



**REVISTA DE CIENCIAS
Y HUMANIDADES**

33

**IMPULSANDO
EL CONOCIMIENTO**



**FUNDACIÓN
RAMÓN ARECES**



Monográfico



FUNDACIÓN
RAMÓN ARECES

Visítanos en fundacionareces.es

y síguenos en



You Tube





JUNIO '26

Edita

Fundación Ramón Areces
Calle Vitruvio, 5. 28006 Madrid
Teléfono: 91 515 89 80

Director General

Raimundo Pérez-Hernández y Torra

Director

Manuel Azcona

Coordinadores del monográfico

Manuel Azcona
Mar Villasante

Diseño y maquetación

Omnívoros

Web

www.fundacionareces.es

Preimpresión

El Corte Inglés S.A.

Impresión

V. A. Impresores S. A.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de las informaciones de esta publicación, cualquiera que sea el medio de reproducción a utilizar, sin autorización previa o expresa de Fundación Ramón Areces. La Revista no se hace, necesariamente, responsable de las opiniones de sus colaboradores.

Depósito Legal: M-51664-2009

© 2026 Fundación Ramón Areces

Síguenos en



NÚM. 33

Revista de Ciencias y Humanidades de la Fundación Ramón Areces



**FUNDACIÓN
RAMÓN ARECES**

Monográfico

PRESENTACIÓN

4 Raimundo Pérez-Hernández y Torra

Director general de la Fundación Ramón Areces

PASADO

11 Grandes revoluciones científicas

Por José Manuel Sánchez Ron

27 ¡Ah, cómo hemos cambiado!

Por José García Montalvo

41 Medio siglo de creación en libertad

Por Fernando Rodríguez Lafuente e Iván Cerdán

PRESENTE

59 Amenazas ideológicas a la ciencia

Por Alan Sokal

75 Construir sociedades más sólidas en un mundo incierto

Por Fiona Hill

FUTURO

85 Hacia una “buena sociedad” en el siglo XXI

Por Alfonso Novales

105 Educación, motor de la dignidad humana

Por Daniel Santín y Rosa Simancas

121 La ciudad sanadora

Por Diego Moreno de Cala, Manuel Martínez-Sellés, Mercedes Díez Menéndez y Eduardo Pesquera González

147 La civilización digital

Por Juan Luis Suárez

159 Del trilema energético a la restauración planetaria

Por M. Mercedes Maroto-Valer

José María Pérez “Peridis” es autor de las viñetas que ilustran cada uno de los capítulos de este monográfico. Peridis es arquitecto y humanista, fundador de la Fundación Santa María la Real.

PRESENTACIÓN

50 AÑOS COMPROMETIDOS CON LA CIENCIA Y EL TALENTO

por Raimundo Pérez-Hernández y Torra

Director general de la Fundación Ramón Areces

Cumplir cincuenta años de vida institucional es un momento singular. No solo invita a la celebración, sino también a la reflexión serena sobre el camino recorrido y a la renovación del compromiso con el futuro. La Fundación Ramón Areces nació en 1976 con un propósito profundamente enraizado en la visión de su fundador: impulsar el progreso científico, económico y social de España a través del apoyo al conocimiento, la investigación y la cultura. Hoy, cinco décadas después, podemos afirmar con orgullo que ese espíritu fundador no solo ha perdurado, sino que se ha fortalecido y ampliado, consolidando a la Fundación como una institución de referencia en el ámbito académico, investigador y cultural, tanto dentro como fuera de nuestras fronteras.

A lo largo de estos años, nuestra misión esencial —respaldar el talento y fomentar la excelencia científica— ha guiado cada una de nuestras actuaciones. España cuenta con una comunidad científica admirable, capaz de situarse en la vanguardia internacional cuando dispone de los medios y la estabilidad necesarios. La Fundación ha querido ser, desde sus inicios, un aliado firme y constante para estos investigadores, proporcionando recursos, reconociendo trayectorias y abriendo oportunidades que han contribuido a impulsar proyectos innovadores, muchos de los cuales han alcanzado impacto global. Becas, contratos predoctorales y posdoctorales, financiación de líneas de investigación, apoyo a grupos consolidados y emergentes, así como la organización de seminarios y encuentros especializados, forman parte del tejido estable con el que hemos intentado acompañar a nuestros científicos a lo largo del tiempo.

La Fundación Ramón Areces ha procurado maridar tradición y modernidad. Su fundador, Ramón Areces, creó una institución duradera, con una misión clara; aseguró su sostenibilidad financiera y definió un modelo de apoyo a la ciencia, la educación y la cultura que hoy sigue vigente. Su sucesor, Isidoro Álvarez, impulsó una expansión decisiva de la Fundación Ramón Areces: aumentó los recursos destinados a la investigación, fortaleció el compromiso con la formación de jóvenes investigadores



y profesionales creando nuevos programas de formación y potenció la actividad divulgadora de la Fundación en el nuevo contexto de la Sociedad de la Información, incluyendo las Humanidades en su programa de actividades académicas y de difusión del conocimiento para acercar la ciencia a la sociedad, consolidando así el prestigio nacional e internacional de la institución.

Nuestro compromiso con la ciencia española ha evolucionado a medida que lo ha hecho la propia realidad científica del país. En un entorno marcado por la competencia internacional y la necesidad de colaboración multidisciplinar, la Fundación ha buscado adelantarse y adaptarse a nuevos retos. Por ello, en primer lugar, hemos reforzado nuestras áreas estratégicas, ampliado la cobertura de nuestros programas y fortalecido nuestra interlocución con instituciones académicas, centros de investigación y organismos públicos. El objetivo ha sido, y seguirá siendo, dotar de estabilidad y visión a los proyectos que nacen en nuestro país y que, con el apoyo adecuado, pueden situarse entre los más innovadores del panorama internacional.

Esta vocación de apertura, colaboración y crecimiento nos condujo al segundo de los grandes vectores de nuestra trayectoria: la *internacionalización*. La Fundación Ramón Areces entendió pronto que el avance científico requiere diálogo constante con el exterior. La investigación de excelencia no admite fronteras y las ideas más transformadoras surgen en entornos capaces de integrar perspectivas diversas. Por ello, durante estas cinco décadas hemos trabajado para proyectar a España hacia el exterior y, al mismo tiempo, para atraer a nuestro país a expertos, instituciones y corrientes de pensamiento que han enriquecido nuestro ecosistema científico y cultural.

Las alianzas con prestigiosas universidades europeas y norteamericanas, la colaboración con centros de investigación de referencia, la presencia activa en redes internacionales y la organización de conferencias con algunos de los pensadores, científicos y economistas más influyentes del mundo han sido hitos clave en este proceso. Además, nuestros programas de becas para estudios en el extranjero han permitido que generaciones de jóvenes investigadores españoles se formen en instituciones líderes, amplíen horizontes y regresen posteriormente a España con una visión global que fortalece a nuestra comunidad académica. La internacionalización, para la Fundación, no es un concepto abstracto: es una herramienta concreta para potenciar el talento español, para enriquecer el debate intelectual y para situar a nuestro país en los circuitos globales del conocimiento.

Cada avance logrado y cada programa consolidado ha sido posible gracias a un tercer pilar fundamental en nuestra historia: las *alianzas estratégicas*. La ciencia y el conocimiento son, por definición, tareas colectivas. Ninguna institución puede crecer en solitario ni aspirar a un impacto duradero sin construir redes de colaboración

efectivas. A lo largo de estos cincuenta años, la Fundación Ramón Areces ha cultivado relaciones estables con universidades, centros de investigación, academias científicas, organismos multilaterales y entidades privadas que comparten nuestra visión y nuestros valores. Estas alianzas han permitido no solo incrementar la calidad y el alcance de nuestras iniciativas, sino, también, consolidar espacios de encuentro entre disciplinas, sectores y generaciones.

En un mundo interconectado y cada vez más complejo, estas colaboraciones resultan esenciales para afrontar los desafíos globales. El cambio climático, las enfermedades emergentes, la revolución tecnológica, la transformación del empleo, la sostenibilidad económica o los retos demográficos requieren enfoques multidisciplinares y soluciones compartidas. La Fundación ha considerado siempre que su papel es facilitar la creación de estos marcos de diálogo y cooperación, generar confianza entre los diferentes actores y promover proyectos que trasciendan las fronteras tradicionales entre instituciones y disciplinas. Nuestro trabajo conjunto con socios nacionales e internacionales ha dado lugar a iniciativas que hoy forman parte del patrimonio intelectual de la Fundación y que deseamos seguir ampliando en los próximos años.

Un cuarto elemento, inseparable de nuestra identidad, es la *defensa y promoción del español* como lengua de conocimiento, ciencia y cultura. Si bien el inglés se ha consolidado como idioma predominante en la investigación internacional, estamos convencidos de que el español —lengua compartida por más de 500 millones de personas— posee un extraordinario potencial para contribuir al debate científico global y para articular comunidades de pensamiento en ambos hemisferios. La Fundación Ramón Areces ha apostado de manera constante por reforzar esta dimensión lingüística, promoviendo actividades, publicaciones, encuentros, redes de colaboración y programas formativos en los que el español es vehículo de creación y difusión del conocimiento.

Defender el español en el ámbito científico no significa excluir otras lenguas, sino ampliar los espacios en los que se genera y comparte conocimiento. Significa elevar el prestigio de nuestra lengua en entornos académicos, contribuir a su modernización terminológica y favorecer la circulación de ideas entre países hispanohablantes. Con ello, hemos buscado fortalecer una comunidad científica global con raíces compartidas, capaz de proyectar su trabajo a la escena internacional sin renunciar a su patrimonio lingüístico y cultural.

Este número especial de la revista conmemorativa del 50 aniversario de la Fundación Ramón Areces quiere ser, precisamente, un reflejo de ese espíritu integrador y renovador. Aquí se recogen voces diversas: investigadores que han recibido nuestro apoyo, expertos internacionales que han colaborado con nosotros, instituciones

aliadas que comparten nuestros objetivos y miembros de nuestra comunidad científica y cultural que han contribuido a que la Fundación sea lo que es hoy. No se trata solo de mirar atrás, sino de comprender cómo el pasado ilumina los desafíos presentes y las posibilidades futuras.

Cincuenta años después de nuestra fundación, seguimos siendo fieles al mandato original: promover la ciencia, estimular el pensamiento crítico, difundir el conocimiento y contribuir al progreso de la sociedad española. Pero lo hacemos con la mirada puesta en un mundo profundamente transformado. La digitalización, la inteligencia artificial, la biotecnología, las nuevas industrias verdes y los cambios geopolíticos exigen instituciones capaces de adaptarse, anticipar y liderar. La Fundación Ramón Areces asume este desafío con responsabilidad y entusiasmo, convencida de que sus valores —independencia, rigor, vocación de servicio y apoyo incondicional al conocimiento— son más necesarios que nunca.

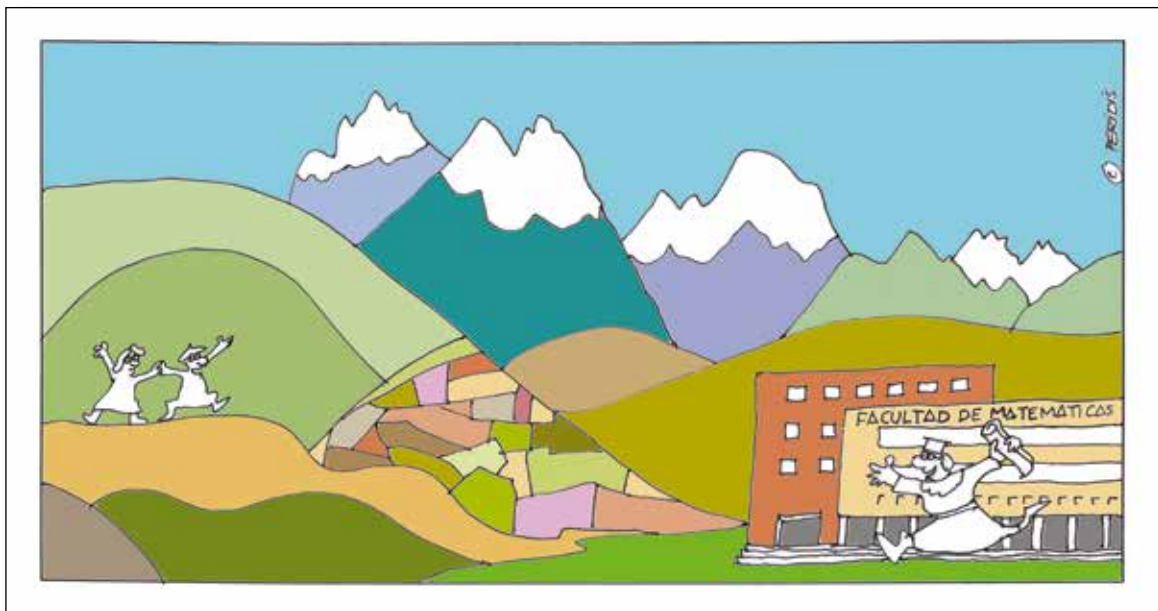
En nombre de la institución, quisiera expresar mi agradecimiento a todas las personas que han hecho posible este medio siglo de compromiso: a nuestros presidentes Ramón Areces, Isidoro Álvarez, Florencio Lasaga, Marta Álvarez y a la actual presidenta, Cristina Álvarez; a los patronos que han guiado nuestra labor; a los investigadores que han depositado en nosotros su confianza; a las universidades y centros que han trabajado codo con codo con la Fundación; a los estudiantes que han llevado nuestro nombre por el mundo y, por supuesto, al equipo que día a día sostiene con dedicación el trabajo de esta casa.

