baruffaldi, S., “Science quality and the value of inventions”, *Science Advances*, 5, 2019, eaay7323.

Para abordar un estudio de las publicaciones descritas, en el extremo de la cola de la derecha en la distribución de citas, es conveniente utilizar un método estadístico diferente del número de citas. El mejor es un método no paramétrico muy sencillo que se usa extensivamente en la vida cotidiana: la posición en una clasificación. Supongamos una carrera ciclista. Una vez terminada, hay una clasificación general donde figuran todos los ciclistas con sus posiciones y tiempos invertidos. Si queremos estudiar el éxito de cada equipo de ciclistas, se puede utilizar el tiempo de cada uno, y eso sería una aproximación paramétrica, equivalente al uso del número de citas, pero también puede utilizarse la posición de cada ciclista de un equipo en la clasificación general. En este caso, cada ciclista tendría dos números: en el equipo y en la clasificación general. Por ejemplo, en un equipo, el mejor clasificado tendría el 1 en su equipo y, por ejemplo, el 15 en la clasificación general; el segundo clasificado tendría el 2 de su equipo y, por ejemplo, el 33 en la clasificación general. Y así sucesivamente.

En el caso de las publicaciones científicas es lo mismo. Si ordenamos todas las publicaciones en el mundo en una determinada materia atendiendo al número de citas, asignando el número 1 a la más citada, cada publicación de un país tiene dos números, el que corresponde a la clasificación en el mundo y el que le corresponde dentro del mismo país. La Figura 6 presenta las dos representaciones posibles, el histograma en la izquierda es como en la Figura 5, en cambio, a la derecha, cada punto es una publicación que queda localizada en el gráfico por su posición en la clasificación general y en la clasificación local, igual que los ciclistas del párrafo anterior. Como la variación de las posiciones es muy grande, de 1 a 1000 y de 1 a 10,000, se usa una representación logarítmica; en otro caso, los puntos con valores pequeños, que son los que más interesan, no se distinguirían.

Si la investigación disruptiva se corresponde con las publicaciones infrecuentes que tienen un número de citas excepcionalmente alto, es evidente que la representación de la derecha es la más conveniente. En este gráfico es muy sencillo comparar dos países simulados, A y B, atendiendo a sus publicaciones más citadas, teniendo en cuenta que las publicaciones más citadas son las que tienen los números más bajos (izquierda en el gráfico). Como en el ejemplo de los ciclistas, si un país tiene cuatro publicaciones entre las diez primeras del mundo,

este país tiene más éxito que el que tiene dos o no tiene ninguna. En la comparación de la Figura 6, la superioridad del país A con respecto al B es evidente en el histograma de la izquierda, pero más evidente en la gráfica de la derecha, donde se ve la posición de cada publicación más citada; muchas de las cuales quedan fuera del histograma de la izquierda.



Notablemente, tener éxito depende del tamaño y de la eficiencia. Cuanto mayor sea el número total de publicaciones, más alto estará el extremo de la derecha, y, con la misma pendiente, se alcanzarán posiciones mejores en la izquierda. Similarmente, para igual tamaño, igual posición en el extremo derecho, con menos pendiente, se alcanzarán mejores posiciones a la izquierda. Para ilustrar todo esto, en el panel de la derecha de la Figura 6 se han simulado dos países adicionales C y D que no se han incluido en el histograma de la izquierda. C y D publican mucho menos que A y B (las publicaciones simuladas son: A y B, 800; C y D, 400 y 200, respectivamente) y se han simulado más eficientes que A y B (pendientes más bajas). Por ello, con muchas menos publicaciones alcanzan mejores posiciones globales (números más bajos).

II.5.- EVALUACIÓN POR PERCENTILES

Numerosas instituciones publican evaluaciones basadas en el número de trabajos que están situados en percentiles superiores; por ejemplo, 10% o 1%. El método es el de la Figura 6. Se ordenan todas las publicaciones en el mundo por el número de citas, se toma un percentil superior (p.e. el 10%) y se cuenta el número de publicaciones de cada país en ese percentil. Para aplicar gráficamente este método, en el panel de la derecha de la Figura 6, se trazan perpendiculares al eje de abscisas en los percentiles elegidos. Por ejemplo, si queremos usar el 10% o 1% y hay 90.000 publicaciones, trazaríamos la perpendicular en los puntos 9000 o 900. Una vez trazadas las perpendiculares en estos valores, se busca la intersección con los puntos del país o institución que se está evaluando y se cuentan los puntos que quedan a la izquierda de la perpendicular que hemos trazado. O, simplemente, miramos el número de la posición local hasta el número determinado de la clasificación general.

El método de percentiles es muy usado, pero con percentiles muy alejados de las publicaciones disruptivas, por ejemplo, se usa el 10%, pero los trabajos disruptivos están en el 0,01% descrito antes. Aunque hay estudios que usan el percentil del 10% para comparar países por la excelencia de su investigación²⁴, lo cierto es que a este nivel el tamaño tiene un peso muy alto. Por ejemplo, en el panel de la derecha de la Figura 6, los países simulados B y D coinciden en el 10% más citado (línea vertical en la figura), en ambos casos es 60, pero D tiene de un total de 200 publicaciones simuladas mientras que B tiene 800. B es cuatro veces mayor que D y, como ya se ha explicado, el tamaño tiene gran influencia, pero siempre en conexión con la eficiencia (pendiente de la línea de puntos). Como ya veremos, China y la UE tiene más publicaciones que EEUU, pero EEUU es más eficiente y, como consecuencia, tiene mejor ciencia disruptiva.

24 Bornmann, L., & Marx, W., "How good is research really. Measuring the citation impact of publications with percentiles increases correct assessments and fair comparisons", *EMBO Reports*, 14, 2013, 226-230.

Para corregir el problema del tamaño y obtener una medida independiente del tamaño, muchas instituciones dividen el número de publicaciones en los percentiles por el total de publicaciones y lo expresan como tanto por ciento. Esto es lo que se representa en el panel de la derecha de la Figura 1. En los ejemplos B y D de la Figura 6, para el 10% superior, dividiríamos 60 por 800 y por 200, obteniendo 7,5% para B y 30% para D. Estos resultados indican que D es mucho mejor que B, pero esto varía con el percentil. Para el percentil del 1%, los resultados serían 0.4% para B y 3,5% para D. Pero esto no es tan sencillo, porque en muchos casos reales las distribuciones son más complejas que las de las Figuras 5 y 6 (Sección III.2). Debido a esta complejidad, el uso de estos parámetros no es aconsejable sin cerciorarse previamente de que las distribuciones de citas de los países o instituciones evaluadas no introducen distorsiones.

El uso de percentiles supuso un paso hacia delante en las evaluaciones de la investigación, pero también ha sido el origen de errores notorios. La representación gráfica del panel de la derecha de la Figura 6 es mucho más informativa, contiene todas las publicaciones y además de tener una alta resolución en los trabajos más citados, permite ver la tendencia en el conjunto de las publicaciones y comparar sistemas distintos. El desarrollo de indicadores numéricos tiene que reflejar lo que se ve en la representación gráfica.

II.6.- CONTEOS FRACCIONARIOS

Una característica muy notable de la investigación actual es un alto grado de colaboraciones entre instituciones y entre países. Al margen de un alto número de implicaciones de índole muy diversa, que han recibido extenso tratamiento²⁵, estas colaboraciones complican la medida de la ciencia. Si cada publicación con varios países (o instituciones) se asigna enteramente a cada país colaborador, el número de publicaciones que resulta de sumar las publicaciones por países es mucho mayor que el número total de publicaciones globales. Este problema se puede

25 Olechnicka, A., Ploszaj, A., & Celinska-Janpawicz, D., *The Geography of Scientific Collaboration*, Routledge, Oxford and New York, 2019.

resolver de varias formas²⁶, pero la más habitual es hacer un conteo fraccionario, asignando a cada país o institución la fracción de uno que le corresponda. Por ejemplo, una publicación en el 1% superior con cuatro países, en cada país cuenta 0.25.

II.7.- LA INVESTIGACIÓN SE REALIZA EN SISTEMAS COMPLEJOS

En la Figura 6, con escalas logarítmicas, cuando los puntos están en línea recta, la ecuación que describe el comportamiento se conoce como ley de potencias (tiene la forma $y = A \cdot x^a$)²⁷. El hecho de que en representaciones como las de la Figura 6 las posiciones de todas las publicaciones de un país en una cierta materia puedan explicarse matemáticamente indica que la investigación se produce en un sistema complejo que funciona como un conjunto. En el caso de los ciclistas que se usó anteriormente para explicar la representación de la Figura 6, si se miran muchos equipos, el orden de los ciclistas en la clasificación general con referencia a la clasificación en el equipo será aleatorio y no se encontrará un tipo de ecuación matemática que sirva para todos los equipos. Los equipos de ciclistas son algo más que los ciclistas aislados, porque se ayudan entre ellos, pero no llegan a ser un sistema complejo en el que la posición de todos los ciclistas se pueda describir con una ecuación matemática.

Que la investigación de un país se comporte como un sistema complejo tiene una enseñanza importante para la política científica: para incrementar las publicaciones disruptivas o se aumenta el

²⁶ Rodríguez Navarro, A., *Cómo medir el éxito científico. Los errores de España*. Aula Magna, Sevilla, 2022.