Asimismo, quisiera dejar constancia de un agradecimiento muy especial a Manuel Azcona, director de la Revista, quien ha jugado un papel decisivo en el desarrollo y edición de este número especial.

Invito al lector a recorrer estas páginas con la misma ilusión que nosotros hemos puesto en su elaboración. Que este número sirva no solo como homenaje al camino recorrido, sino como impulso renovado para los próximos cincuenta años.







GRANDES *REVOLUCIONES CIENTÍFICAS*

Por JOSÉ MANUEL SÁNCHEZ RON

El historiador de la ciencia José Manuel Sánchez Ron recoge en este artículo algunos de los grandes hitos científicos del último medio siglo. Entre ellos, un mayor conocimiento del universo, el hallazgo del bosón de Higgs, la cuántica, la revolución del ADN, la biología molecular o el impacto de la inteligencia artificial en la investigación científica.

DURANTE EL ÚLTIMO MEDIO SIGLO LA ciencia, sus diferentes disciplinas, han avanzado mucho y, aunque no se han producido avances tan revolucionarios en sus fundamentos como los que se realizaron en la primera mitad del siglo XX en la física y biología, algunos sí han sido profundamente disruptivos. Las teorías especial (1905) y general (1915) de la relatividad, la mecánica cuántica (1925-1926) y la doble hélice de la molécula de la herencia, el ácido desoxirribonucleico (ADN), alteraron profundamente los fundamentos sobre los que se asentaban la física y la biología. Surgieron así nuevas formas de entender cómo se mueven los cuerpos; la naturaleza y estructura del espacio y el tiempo, que pasaron a relacionarse íntimamente constituyendo una unidad, el espacio-tiempo o, acaso mejor, espaciotiempo; se construyó una nueva cosmología, relativista, con modelos que acogían

UN PUNTO IMPORTANTE DE LAS REVOLUCIONES CIENTÍFICAS ES QUE AL DESARROLLARSE SURGEN INNOVACIONES QUE POSEEN TAMBIÉN RASGOS REVOLUCIONARIOS

una observación sorprendente, la de que el universo está expandiéndose (Edwin Hubble y Milton Humason, 1929-1931); de la mano de la electrodinámica cuántica, la física nuclear o el modelo estándar, se desvelaron y sometieron al orden de teorías miríadas de fenómenos del mundo atómico, dominado por interacciones antes desconocidas, la débil y la fuerte, que se unieron a la electromagnética y gravitacional. Y en la biología nació, entre muchos otros avances, la genética molecular, que permitió comprender el problema que desafió al gran Charles Darwin, el de la herencia, cómo es posible que se transmitan de padres a hijos rasgos comunes.

Un punto importante de las revoluciones científicas es que al desarrollarse surgen innovaciones que poseen también rasgos revolucionarios. Pensemos, por ejemplo, en la invención del transistor (John Bardeen, Walter Brattain y William Shockley, 1947), un dispositivo del que se puede decir que cambió el mundo. En lo que a los últimos cincuenta años se refiere, en mi opinión los desarrollos de contenido más novedoso, incluso revolucionario, pertenecen a tres disciplinas: la física, astrofísica y cosmología, la biomedicina y biología molecular, y ese conglomerado de ciencia y técnica que es la Inteligencia Artificial. De ellas, seleccionaré unos pocos avances que considero particularmente importantes.

Astrofísica y cosmología: materia y energía oscuras, agujeros negros, astronomía de ondas gravitacionales y exoplanetas

Lo primero que es obligado señalar es la confirmación de que ni el contenido material ni la energía del Universo son las que se había supuesto. Me refiero a lo que se denomina “materia y energía oscuras”. Ya en 1933, Fritz Zwicky sugirió en un artículo publicado en alemán, en la revista suiza *Helvetica Physica Acta*, que debía existir una “masa invisible” para explicar la fuerza gravitacional que mantiene unidas agrupaciones de galaxias. Tuvieron que pasar décadas para que la senda abierta por Zwicky fuera transitada. Un paso significativo fue el que dieron Jeremiah P. Ostriker y P. James E. Peebles en un artículo publicado en 1973 en *The Astrophysical Journal*. Titulado “A numerical study of the stability of flattened galaxies: or, can cold galaxies survive?”. En él argumentaban que la Vía Láctea, al igual que otras galaxias espirales, debía estar rodeadas por un halo de masa extremadamente grande. A finales de la década de 1970 esa convicción se reforzó con distintas observaciones, entre



las que sobresalieron las de Vera Rubin y Kent Ford, del Departamento de Magnetismo Terrestre de la Carnegie Institution en Washington D. C. Un artículo que publicaron en 1980, también en *The Astrophysical Journal*, junto a uno de sus colaboradores, Charles Peterson, “Rotation and mass of the inner 5 kiloparsecs of the S0 galaxy NGC 3115”, asentó en una base más firme la idea de que existía una masa cósmica no observada. “Durante los últimos pocos años –escribían allí–, nuevas observaciones de las velocidades rotacionales de tanto galaxias espirales como elípticas han alterado nuestras ideas de la cinemática y dinámica de las galaxias. [...] La distribución de la masa en los discos de las galaxias está significativamente más extendida que lo que se había supuesto.” En su libro *El corazón de las tinieblas. Materia y energía oscuras. Los misterios del universo invisible*, Ostriker y Simon Mitton resumieron con lo que sigue lo que significaron las aportaciones de Rubin y Ford:

“A finales de la década de 1970 y principios de la de 1980, los trabajos de Vera Rubin, Kent Ford del Instituto Carnegie de

Washington y sus colaboradores aportaron la más persuasiva de las pruebas adicionales. Trabajando con el recién inventado espectrógrafo de tubo de imagen, sus observaciones se consideraron definitivas. Tras la publicación de su trabajo, la mayor parte del escepticismo que quedaba respecto a la materia oscura se desvaneció. Este grupo, que utilizaba nueva tecnología electrónica –lo que les permitió medir velocidades más lejos de los centros galácticos de lo que otros habían conseguido–, puso de manifiesto un caso tras otro de galaxias espirales gigantes con curvas de rotación planas hasta distancias bastante grandes. [...] Esta era la norma; la causa de distribución de masa extendida en espirales normales quedó definitivamente establecida por Rubin y otros grupos a finales de la década de 1980, de manera que la existencia de materia oscura en las inmediaciones de las galaxias espirales se convirtió en un hecho demostrado.”

El problema era, y continúa siendo, ¿qué es esa materia oscura, que desde el punto de vista de la fuerza gravitacional actúa como la

materia ordinaria, pero que no parece interactuar ni con la luz, ni consigo misma, ni con la materia ordinaria fuera de la gravitación? La respuesta es que no se sabe. Una de las ideas que se han manejado en la física de altas energías es que la materia oscura está formada por lo que se denomina WIMP, siglas de *Weakly Interacting Massive Particle*, esto es, “Partículas masivas que interactúan débilmente”, pero estas no se han detectado.

Junto al problema de la materia oscura, otro parecido adquirió prominencia en la última década del siglo XX: el de la *energía* oscura. Estudiando un tipo de supernovas –estrellas que han explotado dejando un núcleo–, un grupo dirigido por Saul Perlmutter (Laboratorio Lawrence en Berkeley, California), otro

LA ASTRONOMÍA DE LAS ONDAS GRAVITACIONALES HA ABIERTO UNA NUEVA VENTANA AL CONOCIMIENTO DEL UNIVERSO

por Brian Schmidt (Observatorios de Monte Stromlo y Siding Spring, en Australia), y el liderado por Adam Riess (Universidad de John Hopkins y Space Telescope Science Institute) llegaron a la conclusión de que, al contrario de lo supuesto hasta entonces, la expansión del universo se está acelerando (los tres obtuvieron el Premio Nobel de Física en 2011). Y aquí surge el problema, ya que la masa del universo no puede explicar tal aceleración; había que suponer que la gravedad actúa de una nueva y sorprendente manera: alejando las masas entre sí, no atrayéndolas. Se había supuesto que para propulsar el Big Bang debía de haber existido una energía repulsiva en la creación del universo, pero no se había pensado que pudiera existir en el universo ya maduro.

La constante cosmológica que Einstein introdujo en 1916 en las ecuaciones básicas de la relatividad general para hacer viable el modelo de universo estable que defendía, constante que equivale a una fuerza repulsiva, es una de las posibilidades que se manejan para “explicar” desde el punto de vista teórico este hecho. Una nueva energía entraba así en acción, una energía “oscura” que reside en el espacio vacío. Y como explicó Einstein en 1905 con su célebre ecuación $E=mc^2$ (energía igual al producto de la masa por la velocidad de la luz al cuadrado), la energía es equivalente a la masa, por lo que esta energía oscura significa una nueva aportación a la masa total del universo, distinta, eso sí, de la masa oscura. Las estimaciones actuales son que el 5 por 100 del universo está formado por masa ordinaria, el 28,6 por 100 de masa oscura y el 71,4 por 100 de energía oscura. En otras palabras: creíamos que conocíamos eso que llamamos Universo y resulta que es un gran desconocido. Porque, como apunté antes, aunque existen algunas propuestas, por el momento no se sabe realmente qué son ni la materia oscura ni la energía oscura. Lo que está definitivamente claro es que el contenido del Universo es muy diferente al que se había supuesto. Y este descubrimiento es auténticamente revolucionario.

Y están también los agujeros negros. El origen de los estudios que condujeron a los agujeros negros se remonta a la década de 1930, cuando el físico de origen hindú Subrahmanyan Chandrasekhar y el ruso Lev Landau demostraron que en la teoría de la gravitación newtoniana un cuerpo frío de masa superior a 1,5 veces la del Sol no podría soportar la presión producida por la gravedad. Este resultado condujo a la pregunta de qué sucedería según la relatividad general. Robert Oppenheimer, junto a dos de sus colaboradores, George M. Volkoff y Hartland Snyder, demostró en 1939 que una estrella de semejante masa colapsaría hasta reducirse a una singularidad, esto es, a

un punto de volumen cero y densidad infinita. Pero la idea de que se pudiera producir un colapso imparable era demasiado radical, incluso aunque pudiera tener cabida en la teoría de la relatividad general, como se puede ver con claridad en la solución de Schwarzschild. Los trabajos que Roger Penrose y Stephen Hawking publicaron en la década de 1960, recurriendo a técnicas matemáticas de carácter global para el espaciotiempo, apuntaron en la dirección de que la singularidad asociada a tal colapso era inevitable, pero faltaba la prueba que sólo pueden proporcionar las observaciones astronómicas.

El primer agujero negro observado se encontró en 1971 en una fuente de rayos X, Cygnus X-1, en la constelación del Cisne (Cygnus), una de las más brillantes de la Vía Láctea, pero las evidencias más poderosas han llegado gracias a un observatorio construido para determinar si realmente existe la radiación gravitacional que se deduce de las ecuaciones básicas de la teoría de la relatividad general. Se trata de LIGO (*Laser Interferometric Gravitational wave Observatories*; esto es, Observatorios de Interferometría Láser para Ondas Gravitacionales), compuesto de dos observatorios separados por 3.000 kilómetros (esta duplicidad permite identificar señales falsas, producidas por efectos locales), uno en Livingston (Louisiana) y el otro en Hanford (Washington). La idea en ellos es utilizar sistemas interferométricos de dos brazos perpendiculares y en condiciones de vacío con un recorrido óptico de 2 o 4 km, para detectar las ondas gravitacionales a través de los minúsculos movimientos que deben producir en los espejos. El 11 de febrero de 2016 se anunció que el 14 de septiembre de 2015 se habían detectado ondas gravitacionales, que se identificaron como correspondientes al choque de dos agujeros negros de masas 36 y 29 veces la de nuestro Sol. En 2017, los tres principales responsables de la existencia y dirección de LIGO, Rainer Weiss, Barry

Barish y Kip S. Thorne, recibieron el Premio Nobel de Física “por sus decisivas contribuciones al detector LIGO y a la observación de ondas gravitacionales”. Merece la pena recordar que el 2 de junio de 2018 Barish pronunció una conferencia, “Ondas gravitacionales: de Einstein a una nueva ciencia”, en la Fundación Ramón Areces. La “nueva ciencia” que se mencionaba es la “Astronomía de las ondas gravitacionales”, que ha abierto una nueva ventana al conocimiento del Universo.¹

Se ha llegado incluso a “fotografiar” un agujero negro supermasivo (se estima que su masa es 6.500 millones la del Sol, una cifra que desafía la imaginación) situado en la región central de la galaxia Messier 87 (M87), de la que nos separan 55 millones de años-luz. Esa fotografía –en realidad un montaje de múltiples observaciones– se hizo pública el 10 de abril de 2019. Se había obtenido con el denominado “Event Horizon Telescope”, una red de ocho telescopios que crearon un observatorio virtual del tamaño de la Tierra. Otro descubrimiento importante es el debido a Reinhard Genzel y Andrea Ghez, cada uno liderando un grupo de astrónomos que desde comienzos de la década de 1990 estaban estudiando el centro de la Vía Láctea. Finalmente detectaron que en ese centro existe un agujero negro de unos 4 millones la masa del Sol y de un tamaño similar al de nuestro sistema solar. En 2020 recibieron el Premio Nobel de Física, compartido con Roger Penrose. Hoy se cree que seguramente en todos los centros de galaxias existen gigantescos agujeros negros.