²⁷ Para los fines de este artículo, la descripción matemática no es necesaria. Las desviaciones de la línea recta que son muy aparentes en los países simulados C y D se deben a que, para mayor claridad, se han simulado dos países que serían mucho más eficientes que el conjunto global. En el mundo real estas desviaciones aparecen en universidades muy prestigiosas como la de Harvard o Stanford. Los detalles superan los objetivos de este artículo y se pueden encontrar en Rodríguez-Navarro, A., & Brito, R., "Double rank analysis for research assessment", *Journal of Informetrics*, 12, 2018, 31-41. Rodríguez-Navarro, A., "Uncertain research country rankings. Should we continue producing uncertain rankings?" 2024, manuscrito disponible en <https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.17560>. Rodríguez-Navarro, A., "Citation distributions and research evaluations: The impossibility of formulating a universal indicator", *Journal of Data and Information Science*, 9, 2024, 1-25.

tamaño del sistema o se mejora su eficiencia. Probablemente lo segundo tendrá menor coste económico que lo primero. Pero para mejorar la eficiencia de un sistema, lo primero es analizar cuál es la causa de la menor eficiencia. Si no se hace esto, se pueden cometer serios errores. Por ejemplo, en España se insiste en incorporar a investigadores prestigiosos, pero la pregunta que surge es ¿los que están no lo son?, y si no lo son, ¿lo habrían sido si hubieran trabajado en otros países? Porque si no se contesta a esas preguntas se corre el riesgo de que las incorporaciones no resuelvan la baja eficiencia.

II.8.- LA EXPLOSIÓN DE LOS INDICADORES

La evaluación de la investigación utilizando indicadores basados en el número de citas ha sido un tema atractivo para muchos investigadores, lo que produjo una explosión de indicadores en los primeros años de este siglo²⁸. Lamentablemente, casi ninguno de esos indicadores ha sido validado. Aunque un análisis de esta historia queda fuera de los objetivos de este artículo, algunas de estas prácticas evaluadoras se han hecho muy populares y merecen algún comentario.

II.8.A.- ÍNDICE h Y VARIANTES

El índice h y sus derivados²⁹ tienen una presencia universal. Estos índices son híbridos entre una aproximación paramétrica, número de citas, y una no paramétrica, basada en la posición de las publicaciones ordenadas por el número de citas de mayor a menor, como ya se ha explicado. El índice h es el más sencillo y corresponde a la igualdad de los dos valores: números de orden y de citas. La primera objeción es que se propuso para evaluar investigadores y para esos fines no debería usarse (Sección II.1). Además es matemáticamente inconsistente. Por ejemplo, imaginemos un país o una institución que se evalúa y

28 van Noorden, R., "A produsion of measures", *Nature*, 465, 2010, 864-866.

29 Bornmann, L., Mutz, R., & Daniel, H.-D., "Are there better indices for evaluation purposes than the h index? A comparison of nine variants of the h index using data from biomedicine", *Journal of the American Society for information Science and Technology*, 59,2008, 830-837.

su índice h es A . Si ahora imaginamos un país o una institución que es idéntica y dos o tres veces mayor, su indicador tendría que ser $2A$ o $3A$, pero no es así. El índice h será mayor, pero sin tener ninguna proporción conocida con respecto al original valor de A . Esto depende de numerosas circunstancias³⁰.

II.8.B.- LOS FACTORES DE IMPACTO

El factor de impacto de una revista en un año determinado es la media de citas en ese año de sus publicaciones en los dos años anteriores³¹. En ocasiones, en lugar de los factores de impacto, se utiliza la posición de la revista implicada en los listados del *Journal Citation Reports* (JCR; originalmente del *Institute of Scientific Information* y actualmente de *Clarivate Analytics*), donde las revistas están ordenadas de mayor a menor factor de impacto. Por ejemplo, se distingue entre primer y segundo cuartil o tercil, y dentro del mismo cuartil o tercil, todas las revistas tienen el mismo valor. Cuando se evalúa utilizando los factores de impacto, todas las publicaciones en una revista tiene el valor asignado a esa revista según su factor de impacto. CiteScore y otros indicadores son equivalentes al factor de impacto³².

En la Sección II.1 ya se indica que el formalismo matemático impide evaluar una publicación por su número de citas. Incluso suponiendo que el número de citas midiera la relevancia de una publicación científica, el uso del factor de impacto también sería injusto porque dos revistas con diferentes factores de impacto comparten un sin fin de artículos que tienen el mismo número de citas. Ese solape se ve claramente en el panel de la izquierda de la Figura 6. Por ello, evaluando por el número de citas (el factor de impacto se basa en las citas), si suponemos que las publicaciones A y B en dos revistas

30 Brito, R., & Rodríguez-Navarro, A., "The inconsistency of h -index: A mathematical analysis", *Journal of Informetrics*, 15, 2021, article 101106.

31 Archambault, E., & Larivière, V., "History of the journal impact factor: Contingencies and consequences", *Scientometrics*, 79, 2009, 635-649.

32 Roldan-Valdez, E., Salazar-Ruiz, S.Y., Ibarra-Contreras, R., & Rios, C., "Current concept on bibliometrics: a brief review about impact factor, Eigenfactor score, CiteScore, SCImago Journal Rank, Source-Normalized Impact per paper, H -index, and alternative metrics", *Irish Journal of Medical Science*, 188, 2019, 939-951

diferentes tienen el mismo número de citas, la única valoración posible es que las dos publicaciones tienen igual valor. Pero si las revistas respectivas tienen diferentes factores de impacto, motivar que una de ellas tiene más valor que la otra en función de este hecho es una motivación arbitraria porque es contraria a la base de la evaluación. Además de esto, el factor de impacto se calcula contando las citas de forma tan inmediata que se excluyen muchas de las publicaciones más disruptivas.

II.8.C.- INVESTIGADORES ALTAMENTE CITADOS

Un tipo bastante común es la evaluación de países o instituciones basándose en el número de investigadores muy citados. Existen varias formas de seleccionar a estos investigadores y esta selección puede ser problemática³³. Estadísticamente, no hay objeciones, pero con los listados de investigadores muy citados que actualmente existen³⁴, lo que se obtiene no alcanza el nivel de la investigación disruptiva.

II.8.D.- CLASIFICACIONES DE UNIVERSIDADES

Desde hace unos 25 años han venido apareciendo una diversidad de clasificaciones de universidades, basadas en un conjunto de indicadores de varios tipos. Al margen de lo que estas clasificaciones puedan revelar sobre el nivel general de cada universidad, en todos los casos, el procedimiento que siguen para evaluar la investigación carece de rigor y estas clasificaciones de universidades no deben usarse para juzgar la actividad investigadora, y mucho menos en el nivel de ciencia disruptiva.

Atendiendo a la investigación, el Leiden Ranking representa el mayor y más riguroso esfuerzo en el análisis de la producción científica de las universidades, que basa su análisis de 4234 microcampos. Sus parámetros $PP_{top\ x\%}$, que se usan para clasificar a las universidades, no

33 Frietsch, R., Gruber, S., & Bornmann, L., "The definition of highly cited researchers: the effect of different approaches on the empirical outcome", *Scientometrics*, 130, 2025, 881-907.

34 Rodríguez-Navarro, A., & Brito, R., "Research assessment based on the number of top researchers", *Journal of Scientometric Research*, 11, 2022, 286-294.

son adecuados, pero eso se puede corregir con un mínimo esfuerzo, ya que los datos son de acceso libre y se pueden usar para obtener indicadores más adecuados³⁵.

III.- LA UE Y SU ESTANCAMIENTO CIENTÍFICO

El Informe Draghi³⁶ acierta cuando explica que la investigación en la UE “está insuficientemente dirigida a la innovación disruptiva”. El contenido de este mensaje es lo contrario de la Paradoja Europea (Sección I.5.), que asume la existencia de una ciencia disruptiva que no se transfiere. El déficit de la UE en innovaciones disruptivas no está en duda, y este mensaje es permanente en la CE³⁷. El error de la Paradoja Europea proviene de suponer que la generación de conocimientos es buena, lo que lleva a concluir que lo que falla es la transferencia de conocimientos. Aunque esto ya está explicado, por su repercusión en la economía de la UE, merece la pena insistir en el análisis de los errores.

No hay dudas sobre el hecho de que tanto en el conjunto de la UE como en los países miembros, la habilidad o capacidad para trasladar la investigación disruptiva al sector productivo y comercial es mucho más baja que en EEUU. Lo que no es cierto es que la investigación en la UE consiga tanta ciencia disruptiva como EEUU. En estas condiciones hay que insistir en dos hechos: (i) lo que no se genera

35 Rodríguez-Navarro, A., “Uncertain research country rankings. Should we continue producing uncertain rankings?” 2024, manuscrito disponible en <https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.17560>

36 Draghi, M., *The Future of European Competitiveness. Part A: A competitiveness strategy for Europe*. 2024, https://commission.europa.eu/document/download/97e481fd-2dc3-412d-be4c-f152a8232961_en

37 Por ejemplo, en una comunicación de la CE al Parlamento, al Consejo Europeo y a diversos comités se dice: “*But Europe needs to do better at generating disruptive and breakthrough innovations*”, y a continuación se explica la diferencia entre innovaciones incrementales y disruptivas: European Commission, Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, The Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. *A renewed European Agenda for Research and Innovation - Europe's chance to shape its future*, 2018, COM(2018) 306 final

no se puede transferir y (ii) cuando se genera poco, la transferencia está poco desarrollada.

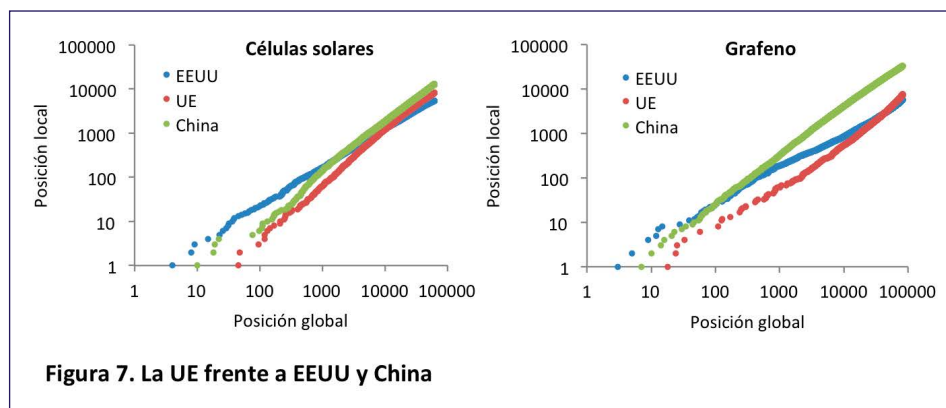
Los continuos errores de la CE en la evaluación de la ciencia disruptiva provienen de evaluar con los percentiles del 10% o 1% superior, cuando el nivel disruptivo se sitúa en el 0,01% (Sección II.4). Por ello, merece la pena repetir los aforismos de Peter Drucker: “no se puede gestionar lo que no se sabe medir” y “lo que no se sabe medir no se puede mejorar” (Sección I.4). Hasta que la CE no aprenda a evaluar la ciencia disruptiva y desarrolle políticas científicas adecuadas para resolver las carencias actuales, la UE no podrá competir con EEUU o con China en innovaciones disruptivas, porque no genera suficiente ciencia disruptiva.

III.1.- CIENCIA DISRUPTIVA EN SECTORES CLAVE

El análisis de la ciencia disruptiva en la UE cuenta con la dificultad de la carencia de estudios extensos realizados con medidas adecuadas. Hasta ahora, los análisis más rigurosos sobre la investigación en la UE y sobre la Paradoja Europea se han realizado por investigadores individuales con limitaciones técnicas en la obtención y análisis de datos. La CE, con muchos más recursos, nunca ha medido los avances científicos disruptivos, y los resultados académicos muestran que la UE está notablemente por detrás de la EEUU y de China en el desarrollo de estos tipos de avances en los sectores tecnológicos clave. La Figura 7³⁸ muestra las posiciones de los artículos publicados en células solares y en grafeno en EEUU, la UE y China usando el procedimiento explicado en la Sección II.4. El análisis de los gráficos de estas figuras son ilustrativos. Recordemos que las posiciones de las publicaciones del país empiezan con el 1 en la escala vertical, por ello, la posición de la última publicación es igual al número total de publicaciones. En la escala horizontal es igual, el último número de orden es igual al número de publicaciones en el mundo. Atendiendo a esto, la primera

38 Trabajos domésticos, sin colaboraciones externas; la ventana de publicaciones es 2014–2017 y la ventana de citas 2019–2022. Otros detalles se pueden encontrar en Rodríguez-Navarro, A., “Citation distributions and research evaluations: The impossibility of formulating a universal indicator”, *Journal of Data and Information Science*, 9, 2024, 1-25

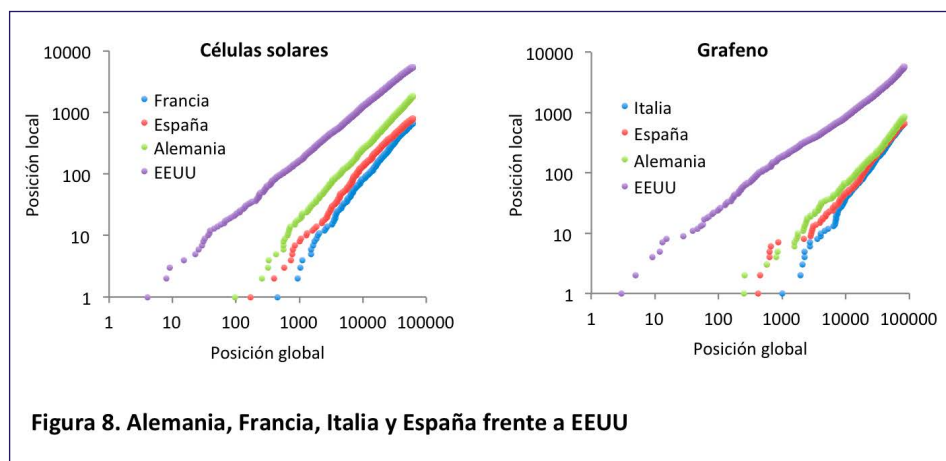
observación es que tanto en células solares como en grafeno, China es quien más publica, después la UE y EEUU es quien menos publica.



Si ahora nos fijamos en las posiciones globales de las primeras publicaciones locales (eje vertical) de los tres competidores, EEUU es quien logra las mejores posiciones globales (eje horizontal), porque la línea de sus publicaciones es la menos inclinada (Sección II.5). La comparación de China y la UE se resuelve a favor de China debido a su mayor número de publicaciones.

No se puede asegurar que siempre las publicaciones con los números más bajos en la clasificación global sean publicaciones altamente disruptivas. Unos años pueden serlo y quizás en otros no, porque no todos los años se producen publicaciones altamente disruptivas. Además, hay que tener en cuenta que las citas correlacionan, pero no miden, la relevancia científica (Sección II.1). Por ello, una evaluación rigurosa tiene que considerar el conjunto de todas las publicaciones, en el mundo y en el país. La evaluación no puede basarse en una o dos publicaciones aisladas del conjunto. Las conclusiones que se obtienen de la Figura 7 se basan en miles de publicaciones.

Un análisis similar al de la Figura 7 puede hacerse con países y la Figura 8 presenta los resultados con los países grandes de la UE frente a EEUU. De nuevo, las publicaciones de estos países compiten mal con las de EEUU.



Aunque las Figuras 7 y 8 muestran solo dos tecnologías, células solares y grafeno, en otros temas tecnológicos y biomédicos, los resultados son similares. Por cuestión de espacio, las figuras solo muestran los trabajos domésticos, pero los trabajos de colaboraciones internacionales son similares y las colaboraciones con EEUU llevan a mayor éxito³⁹. En el caso de grafeno, merece la pena considerar que su investigación es una iniciativa estrella de la UE: el *"Graphene Flagship"*. Pero ni siquiera en este caso la investigación en la UE alcanza a la de EEUU. Tampoco alcanza a China, aunque en este caso se debe al tamaño, la eficiencia es parecida en ambos casos.

En conclusión, en la comparación de la UE con EEUU destaca que la UE publica más pero es menos eficiente. A esta conclusión también se llega contando el número de publicaciones y el de Premios Nobel⁴⁰. Si se divide el número de publicaciones por el número de Premios Nobel en Física, Química y Fisiología/Medicina, la ratio es cuatro veces más alta en la UE que en EEUU. Para un éxito similar hacen falta muchas más publicaciones.

39 Rodríguez-Navarro, A., "Countries pushing the boundaries of knowledge: the USA's dominance, China's rise, and the EU's stagnation", *Quality & Quantity*, publicación en avance 2025, <https://doi.org/10.1007/s11135-024-02044-z>.

40 Rodríguez-Navarro, A., "Measuring research excellence. Number of Nobel Prize achievements versus conventional bibliometric indicators", *Journal of Documentation*, 67, 2011, 582-600.

Con referencia a China, como la UE nunca será tan grande como China, para competir con China en innovaciones disruptivas, la UE tiene que mejorar mucho su investigación, lo que no está ocurriendo. En los últimos años, China ha crecido mucho en número de publicaciones y eficiencia, pero la UE está estancada.

III.2.- COMPLICACIONES CON LAS PUBLICACIONES POCO CITADAS

Para analizar los defectos de la investigación en la UE, o en otros países, hay que ampliar algo los conceptos sobre el análisis de citas descrito en la Sección II.1.

Ya se ha explicado que existen innovaciones incrementales y disruptivas, que aparecen de dos orientaciones diferentes de enfocar la investigación. En muchos objetivos tecnológicos probablemente todos los países realizan las dos orientaciones, pero en proporciones que pueden ser muy diferentes; lo que tiene gran importancia porque las publicaciones en las dos orientaciones tienen pautas de citas que son diferentes. Para poner un ejemplo se pueden utilizar los métodos de representación descritos en las Figuras 5C y 6, y una gran acumulación de publicaciones sin citas o con una o dos citas indica una proporción alta de innovaciones incrementales. En la Figura 9⁴¹ se presentan las distribuciones de citas de las publicaciones de India y Japón en la investigación en grafeno, como ejemplos de la complejidad de estas distribuciones cuando se aplican a países con diferentes modelos de investigación.

El panel de la izquierda de la Figura 9 pone de manifiesto que Japón tiene una mayor proporción de innovación incremental que India (muchas más publicaciones sin citas o con muy pocas). En el panel de la derecha de la Figura 9 se usa el método gráfico descrito para la Figura 6, y puede verse que, con menos publicaciones (el extremo de la derecha de la gráfica está más bajo; nótese que es escala logarítmica), Japón está por delante de India en publicaciones disruptivas (extremo

41 La figura muestra las publicaciones domésticas y está reproducida de Rodríguez-Navarro, A., "Citation distributions and research evaluations: The impossibility of formulating a universal indicator", *Journal of Data and Information Science*, 9, 2024, Fig. 3, p.33, con los títulos de los ejes traducidos. Publicaciones en los años 2014–2017, citas en los años 2019–2022

de la izquierda), y la pendiente de la línea que une los últimos puntos es menor. También puede observarse que la complejidad de los dos tipos de investigación produce desviaciones notables de una línea recta en la parte superior del gráfico, que son diferentes en los dos casos.