Para lograr observaciones como éstas, y muchas otras, fueron necesarios unos instrumentos tecnológicos mucho mejores que los que se disponían en el pasado. De hecho, ya he mencionado algunos ejemplos de esas tecnologías, LIGO o el “Event Horizon Telescope”. Pero ninguna recapitulación de lo que ha sucedido durante el último medio siglo en el conoci-

miento del universo sería completa sin recordar dos telescopios situados fuera de la atmósfera, que deforma las señales que se reciben en los telescopios terrestres. El astrónomo estadounidense Lyman Spitzer fue el primero que comenzó a trabajar seriamente, hacia 1946, en esta idea, que finalmente hizo suya la agencia espacial norteamericana, la NASA, poniendo en órbita en 1990 el “Telescopio Espacial Hubble”, aunque tardó algo más en funcionar correctamente debido a un error en la fabricación del espejo principal, que producía un efecto de aberración; hubo que fabricar uno nuevo e instalarlo en una misión espacial. El caudal de datos que se han obtenido mediante él ha enriquecido sustancialmente la astrofísica y cosmología. Otro telescopio de este tipo es el “Kepler”, lanzado el 6 de marzo de 2009 y que funcionó hasta agosto de 2013. Su misión era la de buscar planetas (“exoplanetas”) fuera del Sistema Solar que pudieran ser habitables; esto es, que no estuvieran tan cerca de la estrella en torno a la que orbitan como para que el agua que pudiera contener hubiera hervido y desaparecido, ni tan lejos que estuviera helada. Durante su vida, detectó 150.000 sistemas similares al Solar y descubrió unos mil exoplanetas. A esta “flota” se unió en diciembre 2021 el Telescopio Espacial “James Webb”, nombrado así en honor del segundo administrador de la NASA y fruto de la colaboración entre la NASA, la Agencia Europea Espacial y la Agencia Espacial Canadiense. Mientras que el Telescopio Espacial “Hubble” orbita la Tierra a una altura de 593 kilómetros y está equipado con un telescopio con un espejo de 2,4 metros de diámetro, el “James Webb” se situará a 1,5 millones de kilómetros de la Tierra y el espejo de su telescopio mide 6,5 metros de diámetro.

He mencionado los “exoplanetas”, sistemas planetarios asociados a estrellas, el Sol aparte por supuesto. El primer hallazgo en este sentido se produjo en 1991, cuando Alex Wolszczan, un astrónomo polaco instalado en

Estados Unidos (en la Universidad Estatal de Pensilvania), y el canadiense del Observatorio Radioastronómico Nacional de Socorro (Nuevo México) Dale Frail, descubrieron que dos planetas con masas 4,3 y 1,8 veces la de la Tierra orbitan alrededor del púlsar PSR1257+12; cuatro años después, dos astrónomos suizos de la Universidad de Ginebra, Michel Mayor y Didier Queloz, hicieron público que habían descubierto un planeta del tamaño y tipo de Júpiter (un gigante gaseoso) orbitando en torno a una estrella del tipo del Sol, 51 Pegasi. Desde entonces, el número de planetas extrasolares conocidos ha aumentado considerablemente.

Física: el bosón de Higgs y el entrelazamiento cuántico

De lo que se ha logrado en física durante los últimos cincuenta años quiero destacar dos desarrollos. El primero es la detección en 2012 del denominado “bosón de Higgs”, la partícula elemental que había sido propuesta en 1964, independientemente, por Peter Higgs, del Instituto Tait de Física de Matemática de la Universidad de Edimburgo, François Englert y Robert Brout, de la Facultad de Ciencias de la Universidad Libre de Bruselas, y Gerald S. Guralnik, Carl R. Hagen y Thomas W. Kibble, del Departamento de Física del Imperial College de Londres. La detección se llevó a cabo en el Gran Colisionador de Hadrones (LHC), un gigantesco acelerador de partículas construido en el CERN, el laboratorio europeo de altas energías, específicamente para intentar detectar esta partícula.² La importancia de este descubrimiento es que confirmaba la clave para comprender el origen de la masa de todas las partículas elementales: el campo de Higgs llena el vacío, todas las partículas interaccionan con él y es la resistencia que este campo produce al movimiento de las partículas lo que hace que éstas adquieran algo



Peter Higgs. (Copyright © Nobel Prize Outreach 2013. Foto: Alexander Mahmoud)

indistinguible de una masa. Era lo que faltaba para construir una teoría electrodébil, y así completar el denominado “Modelo estándar”, que reúne las formulaciones teóricas de las interacciones electromagnética, débil y fuerte. En 1997 el físico e historiador Silvan Schweber resumió bien la importancia de este modelo en un capítulo, “A historical perspective on the rise of the standard model”, del libro editado por Lillian Hoddeson, Laurie Brown, Michael Riordan y Max Dresden, *The Rise of the Standard Model*: “La formulación del Modelo Estándar es uno de los grandes logros del intelecto humano, uno que rivaliza con la mecánica cuántica. Será recordado –junto a la relatividad general, la mecánica cuántica y el desciframiento del código genético– como uno de los avances intelectuales más sobresalientes del siglo XX.”

El anuncio del descubrimiento, realizado en el CERN el 4 de julio de 2012, recibió cobertura mediática universal.³ Un año después, 2013, Francois Englert y Peter Higgs compartían el

Premio Nobel de Física, “por el descubrimiento teórico de un mecanismo que contribuye a nuestra comprensión del origen de la masa de partículas subatómicas, y que recientemente ha sido confirmado a través del descubrimiento de la partícula fundamental predicha en los experimentos ATLAS y CMS del Gran Colisionador de Hadrones del CERN”. Por entonces, Robert Brout, el coautor con Englert del artículo de 1964, había fallecido; y la Academia Sueca no consideró oportuno reconocer de alguna manera a los responsables de la tercera publicación sobre el tema, a Guralnik, Hagen y Kibble.

El otro avance que quiero destacar es la resolución de un conflicto que databa al menos de 1935, año en que se publicaron dos artículos importantes, uno a cargo de Einstein, Boris Podolsky y Nathan Rosen, de una gran carga filosófica, en el que defendían que las interacciones cuánticas debían obedecer al principio de “localidad”, mientras que el otro lo firmaba Erwin Schrödinger, el creador en 1926 de

la mecánica cuántica ondulatoria. En el artículo de éste –más conocido como “el del gato de Schrödinger”– se llegaba a la conclusión contraria: que la física cuántica era “no local”, con lo que quería decir, por ejemplo, que si dos fotones son emitidos por un mismo átomo, quedarán “entrelazados”, no importa cuán lejos lleguen a encontrarse, puesto que estuvieron conectados. La consecuencia de esto era que, si se miden propiedades de uno, se sabe instantáneamente las correspondientes del otro. Durante mucho tiempo la discusión no pasó del ámbito teórico, pero en 1964 el físico irlandés John Stewart Bell proporcionó el “soporte teórico” con unas “desigualdades” que al ser sometidas a la experimentación decidirían quién estaba en lo cierto, si Einstein o Schrödinger. Fue finalmente gracias a Alain Aspect, un físico experimental francés que trabajaba en el Instituto de Óptica Teórica y Aplicada de Orsay, en las cercanías de París, que había obtenido la licenciatura en Física en la Facultad de Ciencias de Orsay en 1967, y el año siguiente el *diplôme d'études approfondies* en Óptica, campo en el que obtuvo el doctorado de tercer ciclo en el Instituto de Óptica Teórica y Aplicada en 1971, quien, continuando una senda abierta por otros, en la que destacaron el californiano John Clauser y el austriaco Anton Zeilinger, demostró que era Schrödinger, no Einstein, quien estaba en lo cierto. Fue en 1982 cuando Aspect, junto a dos colaboradores, Jean Dalibard y Gerard Roger, consiguió demostrar con fiabilidad que, por muy alejados que estén, los fotones parecen estar unidos por un lazo insoluble. Presentaron sus resultados en un artículo, “Experimental test of Bell’s inequalities using time-varying analyzers”, publicado *Physical Review Letters*.

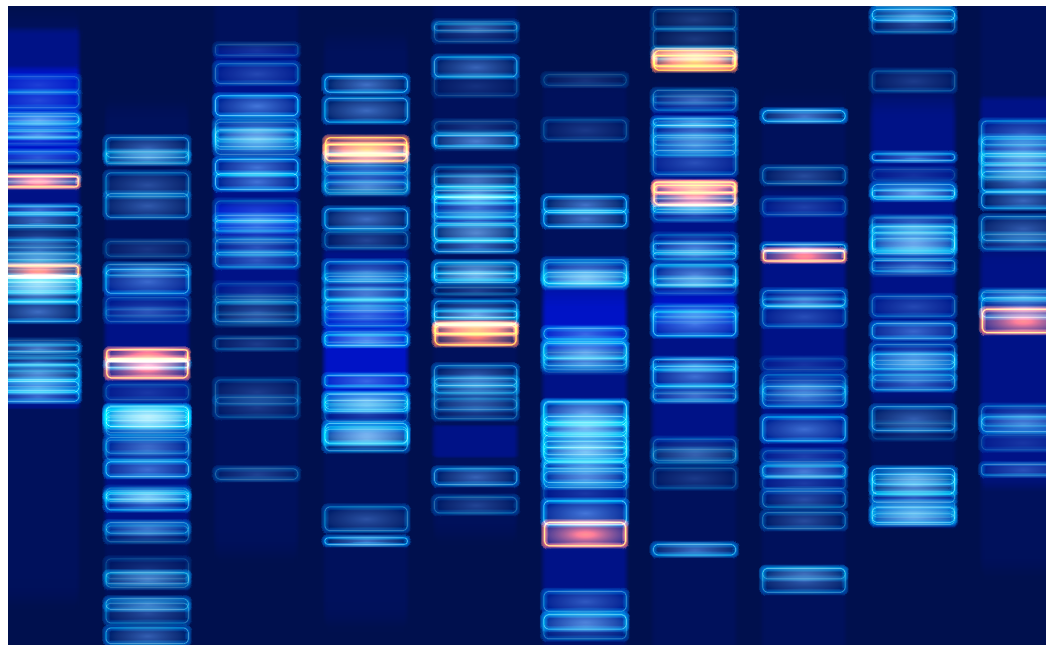
En 2022, Aspect, Clauser y Zeilinger compartieron el Premio Nobel de Física.

La no localidad cuántica abre grandes y muy novedosas posibilidades en los campos de la

criptografía, e incluso en el de la computación cuántica. Hasta el punto de que ha comenzado a hablarse de la “Segunda Revolución Cuántica”. Se han realizado experimentos de teleportación de fotones a fotones, de átomos a otros átomos idénticos y experimentos híbridos de materia a luz. Entre fotones, lo consiguió por primera vez, en 1997, el grupo del Instituto Experimental de la Universidad de Innsbruck dirigido por Zeilinger. Esa teletransportación se llevó a cabo dentro de un mismo laboratorio, pero en 2004 se consiguió teletransportar fotones a una distancia de 600 metros, a lo largo de una fibra óptica de vidrio bajo el Danubio, en Viena. En 2015 el grupo de Zeilinger amplió la distancia alcanzada; utilizaron dos detectores, situados en la isla de La Palma y en Tenerife, respectivamente, esto es, separados 143 kilómetros. Y en 2017, en el contexto de una colaboración con el científico chino Jian-Wei Pan, Zeilinger encabezó un experimento de comunicación cuántica de este tipo utilizando el satélite chino “Micius” como repetidor, que estableció una comunicación cuántica entre Pekín y Viena, separados 4.600 kilómetros.

La revolución del ADN

Como señalé al principio, una de las consecuencias de las revoluciones científicas es que al desarrollarse surgen innovaciones que poseen también rasgos revolucionarios. En el caso de la mencionada revolución propiciada por el descubrimiento que James Watson y Francis Crick realizaron en 1953 al desentrañar la estructura de la molécula de la herencia, el ADN, tales consecuencias fueron muchas. En 1957, por ejemplo, Crick pronunció una conferencia (cuyo texto apareció publicado el año siguiente) en la Sociedad Británica de Biología Experimental, en la que sentó las bases de lo que se denominaría “el dogma central de la biología molecular”. “Central” en ese “dogma” era la tesis que la información genética



presente en el ADN se copia en forma de ARN (ácido ribonucleico) para que, utilizando la maquinaria de síntesis de proteínas, se traduzca mediante el código genético en las distintas proteínas que realizan los trabajos específicos de cada célula, y que el flujo de información genética siempre es unidireccional en el sentido de ADN a ARN y de éste a proteína, salvo que la información presente en el ADN puede replicarse en más ADN; esto es:

ADN → ARN → Proteína

Sin embargo, esta concatenación no resultó completamente cierta: trabajando independientemente, David Baltimore (MIT) y Howard Temin (Universidad de Wisconsin) demostraron en 1970 que la información hereditaria podía transmitirse también en un sentido inverso: del ARN al ADN, con lo que la relación anterior pasaba a ser:

ADN → ARN → Proteína

Otro momento transcendental, cargado de futuro, fue debido a los trabajos de Janet Mertz y Ron Davis (Universidad de Stanford), quienes anunciaron en 1970 que se podía unir muy fácilmente moléculas de ADN cuando se las cortaba utilizando la enzima de restricción *EcoRI*, contribución a la que siguió en 1971 el trabajo de Herb Boyer y Stanley Cohen, que desarrollaron un método para reordenar moléculas de ADN en un tubo de ensayo, para crear moléculas híbridas procedentes en parte de, por ejemplo, ADN de una mosca y en parte de ADN bacterial. Se abrió la nueva era del “ADN Recombinante”, y subsiguientemente la Era de la Ingeniería Genética y la Biotecnología.