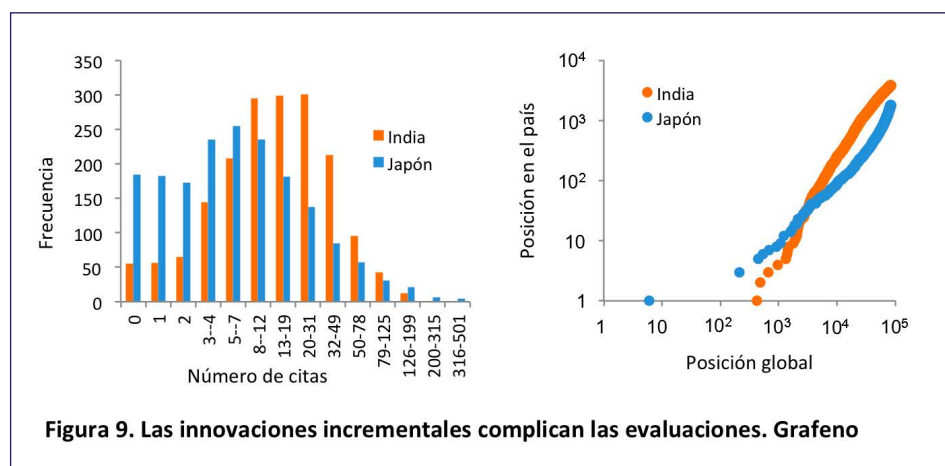


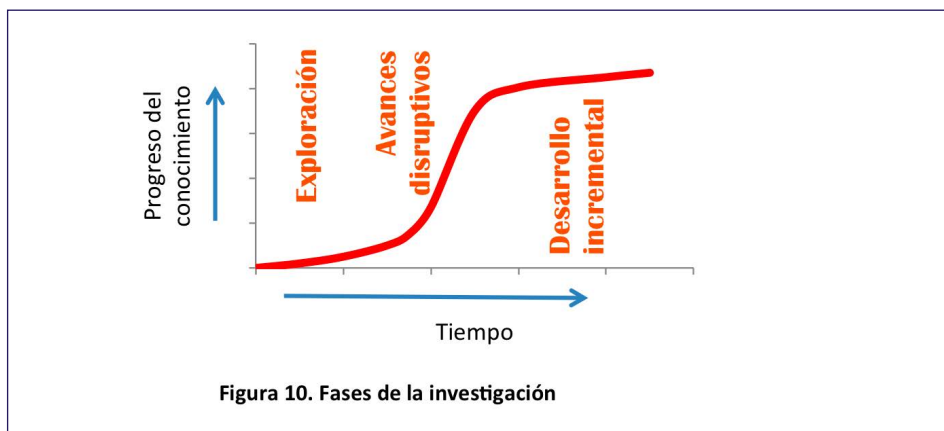
Figura 9. Las innovaciones incrementales complican las evaluaciones. Grafeno

Esta comparación pone de manifiesto que el análisis de citas es capaz de dar una gran información sobre la estructura de los sistemas de investigación y también que los análisis simplistas, como los que usa la CE (Figura 1), lo único que hacen es crear confusión. Sin conocer cómo funciona el sistema científico no se puede hacer una correcta política científica.

III.3.- LA FRONTERA DEL CONOCIMIENTO Y LA FASE EXPLORATORIA

En la Sección II ya se indicó que el desarrollo científico y tecnológico es incremental. Al margen de las innovaciones incrementales, la investigación que persigue el empuje de la frontera del conocimiento también es incremental y tiene dos fases que se pueden asemejar a los dos tipos de ciencia descritos por Thomas Kuhn (Sección I.3): normal y revolucionario. En general, los avances disruptivos aparecen con muy baja frecuencia en relación con la dimensión de la ciencia

normal, pero en unos países la proporción es más baja que en otros, y en los países en vías de desarrollo científico solo se da la ciencia normal. En la Figura 8, sorprende la desventaja de Alemania o Francia frente a EEUU, ya que Alemania y Francia, junto al Reino Unido, fueron los motores del progreso científico hace menos de un siglo.



Para analizar las raíces de este comportamiento hay que considerar una fase importante en la investigación científica: la exploración. La Figura 10⁴² representa las tres fases del proceso de investigación: exploración, avances y desarrollos incrementales (ciencia normal). En la fase de exploración se ensayan diferentes hipótesis y métodos para abordar el problema, y se publican pocos trabajos, que, muy probablemente, tendrán poca repercusión científica y pocas citas. Teniendo en cuenta estas tres fases, el comportamiento de Alemania, Francia, Italia y España se puede describir como excesivamente centrado en desarrollos incrementales. Lo que es equivalente a la frase de Mario Draghi algo modificada cuando define la investigación en la UE como “insuficientemente dirigida a avances disruptivos”. Aunque las razones para esto no se han investigado, la situación de la investigación en España ofrece alguna orientación.

42 Esta figura está tomada de una entrada de Rodríguez Navarro, A. en el blog *Nada es Gratis*, 2024, <https://nadaesgratis.es/admin/a-vueltas-de-nuevo-con-la-id>

III.4.- LECCIONES PARA LA UE

Los informes de Enrico Letta⁴³ y Mario Draghi⁴⁴ que se publicaron el año pasado ponen de manifiesto el éxito del mercado único, con libertad para el movimiento de personas, bienes, servicios y capital, pero ambos informes también ponen de manifiesto problemas con la innovación. El Informe Letta reclama una quinta libertad basada en la investigación, la innovación y la educación, y el Informe Draghi, como ya se ha comentado, reclama una investigación más dirigida a las innovaciones disruptivas.

En contra de la idea demostrada de que la UE tiene un problema con la investigación disruptiva, un sin fin de documentos de la CE durante 30 años han venido repitiendo la cantinela de la Paradoja Europea, o que la UE es líder mundial en ciencia o que es una potencia científica global⁴⁵. Esta es una idea errónea, y cuanto más tiempo se mantenga más difícil será corregirla.

Desde que se propuso la Paradoja Europea, los errores de la CE se deben a una mala medida de la ciencia. Como ya se ha dicho, el tamaño, medido como número de publicaciones, es importante, pero la eficiencia lo es aún más. Para igual eficiencia, el tamaño hace que las publicaciones disruptivas aparezcan con mayor frecuencia. Es una simple aplicación del concepto de probabilidad; con la misma probabilidad, si se juegan más veces, más veces se tiene premio. En investigación, un avance disruptivo es un hecho infrecuente de baja probabilidad, y hay sistemas de investigación que la tienen más alta o más baja dependiendo de su eficiencia.

Como las causas de una eficiencia limitada pueden ser muy diversas, sorprende el parecido de los países más grandes de la UE: Alemania,

43 Letta, E. 2024. *Much More than a Market. Speed, Security, Solidarity. Empowering the Single Market to deliver a sustainable future and prosperity for all EU Citizens* Council of the European Union. <https://www.consilium.europa.eu/>

44 Draghi, M., *The Future of European Competitiveness. Part A: A competitiveness strategy for Europe*. 2024, https://commission.europa.eu/document/download/97e481fd-2dc3-412d-be4c-f152a8232961_en

45 Una búsqueda en Internet con las frases "Europe is a world leader in science" o "Europe is a global scientific powerhouse" produce numerosos resultados y no solo de la CE, también de otras instituciones.

Francia, Italia y España en temas tecnológicos importantes. La Figura 8 muestra las publicaciones domésticas de estos países en células solares y grafeno, y pone de manifiesto que las diferencias en la eficiencia de estos países es pequeña.

El aforismo “EEUU inventa, China copia y la UE regula” está cambiando, porque actualmente China hace bastante más que copiar, y si la UE quiere competir tiene que mejorar la investigación. Desde un punto de vista económico, el objetivo final es la innovación disruptiva. Para llegar a ella hay que obtener conocimiento disruptivo y las Figuras 7 y 8 demuestran que la UE compite mal en eficiencia (pendiente de la línea que une los puntos), y hay que añadir que transfiere mal. Un estudio sobre los resultados de los proyectos financiados por el *European Research Council* (ERC)⁴⁶ demuestra esa ineficiencia para transferir (los autores lo confunden con la Paradoja Europea).

III.5.- COMPROMISOS CIENTÍFICOS INTERTERRITORIALES

Como ya se ha explicado, la obsesión de la CE con la Paradoja Europea ha impedido la realización de estudios sobre las deficiencias científicas de la UE. Además de los problemas ya descritos, existe uno añadido, derivado de la estructura territorial de la UE. Como la investigación es competencia de cada estado, si algunos, quizás la mayoría, no tienen suficiente interés en la investigación, todo el sistema se debilita. La CE está orgullosa, con razón, del programa de proyectos ERC, pero ese programa es muy pequeño para confiar en él toda la investigación de la UE (el Informe Draghi propone un incremento sustancial). Por ejemplo, en tecnologías tales como grafeno, semiconductores, baterías de litio, células solares y materiales compuestos, el número de publicaciones con financiación ERC es menos de una tercera parte de los financiados por la NSF⁴⁷. Todavía peor, los resultados de los proyectos ERC son peores en unos países que otros dentro de la UE⁴⁸.