PCR

Como denotan los nombres de las dos especialidades que acabo de nombrar, la biología molecular es una mezcla de ciencia y técnica. En el dominio de la técnica, una contribución importante ha sido la Reacción en Cadena

de la Polimerasa, conocida por sus siglas inglesas: PCR (*Polymerase Chain Reaction*). Fue desarrollada en 1985 por Kary Mullis, doctor en bioquímica por la Universidad de California en Berkeley, mientras trabajaba para Cetus Corporation, a la que se había incorporado en 1979. De hecho, la idea le llegó a Mullis en 1983, mientras que la primera publicación se realizó en 1985 y la principal en 1986: Kary Mullis, F. Faloona, S. Scharf, R. Saiki, G. Horn y H. Erlich, "Specific enzymatic amplification of DNA *in vitro*: the polymerase chain reaction", *Cold Spring Harbor Symposium in Quantitative Biology* (1986). En 1993 Mullis recibió, compartido con Michael Smith, el Premio Nobel de Química "por la invención del método de la reacción en cadena de la polimerasa".

La PCR se basa en copiar, *in vitro*, una y otra vez, en un proceso que se convierte en exponencial y que no lleva más que unas pocas horas, una muestra de ADN, no importa que sea pequeña, utilizando la ADN polimerasa. La primera aplicación fue en el diagnóstico de una mutación que produce células "anémicas", y otra temprana fue cuando se convirtió, automatizada, en la principal herramienta del Proyecto Genoma Humano.

El Proyecto Genoma Humano

Los avances que se estaban llevado a cabo en el conocimiento de la estructura del ADN condujeron a que se plantease la idea de estudiar con detalle, de manera completa, toda la estructura genética (el genoma) de cadenas de ADN en especies concretas. ¿Y qué genoma podía resultar más atractivo que el de *Homo sapiens*?

Fue en 1984 cuando se propuso la creación de un "Consorcio Internacional para Secuenciar el Genoma Humano", con el fin de determinar con precisión la estructura, la, como se decía,

"cartografía" del genoma humano. No obstante, su establecimiento formal se demoró hasta septiembre de 1988, liderado por Estados Unidos y controlado por los Institutos Nacionales de la Salud (NIH), pero con la participación del Reino Unido, Francia, Japón, China y Alemania. En 1989 se nombró director del mismo a James Watson, aunque dimitió dos años después por diferencias con la NIH sobre la manera de dirigirlo, lo que no impidió que el proyecto continuase bajo la dirección de Francis Collins. Destinado a obtener un conocimiento, además de contribuir al avance de la ciencia, el Proyecto Genoma Humano debería tener consecuencias evidentes para la salud: no sólo se trataba de desentrañar mecanismos básicos para la vida, sino también de averiguar las relaciones entre genes y características determinadas, incluyendo enfermedades. Precisamente por esta dimensión del Proyecto Genoma Humano, era evidente que su objetivo tenía interés también para la industria privada. Semejante interés no tardó demasiado en manifestarse: lo hizo a través de una compañía comercial fundada en 1998 denominada "Celera Genomics", dirigida por el innovador biólogo molecular Craig Venter.

El 26 de junio de 2000, Collins y Venter realizaron un primer anuncio conjunto manifestando que habían completado la secuenciación del genoma humano. A pesar de lo grandilocuente de la declaración, en la que estuvo presente el presidente de Estados Unidos, Bill Clinton, y telemáticamente el primer ministro británico, Tony Blair, aún quedaba bastante que hacer. No se había dicho nada, por ejemplo, sobre cuántos genes forman el genoma humano. El 11 de febrero de 2001 se remediaba tal carencia, anunciándose que el ser humano tiene unos 30.000 genes, frente al número de alrededor de 100.000 que se suponía antes. En la actualidad se estima que el número de genes que codifican proteínas es de entre 19.000 y 20.000.



El investigador Francisco Juan Martínez Mojica, en una reciente intervención en la Fundación Ramón Areces

CRISPR

Descendiente de avances como los que he citado es una técnica desarrollada durante el último medio siglo, bautizada con el nombre de CRISPR, acrónimo de “Clustered Regularly Interspaced Palindromic Repeats”, es decir, “Repeticiones palindrómicas cortas agrupadas y regularmente interespaciadas”. Se trata de un sistema de “edición genética”, esto es, que, como las técnicas de ADN recombinante, permite modificar un genoma, cortar y pegar, pero con una precisión sin precedentes y con poco coste económico, por lo que esta técnica ha transformado parte de la investigación biológica y médica.

El inicio de esta revolución tuvo lugar inadvertidamente en 1986 cuando un doctorando de la Universidad de Osaka, Yoshizumi Ishino, estaba secuenciando un gen de la bacteria *Escherichia coli*. Ishino consiguió determinar los 1.038 pares de bases que formaban aquel gen y en el último párrafo del artículo que publi-

có con otros cinco científicos japoneses, “Nucleotide sequence of the lig gene and primary structure of DNA ligase of *Escherichia coli*” (*Molecular and General Genetics MGG*), mencionaba que “Se ha encontrado una estructura inusual; cinco secuencias de veintinueve nucleótidos con una homología elevada han resultado ser repeticiones directas”. Se trataba de cinco segmentos de ADN idénticos entre sí, separados por secuencias de ADN de apariencia normal, que Ishino llamó “espaciadores”. Y concluía: “No se conoce el sentido biológico de esas secuencias”.

Muy diferente fue el caso de Francisco Juan Martínez Mojica, también un doctorando, pero de la Universidad de Alicante. No sorprendentemente, para su tesis Mojica escogió en 1989 estudiar un microbio, *Haloferrax mediterranei*, que había sido aislado en las marismas de Santa Pola y que mostraba una gran tolerancia a la sal. Al estudiar su genoma encontró una estructura muy peculiar, en la que se repetían, nítidamente separadas, cier-

tas unidades bioquímicas. En 2003, después de haber introducido técnicas bioinformáticas de análisis, se dio cuenta de que en realidad estaba descubriendo unas secuencias repetitivas de ADN que algunas bacterias utilizan como mecanismo de defensa frente a infecciones de virus. Reconociendo la importancia de su hallazgo, Mojica preparó un artículo que envió a la revista *Nature*, que lo rechazó en noviembre de 2003, con el argumento de que la equivocada idea era conocida. En enero de 2004, otra revista, los *Proceedings of the National Academy of Sciences* de Estados Unidos, decidió que el artículo carecía de suficiente “novedad e importancia” para siquiera someterlo a revisión. Algo parecido sucedió con *Molecular Microbiology and Nuclei Acid Research*. Finalmente, el *Journal of Molecular Evolution* lo publicó en 2005, pero tras doce meses de revisiones. Nada nuevo, en realidad, en la historia de la ciencia: un tipo apenas conocido en el mundo científico, de una universidad “menor”, que pretende que ha hecho un descubrimiento importante.⁴

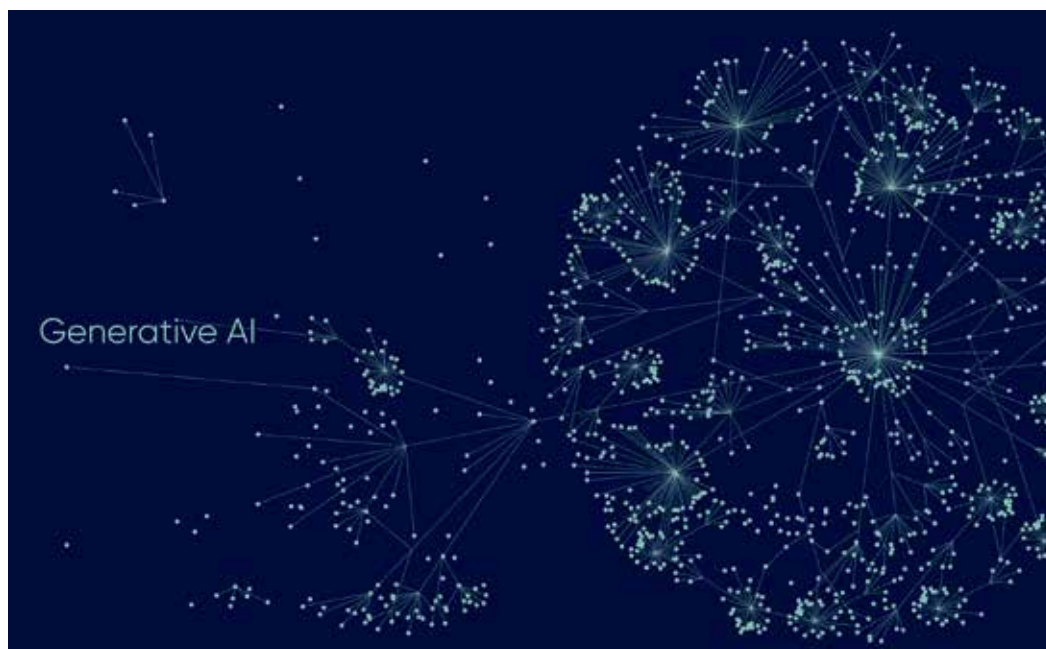
Aquel inicio terminó desarrollándose en líneas no previstas inicialmente, en las que participaron numerosos investigadores, entre los que sobresalieron la francesa Emmanuelle Charpentier, directora del Instituto Max Planck de Biología de la Infección de Berlín, y la estadounidense Jennifer Doudna, catedrática en los Departamentos de Química y de Biología Molecular y Celular de la Universidad de California (Berkeley), y en particular el artículo del que fueron principales responsables –también lo firmaban Martin Jinek, Krzysztof Chylinski, Ines Fonfara y Michael Hauer –, publicado en *Science* en 2012: “A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity”. En la técnica que desarrollaron, que se puede describir como un corta y pega genético, desempeñaba un papel central una enzima, Cas9, que iniciaba el proceso de corte, de ahí que sea denominado CRISPR-

Cas9. Fue a partir de este trabajo –y de otro, prácticamente simultáneo, del lituano Virginijus Siksnys– cuando la atención sobre CRISPR se disparó, aplicándose, por ejemplo, para intervenir en el genoma de organismos como la levadura, el pez cebra, la mosca de la fruta o monos. No es sorprendente que Doudna y Charpentier recibieran en 2020 el Premio Nobel de Química “por el desarrollo de un método de edición genética”, aunque no habría sido injusto que Mojica se hubiera sumado a ellas.

La Inteligencia Artificial y la Ciencia

Por superficial y breve que sea, una mirada retrospectiva a la ciencia de los últimos cincuenta años no podría ser completa sin alguna referencia a lo que es una auténtica revolución, la de los datos y la Inteligencia Artificial (IA). En la presentación de un número especial, el número 14 (diciembre de 2015), de *FrA. Revista de Ciencias y Humanidades* de la Fundación Areces, dedicado a *Big Data*, el director de la Fundación, Raimundo Pérez-Hernández y Torra, señaló algunos de los puntos esenciales de lo que implicaba la disponibilidad y manipulación mediante computadoras de cantidades masivas de datos:

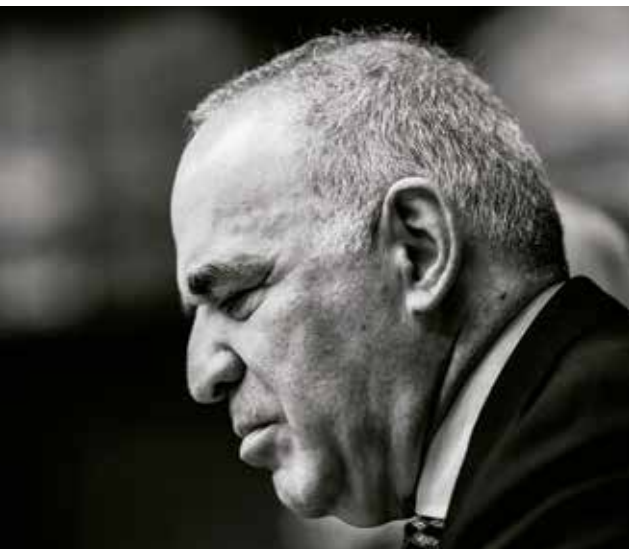
“La creciente utilización de bases de datos cada vez más grandes y heterogéneas hace del estudio de las técnicas aplicadas al Big Data una de las disciplinas más innovadoras y atractivas de los desarrollos científicos recientes, así como de su aplicación empresarial. Durante los últimos siglos la Ciencia, que fue eminentemente empírica con anterioridad, comenzó a adentrarse en la modelización y la formulación matemática en búsqueda de la generalización. En las últimas décadas los datos han vuelto a tomar la iniciativa en forma de Ciencia computacional relacionada con la simulación de procesos complejos y la utiliza-



ción de datos masivos para la predicción de acontecimientos difíciles de prever. [...] La Computación Cloud (la Nube) y el Big Data son dos de los principales campos de innovación actuales asociados a las tecnologías de la Información y Comunicación (TIC). Su irrupción ha implicado la aparición de nuevos desarrollos tecnológicos que están transformando profundamente nuestro entorno económico, empresarial, social y, por supuesto, también el científico. A pesar de su corta edad –la primera mención al Big Data en un documento científico no llega a los 20 años–, su conocimiento se ha popularizado en muy poco tiempo y, dado su carácter transversal, la Nube y el Big Data se han hecho omnipresentes en muy diversos campos de la actividad humana. De las redes sociales a las ciudades inteligentes, de los nuevos servicios de ocio en la Nube al periodismo de datos, de la creación de contenidos a la monitorización del cambio climático. Y, por supuesto, también han impactado notablemente en el mundo de

la Ciencia, no solo porque hayan sido científicos –ingenieros, matemáticos, físicos–, trabajando mayoritariamente en universidades y centros de investigación, quienes han definido y caracterizado estos nuevos sistemas y quienes están haciendo posible la evolución de las nuevas herramientas tecnológicas. La Ciencia también ha encontrado en las funcionalidades y posibilidades que ofrecen la Nube y el Big Data unos nuevos aliados para mejorar la efectividad de sus propios sistemas y medios de investigación.”