46 Nagar, J. P., Breschi, S., & Fosfuri, A., “ERC science and invention: Does ERC break free from the EU Paradox?” *Research Policy*, 53, 2024, 105038.

47 Resultados no publicados del autor de este artículo

48 Rodríguez-Navarro, A., & Brito, R., “Might Europe one day again be a global scientific powerhouse? Analysis of ERC publications suggests it will not be possible without changes in

Los ya descritos informes Letta y Draghi animan a una mayor integración de los países de la UE bajo una política científica única. Esto sería positivo, pero no es suficiente, porque por mucha integración que haya, nunca se va a conseguir el tamaño de China o India. Además, la integración de sistemas científicos poco eficientes también va a integrar las causas de la menor eficiencia. En esta situación, las diferencias territoriales no analizadas se convierten en un problema añadido a los no pocos que tiene la UE con la investigación disruptiva. La UE necesita una política científica unificada, además de olvidarse de prejuicios sobre una excelencia científica que se ha deteriorado durante bastantes años.

IV.- ESPAÑA Y LAS CLAVES DE UN ESTANCAMIENTO

En la Figura 8, las graficas de Alemania, Francia, Italia y España son muy parecidas, con pendientes mayores que las de EEUU, lo que indica un menor eficiencia. ¿Cómo es posible que dos países, como Alemania y Francia, con premios Nobel y una brillante historia científica, no se distingan de España en áreas tecnológicas y no puedan alcanzar a EEUU? La UE tiene un grave problema de política científica si no es capaz de contestar a esa pregunta. Aunque faltan estudios que puedan dar con la clave de todo el problema, lo que conocemos para España podrían arrojar algo de luz.

El desarrollo de España como país científico es muy reciente. Atendiendo solo al número de publicaciones, en la década de 1980 a 1990 hay un crecimiento lineal, que se acelera notablemente en 1990. Para algunos autores, la Comisión Nacional Evaluadora de la Actividad Investigadora (CNEAI) está en la base de este proceso⁴⁹, mientras que

research policy", *Quantitative Science Studies*, 1, 2020, 872-893

49 Jiménez-Contreras, E., de-Moya-Anegón, F., & Delgado-López-Cozar, E., "The evolution of research activity in Spain. The impact of the National Commission for the Evaluation of Research CNEAI", *Research Policy*, 32, 2003, 123-142.

para otros, la CNEAI fue un instrumento más⁵⁰. Al margen de estas discrepancias, el papel de la CNEAI y sus evaluaciones de investigadores han marcado una tendencia en la actividad investigadora en España, probablemente más negativa que positiva; no tanto por las evaluaciones de la CNEAI como por los métodos a los que dio lugar⁵¹, que luego se aplicaron en la Agencia Nacional para la Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA).

Al margen de esto, en los últimos 20 años, la política científica en España ha copiado la idea de la Paradoja Europea (Sección 1.5), creando una versión española de la misma. La Ley de la Ciencia de 2022⁵² lo explicita:

El Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación ha alcanzado estándares de excelencia investigadora perfectamente homologables a su posición económica y geopolítica en el panorama internacional. Sin embargo, esta excelencia en su producción científica no se ha trasladado aún de forma efectiva al tejido productivo o a su uso social ni ha redundado de forma completa en la creación de una economía robusta basada en el conocimiento, existiendo déficits en la protección y explotación de resultados de investigación, así como insuficiencia del tejido inversor.

Este párrafo es la descripción de la Paradoja Europea (Figura 3) para España. Además de este problema, la Ley de la Ciencia no distingue entre innovaciones incrementales y disruptivas. La Ley repite 349 veces la palabra “innovación”, solo una vez utiliza la palabra “disruptiva” y en ningún momento aparece la palabra “incremental”. Con estas bases no se puede diseñar una buena política científica.

50 Osuna, C., Cruz-Castro, L., & Sanz-Menéndez, L., “Overturning some assumptions about the effects of evaluation systems on publication performance”, *Scientometrics*, 86, 2011, 575-592.

51 Un análisis más detallado de los problemas de España con la investigación pueden encontrarse en Rodríguez Navarro, A., *Cómo medir el éxito científico. Los errores de España*. 2022, Aula Magna

52 Jefatura del Estado Español. Ley 17/2022, de 5 de septiembre, por la que se modifica la Ley 14/2011, de 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, *Boletín Oficial del Estado Español* 274, 2022, p. 33051

IV.1.- EVALUACIONES CON LOS FACTORES DE IMPACTO DE LAS REVISTAS

Una parte muy importante de la política científica española está ligada al uso de los factores de impacto de las revistas para evaluar el valor de una publicación (Sección II.8.B). Este procedimiento viola los más elementales principios de justicia, y su aplicación para juzgar los méritos de una persona deviene en arbitrariedad, aunque se use en un proceso reglado. Equivale a sustituir el principio de mérito y capacidad por algo en lo que no se participa: las citas de las publicaciones de otros en la revista. Es tan injusto como lo sería cobrar los impuestos de una persona en función de la renta de los vecinos.

Como se explica en la sección siguiente, el uso de los factores de impacto en España comienza a partir de su uso por CNEAI, violando su proceso reglado de evaluación. Lamentablemente, cuando formalmente se empiezan a utilizar los factores de impacto para evaluar en España, en 2005–2006, ya existían publicaciones rigurosas que rechazaban su uso⁵³. Unos años después un informe por la *International Mathematical Union* también lo hacía⁵⁴, pero eso no cambió nada en España, ni siquiera en el campo de matemáticas.

IV.2.- LA CNEAI Y LA ANECA

La CNEAI se creó con la función de evaluar individualmente a los investigadores. La evaluación se puede solicitar cada seis años o más, presentando un máximo de cinco aportaciones en investigación seleccionadas por el solicitante. La CNEAI inició sus evaluaciones con una Orden Ministerial de febrero de 1990 que desarrollaba un Real Decreto de 1989. El objetivo de realizar evaluaciones individuales es un desafío importante porque la única forma de evaluar una aportación investigadora es conociéndola. Como ya se ha explicado, los análisis bibliométricos se pueden aplicar a poblaciones de publicaciones

53 Seglen, P. O. 1997. "Why the impact factor of journals should not be used for evaluating research", *BMJ*, 314, 1997, 498-502.

54 Adler, R., Ewing, J., & Taylor, P., "Citation statistics. A report from the International Mathematical Union IMU in cooperation with the International Council of Industrial and Applied Mathematics ICIAM and the Institute of Mathematical Statistics IMS", *Statistical Science*, 24, 2009, 1-14.

pero no a publicaciones aisladas (Sección II.1). En 1994, la intensa presión judicial ejercida por las reclamaciones que provenían de las evaluaciones negativas y de los sectores que rechazaban el propósito de la CNEAI llevó a una revisión de la Orden inicial⁵⁵ para mejorar las bases jurídicas del método de evaluación.

En investigación, la mayor parte de las aportaciones son publicaciones, y, en principio, la única forma de evaluar una publicación es basándose en su lectura, lo que, para la CNEAI, es materialmente imposible. Para solucionar el problema, la mencionada Orden de 1994, aún en vigor, autoriza a la CNEAI a evaluar por “indicios de calidad”, y entre ellos, el más importante es que la publicación se haya realizado en una revista de prestigio reconocido por el comité evaluador. Este reconocimiento conlleva que en la revista existe un procedimiento de aceptación de manuscritos basado en una evaluación por revisores y su aceptación por uno o varios editores. En resumen, para evitar la lectura de la publicación por la CNEAI o sus comités de evaluación, la CNEAI quedaba autorizada a asumir el informe favorable que precede a la publicación en una revista, lo que siempre conlleva la lectura de la publicación. De acuerdo con esta normativa, hay que observar que si no existe este “indicio de calidad”, la evaluación de la publicación tiene que ser realizada por otros métodos, la falta de un determinado indicio de calidad no autoriza a la CNEAI a denegar una solicitud. Para evitar interpretaciones erróneas, los límites del uso del indicio de calidad basado en el título de la revista se detallaban claramente en una Resolución del Presidente de la CNEAI del año siguiente⁵⁶.

A pesar de la claridad de la Orden de 1994, pasados algunos años, el procedimiento se tergiversó introduciendo los factores de impacto y con ello da comienzo uno de los episodios más negativos de la política científica en España. En 2006 se empezó a distinguir entre revistas de impacto alto o medio⁵⁷ y unos años más tarde se introdujo el criterio

55 Ministerio de Educación y Ciencia, Orden de 2 de diciembre de 1994, *Boletín Oficial del Estado Español* 289, p. 37028

56 Ministerio de Educación y Ciencia, Resolución de 26 de octubre de 1995, *Boletín Oficial del Estado Español* 274, p. 33051

57 Secretaría de Estado de Universidades e Investigación Resolución de 17 de noviembre de 2006, *Boletín Oficial del Estado Español* 285, p. 42051.

de los terciles⁵⁸. Con el paso del tiempo se llegó al desatino de evaluar por terciles de terciles. La Figura 11 es una reproducción parcial de una convocatoria de la CNEAI para el Campo de Matemáticas y Física. Al margen de que la actuación de la CNEAI es contraria a la Orden de 1994, la gravedad de la situación se pone todavía más de manifiesto ya que son los matemáticos españoles los que aplican los criterios menos matemáticos que puedan imaginarse. Sorprende que hiciera falta la sentencia del Tribunal Supremo 986/2018 para demostrar que las evaluaciones de la CNEAI no tenían encaje en la Orden Ministerial que las regula.



Pero lo peor para la ciencia en España empieza en 2007, con un Real Decreto para la acreditación nacional del profesorado por la ANECA⁵⁹. Como ya se ha dicho, las evaluaciones de la CNEAI, en las que solo se evalúan cinco publicaciones cada seis años, eran desde su origen un difícil desafío. Pero el diseño de las evaluaciones de la ANECA todavía eran un desafío mayor y se optó por lo peor, un procedimiento bibliométrico basado en los factores de impacto y una exagerada exigencia de cantidad. En algunos campos se han llegado a exigir 130

⁵⁸ Comisión Nacional Evaluadora de la Actividad Investigadora, Resolución de 26 de noviembre de 2014, *Boletín Oficial del Estado Español* 290, 98204

⁵⁹ Ministerio de Educación y Ciencia, Real Decreto 1312, de 5 de octubre de 2007, *Boletín Oficial del Estado Español* 240, p. 40653.

o 150 publicaciones⁶⁰. Evaluar con criterios bibliométricos similares a los de la Figura 11 equivale a evaluar tirando una moneda al aire⁶¹, y si a esto se le añade un número exagerado de publicaciones, el resultado que se obtiene es el peor de los posibles.

Todos estos procedimientos de evaluación, en los que el contenido de las publicaciones no se evalúa, dirigen la investigación hacia los desarrollos incrementales (Sección III.4 y Figura 10) y en unos objetivos que si en algún momento fueron lógicos, convertidos en criterios de evaluación dejan de serlo: es la conocida Ley de Goodhart. Bajo la presión de la ANECA, la investigación se enfoca a avances ya establecidos, para extenderlos, matizarlos o encontrar contradicciones, pero la novedad es escasa. Para este cometido, hay que tener un buen conocimiento del tema y de las técnicas, pero si se tiene, el riesgo de no publicar se ha eliminado, aunque al precio de no buscar resultados disruptivos.

IV.3.- LA FINANCIACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Solo lo ya expuesto para la CNEAI y la ANECA podría justificar que la investigación en España esté dirigida a los desarrollos incrementales en detrimento de los avances disruptivos, pero hay más errores que también debilitan el funcionamiento del sistema de investigación⁶² y entre ellas merece destacar los errores en la financiación de los proyectos de investigación.

Actualmente en España, como principio general, en las áreas más competitivas, la financiación de los proyectos de investigación es insuficiente y los proyectos se desarrollan con una notoria falta de personal técnico de apoyo. Durante muchos años, la falta de personal técnico se suplió adjudicando a los proyectos becarios de formación de personal investigador. Actualmente esto ya no es así, y muchos

60 Para mayor información se puede leer el artículo: Delgado-López-Cózar, E. & Martín-Martín A., El factor de impacto de las revistas científicas sigue siendo ese número que devora la ciencia española ¿hasta cuándo? *Anuario ThinkEPI*, 2019, 13, e13e09

61 Brito, R., & Rodríguez-Navarro, A., "Evaluating research and researchers by the journal impact factor: Is it better than coin flipping?", *Journal of Informetrics*, 13, 2019, 314-324.

62 Rodríguez Navarro, A., *Cómo medir el éxito científico. Los errores de España*, 2022, Aula Magna

proyectos muy competitivos se desarrollan sin becarios y sin personal técnico. Evidentemente, un sistema que mayoritariamente funciona en estas condiciones no puede competir en el nivel disruptivo.

Al margen del efecto que la práctica descrita pudo tener en la formación de los becarios, este proceder ha provocado una hipertrofia del sistema investigador, no por su tamaño en relación al tamaño del país, sino por la escasez de los fondos asignados para financiar el sistema, y en particular para financiar los proyectos. Si se quiere invertir poco, hay que diseñar un sistema pequeño, no uno grande mal financiado. Para mayor perjuicio, alrededor de 2006 se comenzó una política de financiar solo una fracción de los proyectos del Plan Nacional de Investigación (ahora Plan Estatal), en muchos casos el 50%, con la idea de que esa política mejoraba el sistema. Se pensaba que, en comparación con la proporción de proyectos financiados por la NSF, en España se financiaba una proporción demasiado alta. En 2012, esa política de recortar para mejorar se hacía pública en la revista *Nature*⁶³.

Este proceder proviene de un error conceptual de los que lo proponen, porque los proyectos de la NSF son una parte pequeña de un sistema muy diversificado en financiación: son una especie de élite en un sistema muy amplio. En ciencias naturales, biomedicina y tecnología, la proporción de publicaciones de EEUU que reconocen una financiación de la NSF es, aproximadamente, el 10% del total. Por el contrario, los Planes Nacionales de Investigación (ahora Planes Estatales) y sus proyectos son estrategias globales en los que cabría establecer élites, como ha ocurrido durante muchos años con proyectos de mayor duración y mayores exigencias. Pero un plan global tiene que serlo para el conjunto del sistema y no admite recortar los proyectos al 50%, salvo que el objetivo político sea reducir el sistema a la mitad. En ese caso, semejante reducción habría que diseñarla muy cuidadosamente y estar muy bien especificada en el Plan Nacional de los años que correspondan.

Por otra parte, la limitación a un cierto porcentaje ha sido un desacierto porque muchos proyectos por encima y por debajo del

63 Vela, C., "Turn Spanish's budget crisis into an opportunity", *Nature*, 486, 2012, 7

punto de corte en la lista no son distinguibles en calidad y la política de limitar la financiación a una cierta proporción de proyectos deja sin financiación a muchos proyectos razonables. Como cabía esperar de estas políticas, a partir del primer decenio del siglo XXI, el sistema español de investigación ha ido perdiendo competitividad (sección siguiente).

Técnicamente, el error proviene de no considerar que un sistema de investigación se comporta como un sistema complejo (Sección II.6) y que mutilarlo no lo mejora. Esa mutilación equivale al deseo de un niño que tiene un montón de arena y quiere hacerlo más esbelto quitando tierra de abajo. Si la echa por arriba, el montón sigue igual, y si la tira a otro sitio, el montón se hace más bajo.

El caso más notable del fracaso de esta política es el de Francis Martínez Mojica, descubridor de CRISPR⁶⁴. Si se hubiera trasladado a otro país, muy probablemente habría compartido el Premio Nobel con Emmanuelle Charpentier y Jennifer Doudna en 2020. Pero en España, no se dan las condiciones para poder llegar a Premio Nobel en ciencias naturales y mucho menos en una universidad.

Finalmente, un problema no menor es que una financiación inadecuada hace que muchos investigadores no solo no se arriesguen a plantearse avances disruptivos, además eligen temas de bajo riesgo que en muchos casos tienen baja repercusión científica y social.

IV.4.- UNIVERSIDADES INVESTIGADORAS EN RETROCESO

Los dos defectos descritos de la política científica: (i) presión para publicar mucho y (ii) financiación escasa y arbitraria, actúan de dos formas distintas en el sistema científico. El primero disminuye la investigación disruptiva y el segundo debilita el sistema. A este segundo efecto también contribuye la falta de compromiso interregional que puede existir en la UE (Sección III.5) y del que en España tenemos un ejemplo muy claro con las universidades.

64 Lander, E. S., "The heroes of CRISPR", *Cell*, 164, 2016, 18-28.

En todos los países desarrollados, las universidades son un factor muy importante del sistema investigador, y España no es una excepción. El Consejo Superior de Investigaciones Científicas cuenta con una plantilla de unos 5.000 investigadores, que es un número muy bajo para constituir el sistema público de investigación en España. Incluso sumando a ese número los investigadores de otros institutos y centros públicos no universitarios, el número de investigadores es pequeño, y para excluir a la universidad del sistema público de investigación habría que hacer un diseño del sistema muy diferente del actual. Por otra parte, dos informes de expertos sobre la universidad española^{65,66} coinciden en asignar a la universidad española la doble función: docente e investigadora.