Una década después, la IA ha reforzado este escenario. Primero fueron computadoras cuyo “poder” residía en que almacenaban cantidades ingentes de datos que utilizaban programas contruidos para utilizarlos con fines determinados. Ejemplo representativo es *Deep Blue*, una computadora de IBM que derrotó el 11 de mayo de 1997 a Garry Kasparov, campeón mundial de ajedrez. Pero computadoras como *Deep Blue* pronto dejaron su lugar a má-



Garry Kasparov

quinas que “aprenden”, lo que se conoce como *machine learning*. Una compañía londinense dedicada a la IA, DeepMind, creada en 2010 como DeepMind Technologies, y adquirida en 2014 por Alphabet Inc., empresa matriz de Google, se ha distinguido en este campo, desarrollando programas de “aprendizaje profundo reforzado” (“*Deep Reinforcement Learning*”), como el programa de ajedrez, AlphaZero, con el que en marzo de 2019 derrotó a Stockfish, entonces el programa más potente: ganó 28 partidas, empató 72 y no perdió ninguna. Lo distintivo de AlphaZero es que no se basaba en disponer en su memoria de la experiencia, conocimiento o estrategias de jugadores que se hubieran introducido en ella. Lo que sus creadores habían impuesto en su programa eran únicamente las reglas del ajedrez y la instrucción de desarrollar estrategias que maximizaran las victorias frente a las derrotas. Con semejante base, el programa aprendió solo jugando contra sí mismo, un aprendizaje que le duró únicamente cuatro horas. Un detalle digno de reseñar es que al analizar sus jugadas se comprobó que había utilizado movimientos que los expertos no consideraban razonables, como sacrificar piezas que se suponen vitales.

AlphaZero había utilizado estrategias basadas en el reconocimiento de patrones de movimientos en el gran número de jugadas de que podía disponer, estrategias que jugadores humanos no han imaginado, ni hasta el momento comprendido. En el aprendizaje automático, los algoritmos creados por el ser humano solo le dicen a la máquina cómo mejorarse a sí misma, algo que le permite diseñar sus propias rutas para transformar las entradas en salidas. A medida que la máquina ‘aprende’ de in-

BUENA MUESTRA DE LO QUE LA IA QUE APRENDE SOLA PUEDE DAR A LA CIENCIA ES EL DESCUBRIMIENTO DE NUEVOS ANTIBIÓTICOS CAPACES DE ELIMINAR BACTERIAS RESISTENTES

numerables pruebas, fallos y ajustes previos, mejora sus algoritmos y rediseña de forma iterativa sus mapeados internos de los patrones y las conexiones que ‘observa’ en los datos.” En otras palabras, al aprender, las máquinas inteligentes se mejoran a sí mismas.

De lo que la IA que aprende sola puede dar a la ciencia es buena muestra el descubrimiento de nuevos antibióticos que son capaces de eliminar bacterias que hasta habían resistido a todos los antibióticos conocidos, hallazgo que anunciaron investigadores del Massachusetts Institute of Technology a comienzos del 2020. El procedimiento seguido por estos científicos fue utilizar una base de dos mil moléculas, en la que incluían información del tipo de los pesos atómicos y de enlaces químicos, así como su capacidad para inhibir crecimiento bacteriano. A partir de esta información, el programa inteligente aprendió por sí mismo cuáles eran las características de las moléculas antibacterianas. Una vez completado este proceso de aprendizaje, los investigadores suministraron

al programa 61.000 moléculas que imaginaban podrían combatir bacterias patógenas sin ser tóxicas y cuya estructura no se parecía a la de los antibióticos existentes. De esas 61.000 moléculas solo una cumplía estos criterios (ha resultado ser un potente inhibidor del crecimiento de la bacteria *Escherichia coli*). La denominaron “halicina”, recordando a HAL, el ordenador inteligente de la novela-película de 2001. *Una odisea en el espacio*. Hallar este antibiótico mediante los métodos tradicionales de investigación y desarrollo habría costado, si es que se hubiera obtenido, muchos años y cantidades de dinero desorbitadas. El programa no necesitó comprender por qué o cómo funcionan las moléculas antibacterianas –de hecho, en algunos casos nadie sabe por qué funcionan–, lo que hizo fue identificar patrones. Y está en curso otra aplicación, en la que la IA se suma a las técnicas biomoleculares: la de producir genes artificiales, lo que se denomina “biología generativa”.

Nos encontramos aquí con un nuevo método para obtener nuevo conocimiento y desarrollos, uno que no está al alcance de la mente humana. Un método del que es razonable esperar en el futuro avances insospechados. En matemáticas tal vez permita hallar resultados sorprendentes; resultados del tipo, por ejemplo, de los que hasta ahora se denominan “hipótesis” (como la que formuló en 1859 Riemann, relacionada con la distribución de los números primos”), pero que pasarían a ser “demostradas” sin hacerlo mediante los métodos tradicionales de los matemáticos. El futuro, en cualquier caso, dirá.

NOTAS

¹ Sobre LIGO también habló Álvaro de Rújula en la Fundación Ramón Areces en 2016. El texto de su conferencia, “2016 otro año triunfal (para Einstein)”, se encuentra en el número 15 (junio de 2016) de *FrA. Revista de Ciencias y Humanidades* de la Fundación Areces.

² En el primer número de *FrA. Revista de Ciencias y Humanidades* de la Fundación Areces (enero de 2010), se reproducía el texto de conferencia que Juan Antonio Rubio, entonces director general del CIEMAT, pronunció en la Fundación Ramón Areces en 15 de enero de 2009 sobre “El proyecto y situación actual del Gran Colisionador de Hadrones (LHC)”. En ese artículo se explicaban las características del LHC.

³ En el número 8 (diciembre de 2012) de *FrA. Revista de Ciencias y Humanidades* de la Fundación Areces, Manuel Aguilar Benítez de Lugo, director del Departamento de Investigación Básica del CIEMAT, reproducía la conferencia que había pronunciado en la Fundación el 16 de julio de 2012, “¿Higgs o no Higgs? Esta es la cuestión”, en la que comentaba el reciente anuncio del descubrimiento del bosón de Higgs. Señalaba allí que “el trabajo que se ha presentado en Ginebra en esa fecha representa un esfuerzo colectivo de una envergadura sin precedente en el ámbito de la investigación fundamental. En cada uno de estos dos experimentos han participado más de 3.000 físicos, ingenieros y técnicos de cerca de 170 institutos repartidos por medio centenar de países. Un equipo de investigadores del CIEMAT ha participado, durante cerca de 20 años, en el diseño, construcción, validación, operación y análisis de los datos en el experimento CMS, con una formidable motivación, dedicación y determinación que ha merecido aprecio y reconocimiento internacional.” Y mostrando la cautela obligada en el manejo de datos tan complejos, añadía que “a partir de la información disponible le parecía un tanto aventurado afirmar categóricamente que la partícula descubierta en el CERN es en realidad el denominado bosón de Higgs. La estadística acumulada por los experimentos ATLAS y CMS es insuficiente, a día de hoy, para hacer una afirmación tan rotunda.” Poco más de dos años después, el 26 de febrero de 2015, Antonio Pich Zardoya, catedrático de Física Teórica de la Universidad de Valencia, pronunciaba en la Fundación otra conferencia, “¿Y después del Higgs qué?” (reproducida en el número 13 (julio de 2015) de *FrA. Revista de Ciencias y Humanidades* de la Fundación Areces) en la que resaltaba la importancia del descubrimiento del bosón de Higgs, “es –decía– el equivalente del descubrimiento del ADN para los biólogos o de la estructura atómica para los químicos.”

⁴ En enero de 2018, Mojica participó en un Simposio Internacional organizado por la Fundación Ramón Areces en colaboración con el CIBERER sobre “Aplicaciones de la edición genética en la investigación y terapia sobre enfermedades raras”. La suya fue la conferencia inaugural de la que se publicó un extracto, “No tengo tiempo para ser feliz”, en el número 18 (julio de 2019) de *FrA. Revista de Ciencias y Humanidades* de la Fundación Areces.

Sobre el autor José Manuel Sánchez Ron

Es licenciado en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid y doctor en Física por la Universidad de Londres. Es académico de número de la Real Academia Española, académico correspondiente de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, y numerario de la Académie Internationale d'Histoire des Sciences de París.



¡AH, CÓMO HEMOS *CAMBIADO!*

Por JOSÉ GARCÍA MONTALVO

El economista José García Montalvo expone en este artículo algunas de las principales tendencias que han transformado la economía en las cinco últimas décadas, desde el análisis de datos masivos a la consolidación de los experimentos, la economía del comportamiento, los microfundamentos, la especialización o la ciencia colaborativa y abierta.

PARAFRASEANDO LA CANCIÓN de Presuntos Implicados: Ah, cómo hemos cambiado, que lejos ha quedado aquella economía de hace 50 años. En 1976, cuando empezó la andadura de la Fundación Ramón Areces, la economía mundial se encontraba entre dos shocks del petróleo y la economía académica se basaba en unas teorías elegantes con unos pocos datos. Desde entonces la ciencia económica ha cambiado sustancialmente tanto en temática, énfasis y relación con la práctica de la política económica. Hoy es más empírica, más basada

HACE 50 AÑOS LA ECONOMÍA ERA FUNDAMENTALMENTE UN CONJUNTO DE TEORÍAS ELEGANTES ADEREZADAS CON UNAS POCAS OBSERVACIONES. HOY ES UNA CIENCIA BASADA EN GRANDES BASES DE DATOS Y EXPERIMENTOS

en datos y causalidad, y está mucho más cerca de los problemas reales y de las políticas públicas que antes.

En este breve artículo se repasan las principales tendencias que han transformado la economía en las cinco últimas décadas.

1. De la pizarra al ordenador, y de la teoría al dato

Hace medio siglo, gran parte de la economía “seria” eran modelos teóricos que se discutían en pizarras: agentes perfectamente racionales, mercados idealizados, pocos datos y mucha deducción lógica. Hoy, la mayor parte de la investigación en economía es empírica: se apoya en bases de datos masivas (registros administrativos, datos de empresas, etc.) y los modelos se evalúan por su capacidad para

explicar y predecir la realidad observada. Hagemesh (2013) señala que en 1973 el 54,6% de los artículos publicados en las revistas de economía más importantes eran de teoría y un 41,2% eran empíricos. En 2011, solo el 19,1% de los artículos eran teóricos y el 72,1% eran empíricos o experimentales. Esta tendencia ha llegado hasta la actualidad con una pendiente particularmente elevada si se ponderan por las citas (Angrist et al. 2017).

Hace cincuenta años las conclusiones de la teoría no se cuestionaban y eran de aplicación general. Pensemos, por ejemplo, en los efectos del salario mínimo sobre el empleo. La tendencia hacia una visión empírica de la economía ha permitido matizar el impacto del salario mínimo y la heterogeneidad de su impacto en función de multitud de situaciones, sectores, países, etc. Hoy los economistas académicos todavía construimos modelos, pero su relevancia ya no está tan basada en su “belleza” o capacidad de proporcionar resultados paradójicos o inesperados sino en su capacidad de explicar la evolución de los datos observados.

Este movimiento hacia una economía centrada en los datos se fundamenta en varios factores:

- La generalización de los ordenadores y su creciente capacidad de cálculo. En el año 1976 para hacer una regresión era necesario utilizar tarjetas perforadas y, si había cualquier error de programación, era necesario reproducir todo el proceso al día siguiente.
- La creciente disponibilidad de datos creados por la administración pública, las empresas y las agencias estadísticas.

Por tanto, la economía se ha movido de ser un conjunto de experimentos mentales en una pizarra a un campo científico donde las teorías



se confrontan sistemáticamente con bases de datos cada vez más grandes y granulares.

2. De la correlación a la causalidad

Otro gran cambio que se ha producido en los últimos cincuenta años se refiere a cómo se aproximan los economistas a interpretar los datos. En el pasado era común utilizar procedimientos estadísticos que generaban básicamente correlaciones. Hoy en día, en la primera clase de econometría les explicamos a los alumnos que la correlación y la causalidad son dos conceptos muy diferentes y que nos interesa fundamentalmente encontrar causa y no simples correlaciones. La generalización de nuevos procedimientos estadísticos ha permitido avanzar en lo que se ha denominado la “revolución de la credibilidad”, que ha incrementado sustancialmente las exigencias para admitir qué evidencia consideramos convincente. Entre estos procedimientos para fundamentar la causalidad, y que han tenido un

desarrollo sustancial en los últimos cincuenta años, destacan:

- Los experimentos naturales o la utilización de cambios de políticas, loterías, o reglas que afectan a algunos individuos y no a otros a partir de un acontecimiento no controlado por el investigador y que genera una situación similar a la que produciría una asignación aleatoria a un grupo tratado y un grupo de control.
- Las regresiones de discontinuidad. Un diseño de discontinuidad es una forma de experimento natural donde la asignación al tratamiento viene dada por una regla con umbral: quienes están por encima (o por debajo) de un cierto corte reciben el programa, y el resto no. La idea básica es que personas muy cercanas al umbral —justo por encima y justo por debajo— son prácticamente iguales en todo salvo en que unas reciben el tratamiento y otras no; por tanto, la diferencia en sus

resultados puede interpretarse como el efecto causal del tratamiento en torno a ese punto. Un ejemplo típico: una beca universitaria que solo se concede a estudiantes con nota media superior a 7.9. Los que sacan 8.0 reciben la beca, los que sacan 7.8, no; pero un 7.8 y un 8.0 no son “tipos de estudiante” muy distintos, solo han caído a un lado u otro del corte. Si se compara, muy cerca de 7.9, qué ocurre con tasas de matrícula, abandono, etc. a un lado y otro del umbral, el salto que se observa en esos resultados en el punto 7.9 se interpreta como el efecto causal de la beca para estudiantes marginales. La intuición clave es que cerca del umbral el corte actúa casi como una lotería, y eso permite identificar causalidad sin necesidad de un experimento aleatorio clásico.

- El procedimiento de diferencias en diferencias o la comparación de un grupo tratado y otro de control que son esencialmente igual excepto por su exposición a un evento particular. Este procedimiento está muy ligado a los experimentos naturales.

- Las variables instrumentales que explotan los cambios en factores que impactan en el tratamiento sin influir en otros determinantes de los resultados.

El origen de algunos de estos procedimientos es anterior a los años 70 pero su generalización se produjo durante los últimos 50 años gracias al aumento de la capacidad de los ordenadores y la multiplicación de las bases de datos.

En resumen, podemos decir que la revolución de la credibilidad impuso límites estrictos a lo que puede considerarse como evidencia creíble.

3. Del pensamiento al experimento

En los años 70 los experimentos eran marginales en la economía y la gran mayoría de los artículos se basaban en deducciones lógicas a partir de un modelo matemático. Junto con la tendencia al incremento del trabajo empírico se va consolidando también la utilización de experimentos. Estos pueden adoptar varias formas.

- Experimentos de laboratorio.¹ Un experimento de laboratorio en economía es un estudio donde los investigadores reúnen a los participantes en un entorno controlado, les asignan roles (por ejemplo, compradores y vendedores), especifican las reglas de interacción y les pagan en función de sus decisiones y resultados. La idea clave es que el investigador puede controlar rigurosamente la información, los incentivos y el entorno de la transacción o del juego, de modo que cualquier diferencia de comportamiento entre los tratamientos pueda atribuirse a los cambios en dichas condiciones y no a factores externos. Normalmente, los participantes se sientan frente a terminales de ordenador, leen instrucciones escritas y luego toman decisiones (como ofertas, contribuciones o niveles de esfuerzo), normalmente durante varias rondas. Sus recompensas monetarias están directamente vinculadas a estas decisiones y a las de los demás, lo que busca inducir compensaciones económicas reales similares a las que se dan en los mercados o en situaciones estratégicas. Al variar las reglas entre los tratamientos (por ejemplo, el formato de la subasta, la estructura de la información o los términos del contrato), los economistas pueden comprobar si las predicciones de un modelo particular coinciden con el comportamiento observado y explorar cómo las instituciones afectan los resultados.



• Experimentos de campo y ensayos aleatorizados RCT (“randomized controlled trial”) o experimento aleatorio clásico. Un RTC es, en esencia, una “prueba” en la que se compara un grupo que recibe una intervención con otro que no la recibe (o recibe otra distinta). Los RTC se han hecho muy populares en la economía del desarrollo, la educación, la salud o la evaluación de políticas sociales. La condición básica es que, como en un experimento médico, el grupo de control y el tratado han sido decididos de forma aleatoria o al azar. Esto significa que, antes de la intervención, los dos grupos son similares: tienen la misma mezcla de características observables y no observables, de modo que cualquier diferencia posterior en resultados puede atribuirse con bastante seguridad a la intervención y no a que un grupo fuera “diferente” desde el principio. Por ejemplo: un gobierno quiere saber si enviar recordatorios por SMS aumenta el pago puntual de impuestos. Primero elige un conjunto de contribuyentes y luego, por

sorteo, asigna a la mitad a recibir el SMS (tratamiento) y a la otra mitad a no recibirlo (control). Al final compara tasas de pago en ambos grupos: la diferencia se interpreta como el efecto causal del SMS. Para que ese resultado sea creíble, hoy se exigen muchas condiciones paralelas a lo que sucede con los experimentos médicos. Entre las más importantes están: preinscribir el diseño experimental (qué se va a medir, cómo se va a aleatorizar, tamaño muestral, resultados primarios y secundarios) antes de recoger datos para evitar “cocinar” el análisis a posteriori; seguir las reglas de aleatorización sin desviaciones; no cambiar la población objetivo ni los resultados estudiados sobre la marcha; y registrar públicamente el experimento (por ejemplo, en un registro de ensayos o en una plataforma de pre-análisis) para que otros puedan comprobar que lo que se publica coincide con lo planificado. También son cruciales un buen seguimiento de todos los participantes, medir los resultados de la misma forma en trata-

miento y control, y documentar claramente el protocolo, de modo que el ejercicio pueda ser replicado o auditado. Todo esto refuerza la validez interna (que la diferencia observada se deba realmente al tratamiento) y la transparencia del ejercicio.

4. Del “homo economicus” a la economía del comportamiento

Hace cincuenta años los agentes que poblaban los modelos económicos eran “homos economicus”, un modelo simplificado de persona que decide siempre de forma plenamente racional, buscando maximizar su propia utilidad dadas las opciones y la información disponible. En esa caricatura, el individuo sabe perfectamente cuáles son sus preferencias, conoce todas las alternativas y sus consecuencias, compara costes y beneficios, y elige siempre la opción que le da más utilidad al menor coste posible. Además, se solía asumir que este “hombre economicus” era egoísta en el sentido técnico: se guiaba solo por su interés propio, sin que entraran en su función de utilidad las preferencias de los demás. Lógicamente este no era un modelo fiel de las personas reales, pero proporcionaba una base muy clara y manejable para construir teorías y predicciones.

La economía del comportamiento se ha dedicado a documentar cuándo y cómo nos alejamos de ese “homo economicus” idealizado. La economía del comportamiento estudia cómo toman decisiones las personas reales cuando compran, ahorran, invierten, negocian o votan, incorporando ideas de la psicología sobre emociones, atajos mentales y limitaciones cognitivas. Frente al modelo clásico del “homo economicus” la economía del comportamiento muestra que a menudo usamos reglas sencillas (heurísticas) que funcionan bien en muchos contextos pero que sistemáticamente nos llevan a errores predecibles en otros.

Ese enfoque ha permitido explicar mejor fenómenos como el bajo ahorro para la jubilación, las burbujas financieras, la inercia en la elección de contratos o la respuesta a impuestos y subsidios, y ha inspirado políticas públicas que usan “empujoncitos” (nudges) para ayudar a la gente a tomar decisiones más alineadas con sus propios objetivos con cambios sutiles en la arquitectura de elección: no prohíben nada, pero hacen “más fácil” la opción socialmente deseable. Por ejemplo, mensajes en menús o comedores públicos que resaltan la opción saludable (ej.: marcar por defecto la guarnición de ensalada en vez de patatas). Esto aprovecha el efecto del “default” y puede aumentar las elecciones saludables en torno a un 10–20%. Colocar fruta y agua en lugares más visibles en colegios y hospitales, y relegar bebidas azucaradas o snacks a estanterías menos accesibles, cambiando la disposición física sin prohibir productos. Inscripción automática (opt-out) en planes de pensiones de empleados públicos o planes de ahorro, de modo que el trabajador está dentro salvo que diga lo contrario; este uso del default ha demostrado aumentar de forma notable las tasas de participación.

Entre los sesgos más influyentes que ha documentado la literatura destacan:

- Aversión a las pérdidas: perder duele más que ganar lo mismo alegra; preferimos evitar una pérdida de 100 antes que conseguir una ganancia de 100.
- Dependencia del punto de referencia y efecto dotación: valoramos los resultados en relación con un punto de referencia (por ejemplo, el status quo) y tendemos a exigir más para renunciar a algo que ya tenemos que lo que estaríamos dispuestos a pagar por adquirirlo.
- Descuento hiperbólico o sesgo del presente: damos demasiado peso al presente y



poco al futuro, lo que nos lleva a procrastinar, endeudarnos en exceso o ahorrar menos de lo que desearíamos a largo plazo.

- Sesgo de statu quo e inercia: tendemos a quedarnos como estamos, incluso cuando hay alternativas claramente mejores, lo que explica, por ejemplo, la baja tasa de cambio de plan de pensiones o de tarifa eléctrica.

- Heurísticas de representatividad, disponibilidad y anclaje: juzgamos probabilidades por semejanza a un estereotipo (representatividad), por lo fácil que nos viene un ejemplo a la mente (disponibilidad) o nos dejamos arrastrar por un número inicial irrelevante (anclaje), ajustando poco a partir de él.

- Exceso de confianza y comportamiento de rebaño: sobreestimamos la precisión de nuestras creencias y tendemos a seguir lo

que hace la mayoría, algo muy estudiado en finanzas y burbujas de precios.

El listado anterior no es ni mucho menos exhaustivo, pero da una idea de la enorme variedad de desviaciones respecto al individuo perfectamente racional predominante en los modelos de hace cincuenta años. El “homo economicus” es cada vez más humano: a veces racional, otras veces impaciente, muchas veces confuso y muy influido por el contexto y las normas sociales.

5. Del “small data” al “big data”

Un elemento fundamental que ha impulsado el movimiento de la economía hacia la vertiente empírica ha sido la explosión de datos que se ha producido en los últimos 50 años. Hasta los años 70 los economistas solían trabajar con macromagnitudes contables, algunos índices de precios y algunas bases de datos de peque-

ño tamaño construidas de forma “ad-hoc” por los propios investigadores. En la actualidad disponemos de enormes bases de datos, como por ejemplo registros administrativos tributarios y datos de seguridad social que abarcan el conjunto de la población; registros educativos y sanitarios detallados; datos financieros de alta frecuencia, datos de transacciones y registros a nivel de empresa; información geográfica obtenida mediante satélites, teledetección y servicios de cartografía; transacciones bancarias y de tarjetas de crédito; o rastros digitales de plataformas en línea, teléfonos móviles y redes sociales.²

Estas bases de datos permiten a los economistas estudiar cuestiones con un nivel de detalle inimaginable hace unas décadas. Por ejemplo:

- ¿Cómo afecta la apertura de una nueva fábrica en un barrio a los precios de las viviendas cercanas, el empleo local y la contaminación?
- ¿Cómo responden los solicitantes de empleo a los diferentes tipos de información en las bolsas de trabajo en línea?
- ¿Cómo modifica la tarificación por congestión los patrones de conducción hora a hora en una ciudad?

Junto con las bases de datos masivas se utilizan métodos estadísticos y computacionales cada vez más sofisticadas. Los economistas ahora utilizan algoritmos de aprendizaje automático para mejorar la predicción, detectar patrones en datos de alta dimensionalidad y explorar la heterogeneidad en los efectos de los tratamientos. Muchos economistas también trabajan en la combinación de estas herramientas predictivas con una inferencia causal rigurosa, para poder predecir y comprender las causas de los acontecimientos.

Por tanto, la economía ya no se limita a estadísticas agregadas como el PIB o el desempleo. Se ha convertido en un campo de microdatos y registros digitales, donde podemos observar el comportamiento a una escala muy detallada, lo que plantea enormes oportunidades.

6. De la macroeconomía a los microfundamentos macro

En el campo de la macroeconomía, o el estudio del crecimiento, los ciclos económicos, la inflación y la política fiscal y monetaria, se ha pasado de modelos simplificados (o de forma reducida) del comportamiento del consumo o la inversión agregados a modelos microfundamentados donde los agregados son el resultado explícito del comportamiento optimizador de individuos y empresas y el vaciado del mercado. Justo hace 50 años, Lucas (1976) revolucionaría la macroeconomía con su crítica a los grandes modelos de ecuaciones simultáneas utilizados en aquel momento por bancos centrales y agencias de previsión económica.

La macroeconomía “clásica” anterior a Lucas (1976) usaba el esquema IS-LM y modelos grandes de ecuaciones simultáneas, con funciones de consumo, inversión, demanda de dinero, etc., especificadas directamente a nivel agregado y estimadas con series macroeconómicas. El lado de la oferta se capturaba con una curva de Phillips y las expectativas eran, en general, adaptativas o incluso tratadas como constantes. Las ecuaciones estructurales se asumían estables, lo que llevó a errores de predicción durante la estanflación de los 70 y a la crítica de Lucas sobre la invariancia de los parámetros.

La crítica de Lucas señala que los modelos macro “clásicos” (keynesianos de los 60-70)

no sirven para evaluar cambios de política porque tratan a la gente como si no aprendiera ni cambiara su comportamiento cuando cambia la política. Cuando el gobierno cambia sistemáticamente la política (más inflación, más gasto, nuevas reglas), los agentes revisan sus expectativas y su forma de decidir; por tanto, las relaciones estadísticas entre variables también cambian. Lucas argumenta que los coeficientes que determinan las relaciones entre variables dependen de las reglas de política y de las expectativas; si cambias la regla, cambias el comportamiento y se rompen las regularidades históricas. Por eso propone que los modelos de política se construyan a partir de “parámetros profundos”: preferencias, tecnología y restricciones, que son más estables y gobiernan la decisión individual. Para formar expectativas que no miran al pasado o son constante los modelos con microfundamentos solían apoyarse en expectativas racionales: la gente usa la información, incluyendo la propia política económica, para formarse expectativas “coherentes” con el modelo. Por tanto, para hacer análisis de política hay que construir modelos microfundados, donde las ecuaciones agregadas se deducen de decisiones individuales con expectativas racionales. La complejidad es estos modelos, que no tienen en muchos casos una solución en forma cerrada, implica la necesidad de realizar una calibración de los parámetros profundos para luego obtener simulaciones que se comparan con la evolución observada de las variables analizadas. Los modelos más recientes proporcionan microfundamentos para las rigideces observadas en algunos mercados y permiten analizar formas de heterogeneidad y formación de expectativas que no son meramente racionales. De esta forma el “homo economicus” de los primeros modelos con microfundamentos evitan usar el supuesto de que existe un individuo representativo del conjunto de los agentes y que tiene expectativas racionales.