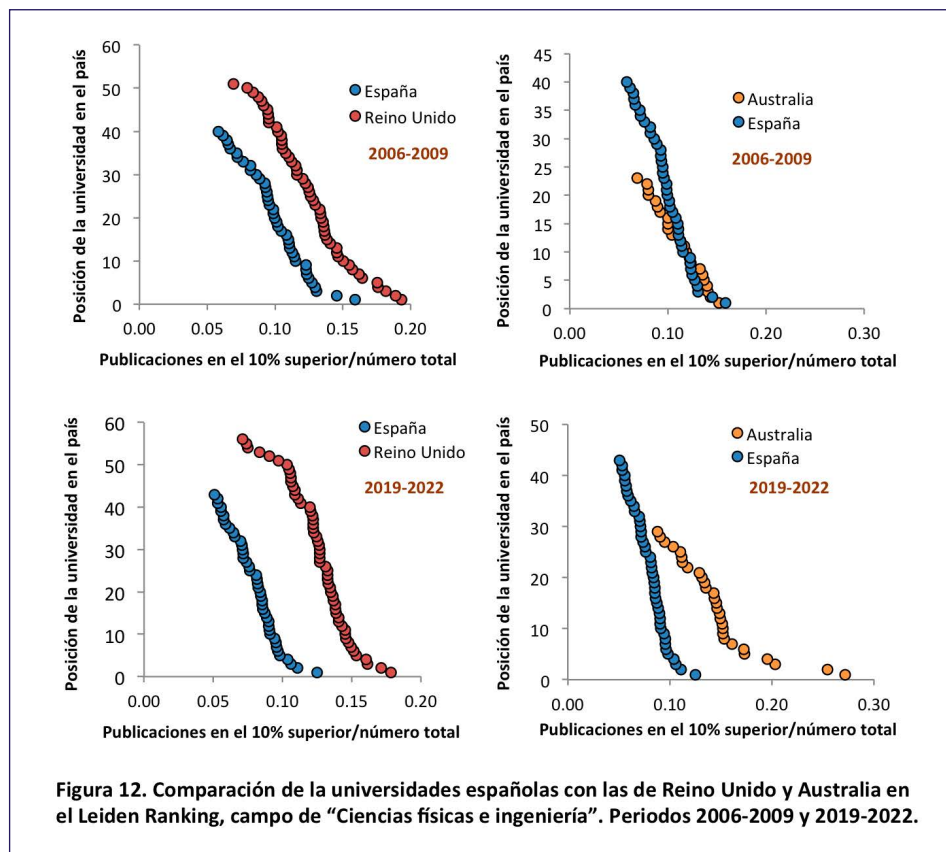
Asumiendo que en España la función investigadora de la universidad no está en cuestión, el papel investigador se ha ido deteriorando, en lugar de mejorando, con referencia a la que tenía a principio de este siglo. La Figura 12 recoge los datos del Leiden Ranking⁶⁷ (citado en la Sección II.8.D) para las universidades españolas en los periodos de evaluación 2006–2009 y 2019–2022, en el campo de “*Physical sciences and engineering*”⁶⁸, que es el más relevante considerando el papel de la investigación en la economía de los países (Sección I.1). En el eje horizontal está el parámetro que se obtiene dividiendo el número de publicaciones de cada universidad en el 10% superior (Sección II.5) por el número total de publicaciones. Esta ratio es una medida de la eficiencia en la investigación “normal” y es extensamente usada. Aunque su uso general es inapropiado, en los casos presentados en la figura, la distribución de citas justifica su uso (Sección II.5). El eje vertical representa el número de orden de la universidad en el país, empezando con la que tiene una ratio más alta.

65 Informe Universidad 2000. https://www.observatoriuniversitari.org/es/files/2014/05/Bricall_JM-2000-Informe-Universidad-2000.pdf

66 Propuesta para la Reforma y Mejora de la Calidad y Eficiencia del Sistema Universitario Español. https://ccsu.es/wp-content/uploads/2020/11/propuestas-reforma_2013.pdf

67 <https://www.leidenranking.com/ranking/2024/>. Por razones estadísticas, en la Figura 12 se han excluido las universidades con menos de 10 publicaciones en el 10% superior.

68 Esta área de Ciencias Físicas e Ingeniería incluye química, física y sus aplicaciones tecnológicas.



Los paneles de la izquierda comparan la situación de las universidades españolas con las del Reino Unido, las que se pueden considerar con pocos cambios en el intervalo de periodos de evaluación considerados; de hecho, solo han sufrido un pequeño retroceso debido a la irrupción de las universidades chinas. Como se ve claramente en la figura, las universidades españolas se han desplazado hacia la izquierda. En los dos paneles de la derecha la comparación es con Australia, un país no muy diferente de España en términos económicos, que ha mejorado la investigación en los últimos años⁶⁹. En este caso, el retroceso de las

69 van den Besselaar, P., Heyman, u., & Sandstrom, U., "Perverse effects of output-based research funding? Butler's Australian case revisited", *Journal of Informetrics*, 11, 2017, 905-918.

universidades españolas contrasta con la mejora de las universidades australianas. Actualmente, el 75% de las universidades australianas superan a la mejor española. Más importante, en el periodo 2006–2009, el 50% de las universidades españolas tenían una ratio de 0,10 (valor medio de referencia) o más alta, pero en el periodo 2019–2022 la proporción ha disminuido al 12%.

La debilitación de la universidad española que se observa en la Figura 12 nada tiene que ver con la investigación disruptiva, pero pone de manifiesto un deterioro general de la investigación, que quizás sea peor que concentrarse en la ciencia “normal” ignorando la disruptiva.

Muy probablemente, los errores en la política científica descrita en las secciones anteriores han tenido bastante responsabilidad en el deterioro de la universidad que refleja la Figura 12, pero sin lugar a dudas, mucho de este deterioro también ha ocurrido por la falta de compromiso interterritorial referido en la Sección III.5. Las universidades españolas son competencia de las comunidades autónomas y muchas prefieren bajar los impuestos antes que financiar debidamente a las universidades. Evidentemente, las universidades infrafinanciadas no pueden competir en investigación. Por eso, ninguna universidad española puede compararse con decenas de universidades en Reino Unido o Australia.

En paralelo, como una infrafinanciación también conlleva producir pocos titulados, la solución para corregir este déficit es externalizar la docencia, creando universidades privadas que no hacen investigación. En estos casos, el nombre de “universidad” es inapropiado, porque son academias o colegios que otorgan títulos universitarios. Ninguna de las universidades españolas de la Figura 12 es privada. Los centros privados no alcanzan el nivel mínimo que se requiere para aparecer en el Leiden Ranking y, en sentido estricto, no son universidades.

Sin universidades competentes en investigación, es muy dudoso que España pueda competir en la frontera del conocimiento científico y en innovaciones disruptivas con los países avanzados, y es un socio poco comprometido con los problemas de la investigación de la UE.

V.- CONCLUSIONES

1. Desde hace décadas, el crecimiento económico también depende de la investigación. El progreso tecnológico es impulsado por innovaciones que se pueden clasificar como incrementales y disruptivas, aunque esa dicotomía es solo aproximada. Las primeras se basan en cambios de escasa repercusión científica mientras que las segundas parten de avances científicos importantes, que se producen con muy baja frecuencia en muy pocos países. Sin ciencia disruptiva no puede haber innovaciones disruptivas.
2. Para convertirse en innovaciones disruptivas, los avances científicos tienen que transferirse al sector productivo. Una adecuada política científica y tecnológica requiere medir independientemente los dos procesos: la generación y la transferencia de los avances científicos, porque un déficit de innovaciones disruptivas puede provenir tanto de la generación como de la transferencia, y su corrección requiere conocer dónde está el origen.
3. Para evitar errores en la política científica es imprescindible medir la producción científica porque “lo que no se sabe medir no se puede mejorar”. La CE lleva 30 años midiendo equivocadamente el progreso científico que se produce en la UE.
4. La capacidad de la UE para producir innovaciones disruptivas es incuestionablemente más baja que la de EEUU. Tradicionalmente, la CE ha explicado este déficit por la ineficiencia en la transferencia de unos avances científicos de los que supuestamente era líder mundial. Pero una buena medida del progreso científico demuestra que ese liderazgo científico se perdió hace décadas y que la política científica de la UE parte de una base equivocada. Si la UE no cambia su política científica, en unos años, la UE tendrá un papel irrelevante en el progreso de la frontera tecnológica y en las innovaciones disruptivas.
5. El análisis de la política científica en España puede ayudar a entender algunos de los problemas de la UE con la investigación.

En España, la principal causa de la baja producción de avances disruptivos se debe a que la política científica conduce a evitar el riesgo de publicar poco, lo que concentra la investigación en desarrollos incrementales, muchas veces innecesarios. Además, el sistema científico general está debilitado por políticas científicas equivocadas y la falta de compromiso científico interterritorial, lo que se demuestra por la escasez de universidades investigadoras de nivel medio y la ausencia de alguna con nivel alto.

VI.- BIBLIOGRAFÍA

- Adler, R., Ewing, J., & Taylor, P., "Citation statistics. A report from the International Mathematical Union IMU in cooperation with the International Council of Industrial and Applied Mathematics ICIAM and the Institute of Mathematical Statistics IMS", *Statistical Science*, 24, 2009, 1-14.
- Albarrán, P., Crespo, J. A., Ortuño, I., & Ruiz-Castillo, J., "A comparison of the scientific performance of the U. S. and the European Union at the turn of the 21 century", *Scientometrics*, 85, 2010, 329-344.
- Archambault, E., & Larivière, V., "History of the journal impact factor: Contingencies and consequences", *Scientometrics*, 79, 2009, 635-649.
- Argyropoulou, M., Soderquist, K. E., & Iannou, G., "Getting out of the European Paradox trap: Making European research agile and challenge driven", *European Management Journal*, 37, 2019, 1-5.
- Bornmann, L., & Marx, W., "How good is research really. Measuring the citation impact of publications with percentiles increases correct assessments and fair comparisons", *EMBO Reports*, 14, 2013, 226-230.
- Bornmann, L., Mutz, R., & Daniel, H.-D., "Are there better indices for evaluation purposes than the *h* index? A comparison of nine variants of the *h* index using data from biomedicine", *Journal of*