7. De grandes campos a la especialización

Desde los años setenta, la economía ha pasado de estar organizada en torno a unos pocos grandes bloques —microeconomía, macroeconomía y econometría— a convertirse en una disciplina mucho más fragmentada y especializada. La econometría dejó de ser solo una rama técnica para convertirse en una infraestructura intelectual de todos los campos. Al mismo tiempo, el crecimiento del énfasis en los datos, del poder de computación y de los métodos aplicados empujó a la economía hacia una producción cada vez más orientada a problemas concretos, con más énfasis en evidencia, estimación y evaluación de políticas. Esa evolución multiplicó las subespecialidades. El resultado ha sido una disciplina con más áreas de trabajo y con una identidad cada vez menos centrada en unas pocas grandes preguntas unificadoras. La especialización tiene una lógica clara: permite acumular conocimiento con mayor profundidad, usar técnicas más sofisticadas y responder a problemas más específicos. Pero también tiene un coste, porque fragmenta el lenguaje común de la profesión y dificulta que un mismo investigador domine con soltura varios campos a la vez. Esto ha favorecido el desarrollo de agendas de investigación más concretas, ligadas a instituciones, políticas públicas, mercados particulares y preguntas causales muy delimitadas. En ese sentido, el cambio no ha sido simplemente una división del trabajo, sino una transformación de la propia forma de hacer economía. La disciplina pasó de buscar grandes marcos explicativos únicos a operar como una constelación de comunidades especializadas, conectadas por métodos comunes pero separadas por objetos de estudio cada vez más precisos.

En la actualidad, la economía está dividida en multitud de campos de investigación³ pero los

de mayor crecimiento son los que podríamos denominar bajo el epígrafe de economía aplicada y que incluiría:

- Economía laboral
- Economía pública
- Economía del desarrollo
- Economía de la salud
- Economía de la educación⁴
- Economía urbana y de la vivienda⁵
- Economía ambiental y energética
- Organización industrial (competencia y regulación)
- Economía experimental
- Finanzas, macrofinanzas, finanzas internacionales
- Economía política
- Economía de género, economía familiar y economía del crimen

8. Del lobo solitario a la colaboración

Junto con la especialización, la colaboración ha crecido sustancialmente. Hasta los años 70 la mayoría de los artículos académicos era obra de uno o, a lo sumo, dos autores. La evolución ha sido claramente ascendente: en economía, los artículos han pasado de ser mayoritariamente de un solo autor a ser, en la actualidad, predominantemente coautorados. En una muestra de las revistas más importantes en economía,⁶ la media de autores por artículo subió de 1,3 en 1970 a 2,3 en 2012, y la proporción de artículos de autor único cayó de alrededor del 75% en los primeros años 70 a cerca del 25% hacia 2011-2012. Desde los 90 y especialmente en las dos últimas décadas, el aumento de la coautoría se aceleró. En un análisis de 225 revistas de economía, los artículos de tres autores y de cuatro o más autores crecieron con especial fuerza, hasta el punto de que los trabajos con varios autores pasaron a dominar la literatura publicada: en 1996 los artículos con un autor eran el 50% para pasar

al 25% en 2014, momento en que el 10% de los artículos ya tenían 4 o más autores. Los artículos con múltiples coautores son ahora la norma, no la excepción. Las colaboraciones suelen combinar diferentes fortalezas: por ejemplo, un investigador aporta un profundo conocimiento institucional del contexto, otro aporta un modelo teórico para interpretar las relaciones entre las variables analizadas, otro aporta el conocimiento de técnicas econométricas avanzadas y otro contribuye con trabajo de campo o diseño experimental.

**ES UNA DISCIPLINA MÁS
CONECTADA CON OTRAS
DISCIPLINAS, DONDE
LA COLABORACIÓN Y
LOS EQUIPOS SE HAN
CONVERTIDO EN UN
ELEMENTO FUNDAMENTAL
EN EL DESARROLLO DE LOS
PROYECTOS**

Una explicación de esta transformación hacia grupos grandes de investigadores, en línea con lo que venía ya sucediendo con otras ciencias como la biología o la física, es la creciente especialización de la disciplina, que hace necesario combinar perfiles distintos en un mismo trabajo. También han influido los incentivos académicos para publicar más, la mayor complejidad técnica de los proyectos y la mejora en las comunicaciones y el trabajo a distancia, que facilitan la colaboración entre investigadores.

La tendencia no es exclusiva de la economía: estudios sobre muchas áreas muestran que el número medio de coautores por artículo ha aumentado de forma sostenida en prácticamente todos los campos. En ciencias naturales y biomédicas, ese proceso ha sido aún más extremo,⁷ con equipos de investigación gran-



des y muy especializados, mientras que en ciencias sociales el aumento también existe, pero suele ser más moderado.

9. Del “yo me lo guiso, yo me lo como” a la transparencia y la ciencia abierta

Otro cambio menos visible desde fuera, pero de gran importancia dentro de la profesión, es la tendencia hacia una mayor transparencia y apertura en la investigación. En el pasado la poca relevancia de la mayoría de los trabajos publicados en revistas académicas llevaba a pocas referencias fuera del ámbito estrictamente académico, e incluso en el mismo. El incremento de la relevancia práctica y la atención mediática sobre los resultados de la investigación económica ha llevado a una mayor atención sobre la calidad de los mismos. En los años 70 no existían protocolos específicos para contrastar los resultados empíricos de los trabajos antes de su publicación ni exigen-

cias respecto a la disponibilidad de los datos. Además, la publicación en “cerrado” hacía menos accesible a la comunidad científica el acceso a los artículos si no se disponía de una suscripción normalmente de precio elevado. En la actualidad la mayoría de las revistas con alto impacto exigen a los autores:

- Compartir sus datos (o al menos el código para acceder y procesar datos confidenciales).
- Compartir su código para la limpieza de datos y la generación de resultados para reproducir el proceso de generación de los resultados finales desde los datos originales.
- Registrar los planes de preanálisis para experimentos y algunos estudios cuasiexperimentales.

Esto facilita la replicación y el análisis de los trabajos publicados. También ayuda a reducir la presentación selectiva de resultados y la



manipulación de datos que consistía en probar múltiples especificaciones y reportar solo aquellas que producen resultados significativos. Los economistas también se han vuelto más conscientes de las cuestiones éticas, especialmente al trabajar con poblaciones vul-

SE HA PASADO DE UNA ORGANIZACIÓN EN UNOS POCOS GRANDES BLOQUES (MICROECONOMÍA, MACROECONOMÍA Y ECONOMETRÍA) A UNA MAYOR FRAGMENTACIÓN Y ESPECIALIZACIÓN

nerables o datos sensibles. Las preguntas sobre privacidad, consentimiento y posibles daños derivados de experimentos o políticas son ahora más importantes que hace varias décadas, aunque aún queda camino por recorrer.

La importancia de la transparencia en los pro-

cesos de obtención de los resultados también se ha visto impulsada por la mayor relevancia de la economía académica en la vida económica. Por ejemplo, los bancos centrales emplean a grandes equipos de economistas para diseñar y evaluar la política monetaria. Los ministerios de finanzas y economía, y las organizaciones internacionales dependen en gran medida de los economistas para realizar predicciones, diseñar sistemas tributarios y evaluar programas. Los resultados de evaluaciones económicas sirven para validar o descartar políticas de vivienda, educativas, sanitarias o relativas al transporte. Las ONG y las agencias de desarrollo trabajan con economistas académicos para diseñar y evaluar intervenciones. Además, en los últimos 50 años la economía ha ido calando en el debate público y el lenguaje cotidiano. Términos como “incentivos”, “externalidades”, “sesgos cognitivos” o “análisis de coste-beneficio” se han incorporado al uso común y libros como *Thinking fast and slow*, de Daniel Kahneman, han vendido millones de copias y obtenido premios y menciones en los medios de comunicación de masas como grandes “best sellers”. En los últimos años se oye a los responsables políticos hablar cada vez con más frecuencia de “políticas basadas en la evidencia” lo que sin duda es influencia de los avances de la economía en las últimas décadas.

10. Del monopolio ideológico a la diversidad y la interdisciplinaridad

La economía académica también ha cambiado sustancialmente en su apertura a otras ciencias y otras aproximaciones. Hace 50 años los supuestos de competencia perfecta, homogeneidad de los individuos, etc. eran totalmente dominantes. Cuestiones como la desigualdad, el cambio climático o los determinantes políticos de la economía ocupaban a un grupo muy minoritario de la profesión. En la actualidad

el análisis del impacto distribucional de cualquier política es un elemento básico, lo que implica que existe heterogeneidad entre los individuos. Además, la economía política se ha convertido en un elemento fundamental de muchos de los análisis de políticas públicas. La economía, que antes de la década de los 80 estuvo muy volcada hacia las matemáticas y la física, ha incorporado elementos de la psicología, la sociología, la política, la antropología, la biología, etc. en una amalgama que ha enriquecido los análisis de los economistas, aunque desde estas otras disciplinas se hable de “imperialismo económico”. Este concepto alude a la idea de que la economía ha extendido sus métodos, categorías y supuestos al estudio de fenómenos que antes se explicaban sobre todo desde la ciencia política, la psicología o la sociología. Una razón de esta crítica es que los economistas han ganado mucha visibilidad en el debate público y en la formulación de políticas, y eso ha reforzado una jerarquía intelectual donde la economía aparece como la disciplina “central” entre las ciencias sociales. Otra razón es metodológica: la economía suele presentarse como una disciplina más formal, más cuantitativa y más cercana al ideal de ciencia empírica que otras disciplinas sociales.

En conclusión, los economistas que hace 50 años representaban a la profesión no reconocerían a la economía académica de nuestros días. Hace cincuenta años la economía era fundamentalmente un conjunto de teorías elegantes aderezadas con unas pocas observaciones. Hoy la economía es una ciencia basada en

grandes bases de datos y experimentos, donde se buscan respuestas creíbles a preguntas concretas, con una gran influencia sobre la sociedad y los decisores de política económica. Es una disciplina más conectada con otras disciplinas, donde la colaboración y los equipos se han convertido en un elemento fundamental en el desarrollo de los proyectos. En resumen, hoy la economía es más científica que nunca porque es más empírica que nunca. Hace cincuenta años era ciencia con minúsculas, pero hoy es CIENCIA con mayúsculas.

NOTAS

Angrist, Joshua, Pierre Azoulay, Glenn Ellison, Ryan Hill, y Susan Feng Lu. (2017). “An Empirical Turn in Economics Research” *American Economic Review: Papers & Proceedings*.

Cabralles, Antonio e Ismael Sanz (editores), (2024), *Economía de la educación*, FRA HandBooks, Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, Madrid.

Espinosa, María Paz y Pablo Brañas-Garza (2024), *Métodos experimentales en Economía*, FRA HandBooks, Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, Madrid. <https://www.fundacionareces.es/fundacionareces/es/publicaciones/metodos-experimentales-en-economia.html>

Figlio, D. (1994). “Trends in the Publication of Empirical Economics.” *Journal of Economic Perspectives*

García-Montalvo, José y Josep María Raya (2025), *Economía de la vivienda*, FRA HandBooks, Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, Madrid.

Lucas, Robert (1976). “Econometric Policy Evaluation: A Critique”, en Brunner, K.; Meltzer, A., eds., *The Phillips Curve and Labor Markets*, Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy 1, New York: American Elsevier, pp. 19-46

Hameresh, D. S. (2019). “Six Decades of Top Economics Publishing: Who and How?” *Journal of Economic Literature*.

Peña, Daniel (editor) (2025), *Investigación Económica con Datos Masivos*, FRA HandBooks, Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, Madrid. <https://www.fundacionareces.es/fundacionareces/es/publicaciones/investigacion-economica-con-datos-masivos.html>

Sobre el autor José García Montalvo

Miembro del Consejo de Ciencias Sociales y antiguo becario de la Fundación Ramón Areces. Catedrático del Departamento de Economía y Empresa de la Universitat Pompeu Fabra (UPF) y Profesor investigador de la Barcelona Graduate School of Economics y del IVIE. Doctor en Economía por la Universidad de Harvard.



MEDIO SIGLO *DE CREACIÓN EN LIBERTAD*

Por FERNANDO R. LAFUENTE e IVÁN Cerdán BERMÚDEZ

España ha culminado en los últimos cincuenta años un cambio social, político, económico y cultural extraordinario, y ha encontrado en la lengua española su auténtico petróleo. Un intangible y bien tangible, en términos económicos, que tiene en la creación cultural y en las industrias culturales uno de sus mayores efectos internacionales.