- the American Society for information Science and Technology*, 59, 2008, 830-837.
- Bornmann, L., Ye, A., & Ye, F., "Identifying landmark publications in the long run using field-normalized citation data", *Journal of Documentation*, 74, 2018, 278-288.
- Brito, R., & Rodríguez-Navarro, A., "Evaluating research and researchers by the journal impact factor: Is it better than coin flipping? ", *Journal of Informetrics*, 13, 2019, 314-324.
- Brito, R., & Rodríguez-Navarro, A., "The inconsistency of *h*-index: A mathematical analysis", *Journal of Informetrics*, 15, 2021, article 101106.
- Comisión Nacional Evaluadora de la Actividad Investigadora, Resolución de 26 de noviembre de 2014, *Boletín Oficial del Estado Español* 290, 98204
- Dedrick, J. & Kraemer, K. L., "Who captures value from science-based innovations? The distribution of benefits from GMR in the hard disk drive industry", *Research Policy*, 44, 2015, 1615-1628.
- Delgado-López-Cózar, E. & Martín-Martín A., "El factor de impacto de las revistas científicas sigue siendo ese número que devora la ciencia española ¿hasta cuándo?", *Anuario ThinkEPI*, 13, 2019, e13e09.
- Draghi, M., *The Future of European Competitiveness. Part A: A competitiveness strategy for Europe*. 2024, https://commission.europa.eu/document/download/97e481fd-2dc3-412d-be4c-f152a8232961_en
- European Commission, *Green Paper on Innovation*, 1995, http://europa.eu/documents/comm/green_papers/pdf/com95_688_en.pdf
- European Commission, Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, The Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. *A renewed European Agenda for Research and Innovation - Europe's chance to shape its future*, 2018, COM(2018) 306 final.
- European Commission, *LAB - FAB - APP. Investing in the European future we want. Report of the independent High Level Group on maximising*

- the impact of EU Research & Innovation Programmes*, Publication Office of the European Union, Luxembourg, 2017.
- European Commission, *Align, Act, Accelerate. Research, Technology and Innovation to boost European Competitiveness*, Publication Office of the European Union, Luxembourg, 2024.
- European Commission, *Science, Reserach and Innovation Performance of the EU. A competitive Europe for a sustainable future*, Publication Office of the European Union, Luxembourg, 2024.
- Frietsch, R., Gruber, S., & Bornmann, L., "The definition of highly cited researchers: the effect of different approaches on the empirical outcome", *Scientometrics*, 130, 2025, 881-907.
- Gaida, J., Wong-Leung, J., Robin, S., & Cave, D., "*ASPI's Critical Technology Tracker. The global race for future power*", The Australian Strategic Policy Institute, Barton, 2023.
- Gobierno de España, Ministerio de Ciencia e Innovación 2021. Celebramos la ciencia. Semana de la Ciencia y la Innovación, Noviembre de 2021.
- Godin, B., "The emergence of S&T indicators: why did governments supplement statistics with indicators?", *Research Policy*, 32, 2003, 679-691.
- Godin, B., "The new economy: what the concept owes to the OECD", *Research Policy*, 33, 2004, 679-690.
- Henderson, R. M., & Clark, K. B., "Architectural Innovation: The reconfiguration of existing products technologies and the failure of established firms", *Administrative Science Quarterly*, 35, 1990, 9-30.
- Ioannidis, J. P. A., Boyack, K. W., Small, H., Sorensen, A. A., & Klavans, R., "Is your most cited work your best?", *Nature*, 514, 2014, 561-562.
- Jefatura del Estado Español. "Ley 17/2022, de 5 de septiembre, por la que se modifica la Ley 14/2011, de 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación", *Boletín Oficial del Estado Español* 274, 2022, p. 33051
- Jiménez-Contreras, E., de-Moya-Anegón, F., & Delgado-López-Cozar, E., "The evolution of reserach activity in Spain. The impact of the

- National Commission for the Evaluation of Research CNEAI ", *Research Policy*, 32, 2003, 123-142.
- Kovacs, A., Marullo C., Verhoeven, D., & Looy, B., "Radical, disruptive, discontinuous and breakthrough innovation: more or the same?", *Academy of Management Annual Meeting Proceedings*, 2019, 1545-1550.
- Kuhn, T., *The structure of scientific revolutions*, 1970, University of Chicago Press.
- Lander, E. S., The heroes of CRISPR", *Cell*, 164, 2016, 18-28.
- Letta, E. 2024. *Much More than a Market. Speed, Security, Solidarity. Empowering the Single Market to deliver a sustainable future and prosperity for all EU Citizens* Council of the European Union. <https://www.consilium.europa.eu/media/ny3j24sm/much-more-than-a-market-report-by-enrico-letta.pdf>.
- Ministerio de Educación y Ciencia, Orden de 2 de diciembre de 1994 *Boletín Oficial del Estado Español* 289, 1994, p. 37028
- Ministerio de Educación y Ciencia, Resolución de 26 de octubre de 1995, *Boletín Oficial del Estado Español* 274, 1995, p. 33051
- Ministerio de Educación y Ciencia, Real Decreto 1312, de 5 de octubre de 2007, *Boletín Oficial del Estado Español* 240, 1995, p. 40653.
- Nagar, J. P., Breschi, S., & Fosfuri, A., "ERC science and invention: Does ERC break free from the EU Paradox?", *Research Policy*, 53, 2024, 105038.
- Olechnicka, A., Ploszaj, A., & Celinska-Janpawicz, D., *The Geography of Scientific Collaboration*, Routledge, Oxford and New York, 2019.
- Osuna, C., Cruz-Castro, L., & Sanz-Menéndez, L., "Overturning some assumptions about the effects of evaluation systems on publication performance", *Scientometrics*, 86, 2011, 575-592.
- Padhi, A. K., Nanjundaswamy, K. S., & Goodenough, J. B., "Phospho-olivines as positive-electrode materials for rechargeable lithium batteries", *Journal of the Electrochemical Society*, 144, 1997, 1188-1194.
- Poege, F., Harhoff, D., Gaessler, F., & Baruffaldi, S., "Science quality and the value of inventions", *Science Advances*, 5, 2019, eaay7323.

- Rodríguez Navarro, A., *Cómo medir el éxito científico. Los errores de España*. Aula Magna, Sevilla 2022.
- Rodríguez Navarro, A. en el blog *Nada es Gratis*, 2024, <https://nadaesgratis.es/admin/a-vueltas-de-nuevo-con-la-id>
- Rodríguez-Navarro, A., "Sound research, unimportant discoveries: Research, universities, and formal evaluation of research in Spain", *Journal of the American Society for information Science and Technology*, 60, 2009, 1845-1858.
- Rodríguez-Navarro, A., "Measuring research excellence. Number of Nobel Prize achievements versus conventional bibliometric indicators", *Journal of Documentation*, 67, 2011, 582-600.
- Rodríguez-Navarro, A., "Uncertain research country rankings. Should we continue producing uncertain rankings?", *Journal of Data and Information Science* (en prensa), 2025, manuscrito disponible en <https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.17560>.
- Rodríguez-Navarro, A., "Citation distributions and research evaluations: The impossibility of formulating a universal indicator", *Journal of Data and Information Science*, 9, 2024, 1-25.
- Rodríguez-Navarro, A., "Countries pushing the boundaries of knowledge: the USA's dominance, China's rise, and the EU's stagnation". *Quality & Quantity*, publicación previa 2025, <https://doi.org/10.1007/s11135-024-02044-z>.
- Rodríguez-Navarro, A., & Brito, R., "Double rank analysis for research assessment", *Journal of Informetrics*, 12, 2018, 31-41.
- Rodríguez-Navarro, A., & Brito, R., "Like-for-like bibliometric substitutes for peer review: advantages and limits of indicators calculated from the *ep* index", *Research Evaluation*, 29, 2020, 215-230.
- Rodríguez-Navarro, A., & Brito, R., "Might Europe one day again be a global scientific powerhouse? Analysis of ERC publications suggests it will not be possible without changes in research policy", *Quantitative Science Studies*, 1, 2020, 872-893
- Rodríguez-Navarro, A., & Brito, R., "Research assessment based on the number of top researchers", *Journal of Scientometric Research*, 11, 2022, 286-294.

- Rodríguez-Navarro, A. & Narin, F., "European paradox or delusion-Are European science and economy outdated?", *Science and Public Policy*, 45, 2018, 14-23.
- Roldan-Valdez, E., Salazar-Ruiz, S.Y., Ibarra-Contreras, R., & Rios, C., "Current concept on bibliometrics: a brief review about impact factor, Eigenfactor score, CiteScore, SCImago Journal Rank, Source-Normalized Impact per paper, H-index, and alternative metrics", *Irish Journal of Medical Science*, 188, 2019, 939-951.
- Secretaría de Estado de Universidades e Investigación Resolución de 17 de noviembre de 2006, *Boletín Oficial del Estado Español* 285, 2006, p. 42051.
- Seglen, P. O. 1997. "Why the impact factor of journals should not be used for evaluating research", *BMJ*, 314, 1997, 498-502.
- Thelwall, M., Kousha, K., Stuart, E., Makita, M., Abdoli, M., Wilson, P., & Levittj, J., "In which fields are citations indicators of reserach quality?", *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 74, 2023, 941-953.
- van Noorden, R., "A produsion of measures", *Nature*, 465, 2010, 864-866.
- van den Besselaar, P., Heyman, u., & Sandstrom, U., "Perverse effects of output-based research funding? Butler's Australian case revisited", *Journal of Informetrics*, 11, 2017, 905-918.
- van Raan, A. F. J., "Sleeping beaties in science", *Scientometrics*, 59, 2004, 467-472.
- Vela, C., "Turn Spanish's budget crisis into an opportunity", *Nature*, 486, 2012, 7.
- Wang, J., Veugelers, R., & Stephan, P., "Bias against novelty in science: A cautionary tale for users of bibliometric indicators", *Research Policy*, 46, 2017, 1416-1436.



Síganos en Linked 

Visite nuestra web e infórmese de las novedades y actividades formativas que realizamos

www.rdu.es