MALOS TIEMPOS para las Humanidades. Éric Sardín (París, 1973), autor de *El desierto de nosotros mismos* (Caja Negra), en una entrevista en el diario *El País* (5, abril, 2026), alertaba sobre un fantasma que recorre el campo de las Humanidades: “*Imagine –le señalaba a su entrevistador, Daniel Verdú– un mundo sin escritores, sin escuelas, sin artistas. Eso es lo que se extingue*”. Aludía, claro está, a la amenaza, pero no es la única de la confusa y laberíntica Inteligencia Artificial, para las

EL HUMANISMO CONTEMPORÁNEO NO PUEDE ENTENDERSE NI COMO SIMPLE CONTINUIDAD DE LOS MODELOS ANTERIORES NI COMO RUPTURA TOTAL CON ELLOS. LO QUE SE PRODUCE ES UN DESPLAZAMIENTO

Humanidades. Cualquier ejercicio relativo a las Humanidades tiene una condición esencial: la libertad de creación, es decir, la libertad de expresión. Por ello, cualquier reflexión sobre las Humanidades en la España contemporánea debe tomar 1975 como punto de partida. No porque antes no existiera una preocupación por lo humano, siempre ha existido, sino porque desde la muerte de Franco y el comienzo de la brillante Transición política a la democracia, con la celebración de Elecciones Generales en junio de 1977, cambian de manera profunda las condiciones en que esa preocupación puede expresarse. La desaparición de la censura, la apertura política y cultural, la entrada en los circuitos europeos y la rápida transformación social modifican el lugar de las Humanidades, es decir, de la Cultura. Como destaca el historiador Santos Juliá, al estudiar la Transición no sólo se contempla, históricamente, como un proceso institucional, sino como un cambio de clima histórico y simbó-

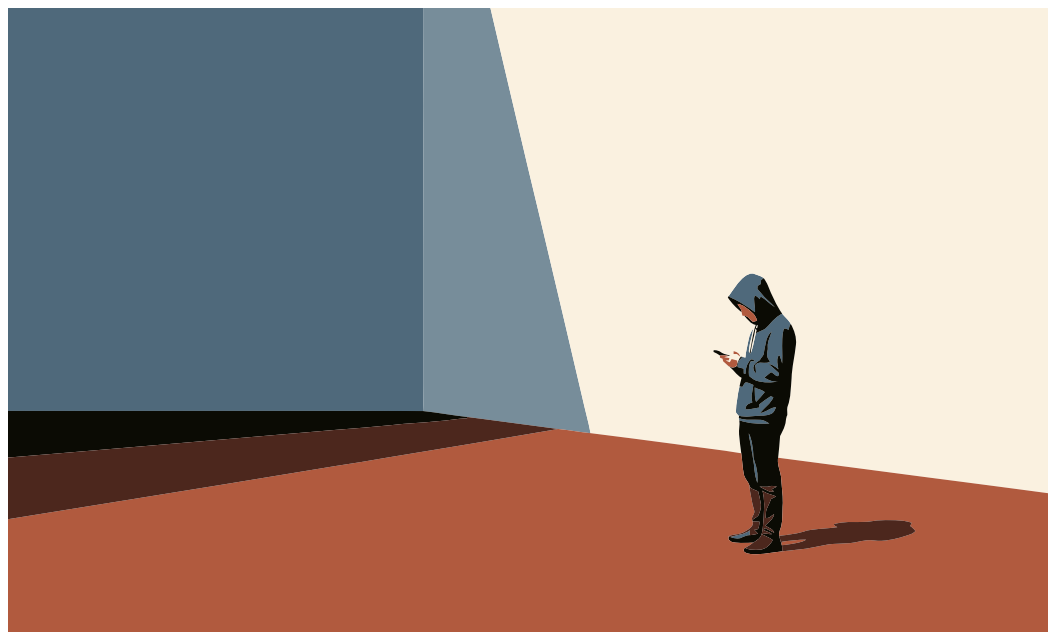
lico; las Artes y las Letras, ahora en absoluta libertad de creación, se enfrentan a una tarea más compleja: pensar la experiencia humana en una sociedad abierta, cambiante y cada vez menos estable, pero con la libertad como estandarte imprescindible.

Conviene antes de adentrarnos en los profundos cambios que en materia de Cultura experimenta la sociedad española en este medio siglo, hacer, de manera breve, un poco de Historia. Humanismo, desde el Renacimiento italiano, es un rescate de los valores clásicos, del saber primigenio, de la antigüedad de Grecia y de Roma; después, ese monumental movimiento de arte, literatura, filosofía, en suma, de saber hacia el pasado oculto, se forja en los nombres, al menos en español, desde la figura esencial de Cervantes a Luis Vives; el autor anónimo del *Lazarillo* (¿Alfonso de Valdés?); Juan de Valdés, Francisco de Aldana, Nebrija, Andrés Laguna, Pérez de Oliva, fray Luis de León, San Juan de la Cruz, Sor Juana Inés de la Cruz, Pero Mexía, Cervantes de Salazar y tantos otros que configuran el mapa de lo que serán, además, los Siglos de Oro de la creación y el pensamiento. Para la académica Aurora Egido:

“La dignidad de la lengua y de las distintas disciplinas humanísticas, desde entonces acá, y por encima de sus variados contenidos y manifestaciones, supone una imagen del saber que trata de imponerse según unos mode-



Elecciones de 1977



los que se enfrentan a otros con un evidente afán de preeminencia y dominio en todos los órdenes.”

Es el hecho que acompañará a las Humanidades desde entonces. Ya el también académico Francisco Rodríguez Adrados, preclaro y romántico paladín de la defensa heroica, sin duda, ante los bárbaros contemporáneos (que los hay), paladín, valga insistir en ello, de los estudios clásicos en las aulas advertía en *Humanidades y enseñanza* (Taurus, 2002) cómo un edificio se pudría desde dentro de los mismos lugares del saber. Si “*el lenguaje es la casa del ser*”, como señalaba Heidegger, y recuerda Egido, nada más cercano al asunto que nos ocupa que dilucidar el papel, la dimensión y las perspectivas que afronta hoy el marco de las denominadas Humanidades, que deberá extenderse, por mor de los tiempos, a las llamadas industrias culturales y que, esa extensión, se prolongará más allá de las limitadas fronteras españolas al amplio campo de la cultura en español. Recordaba la citada Egido en la revista *Ínsula*:

“Si los nombres pueden ser consecuencia de las cosas, es posible que el vacío de las palabras Humanidades y Humanismo tenga mucho que ver con el mencionado desgaste de tales disciplinas y conceptos que han sufrido en los últimos tiempos.”

En ese desgaste, que surge de numerosos devenires sociales, económicos y, por qué no, educativos, aparece el nombre de un gran ensayista y exégeta prominente de las Humanidades, Nuccio Ordine (12958-2023), autor de un libro hoy imprescindible, *La utilidad de lo inútil* (2017). Con él se propone, y logra, romper ese tópico un tanto indecente que describe a las Humanidades como algo inservible en la sociedad contemporánea. Ordine, en la órbita de otros pensadores europeos como Ortega, Camus, Aron, Steiner, Habermas, defiende el lugar principal no sólo de los estudios humanísticos, sino de la creación surgida de las disciplinas humanistas como una piedra angular de una sociedad democrática, libre, abierta y forjada, también, en las grandes creaciones artísticas de siglos. Ordine recibió el Premio

Princesa de Asturias 2023 de Comunicación y Humanidades. Por ejemplo, Alvar Ezquerro recoge la geografía pedagógica humanista en su estudio y relación de *Las Humanidades en el siglo XX* para los programas de enseñanza:

“Engloba bajo el marbete de Humanidades: Bellas Artes, Filología, Filosofía, Geografía, Historia, Historia del Arte, Humanidades propiamente dichas.”

A las que cabría añadir, ya en estas décadas del siglo XXI: el cine, la música (sin duda debería haber estado antes), los cómics (o novela gráfica) y, por qué no, los videojuegos.

Alvar Ezquerro va más allá:

“Puestos en este trance, a mí, como filólogo, me resulta imprescindible acotar el significado de Humanidades para conocer, a partir de esta delimitación, el objeto y alcance de nuestra reflexión. Según el DRAE, la octava acepción de la voz ‘Humanidad’ remite a las ‘letras humanas’ y en la entrada ‘letra’ se equipara y precisa el sintagma ‘letras humanas’ con ‘literatura, y especialmente la clásica’. Difícilmente, sin embargo, nos puede satisfacer esa definición en un momento en que Humanidades se utiliza profusamente como un sustantivo ya sin singular (...) pues con él se designa tanto un ámbito del saber humano (de perfiles cada vez más confusos y difusos) como los estudios académicos que conduce o deberían conducir específicamente a alcanzarlo.”

No es cuestión, en estas páginas, de entrar en, ese sí que sí, confuso y difuso concepto contemporáneo de Cultura. Un galimatías de proporciones cósmicas. Entre un concepto arqueológico (o tradicional) y otro antropológico (cercano a ese magma conceptual que son los llamados Estudios Culturales). Lo advirtió Pierre Bordieu respecto a la percepción de tales conceptos:

“Los productos culturales -escribe Jo Labanyi- se designan como cultura de élite o cultura popular, no por sus cualidades intrínsecas, sino según quiénes los consumen -la cultura de élite siendo consumida por los sectores más educados, de una manera distancia e intelectual; y la cultura popular siendo la consumida por los sectores menos educados, mediante la participación afectiva y a veces física. Este esquema permite reconocer que el mismo producto cultural puede ser cultura de élite y cultura popular a la vez, siendo consumido por públicos diferentes; y los diversos públicos puede, en determinadas circunstancias y por razones estratégicas, adoptar los gustos culturales del otro grupo.”

Y en el medio de este vaivén, las Humanidades. En su dimensión creativa. Dejemos para otro momento su innegable dimensión educativa; es decir, de bendita instrucción. Por ello, son diversos los territorios sociales y culturales de las Humanidades: valores humanos, letras humanas, estudios clásicos y la persona, el individuo en el centro. No de otra manera surgió el Humanismo. Colocar al individuo en el centro del universo. La persona, la dignidad humana, la razón ilustrada, en suma, la libertad. Valgan estas palabras de Hans-Georg Gadamer:

“La cultura no es el empleo del tiempo libre; la cultura es lo que puede impedir que los hombres se precipiten unos sobre otros y sean peores que un animal. Peores porque, a diferencia de los hombres, los animales no conocen la guerra, es decir, la lucha entre congéneres hasta la aniquilación”

O en palabras de Zygmunt Baumann, que va un punto más de allá de su colega:

“Al fin y al cabo, la cultura entró hace dos siglos en nuestro vocabulario con el significado opuesto: el de antónimo de naturaleza, señalando aquellos rasgos humanos, en nítido



Sede del Instituto Cervantes en Madrid

contraste con los pertinaces hechos naturales, son productos, sedimentos con efectos colaterales de las elecciones humanas. Hechos por el hombre, pueden, en principio, ser deshechos por él.”

Por eso el humanismo contemporáneo no puede entenderse ni como simple continuidad de los modelos anteriores ni como ruptura total con ellos. Lo que se produce es un desplazamiento. La pregunta por el ser humano sigue ahí, pero ya no se apoya en un suelo firme. Conceptos como dignidad, verdad, identidad, memoria o comunidad no desaparecen, pero dejan de ser evidentes. Tienen que ser repensados en un contexto donde el presente se vuelve problemático por sí mismo. En este punto resultan útiles las reflexiones del citado Paul Ricoeur sobre la identidad narrativa y la fragilidad de la memoria, y también, en otro registro, las de Zygmunt Bauman cuando describe una modernidad marcada por la fluidez de los vínculos, la incertidumbre y la erosión de las seguridades colectivas. No se trata de trasladar mecánicamente esas categorías al

caso español, pero sí de reconocer que ayudan a nombrar una mutación de fondo: lo humano sigue siendo el centro de muchas obras, aunque ya no como esencia firme, sino como problema. Y el lenguaje, la herramienta vertebral de cualquiera de sus manifestaciones.

Convendría, pues, aun cuando fuera como mero intento de acotar un territorio, fijar el correoso (hoy) concepto de Humanidades (para este medio siglo de vida española que, sin duda, celebramos). Si las Humanidades, llamadas al principio de todo *Studia Humanitatis*, tienen desde el más remoto de sus orígenes una definición posible ésta sería la que señala como instrumento de trabajo, de conocimiento, de creación a la palabra o a la imagen, que definen, también, el espacio de lo imaginario y el espacio de la belleza, “*la esencia del mundo es el lenguaje*” (Gershom Scholem), pues toda realidad, incluso la soñada, se compone de palabras y de imágenes.”

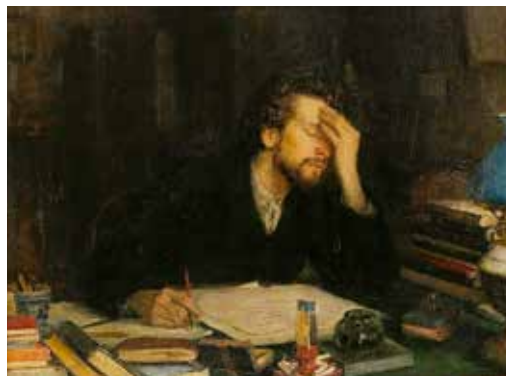
Incluso la ciencia se expresa con palabras, conceptos que devienen de la filosofía, y ésta,

como bien recordó Nietzsche, de la filología. Dicho lo cual, y con la benevolencia del querido lector será conveniente recordar cómo en los primeros años de la democracia buena parte de la cultura española sigue mirando al pasado reciente. La Guerra Civil, la dictadura, la censura y la vida cotidiana bajo el franquismo siguen siendo capítulos centrales en cuanto, como nos sugiere Tzvetan Todorov en *Los males de la Historia* (1993), la memoria cumple entonces una función reparadora: recuperar lo silenciado, dar forma a lo interrumpido, devolver la voz a quienes habían quedado fuera del relato. Pero con el paso del tiempo el centro de gravedad se desplaza. La consolidación

LAS GRANDES FUNDACIONES HAN DESARROLLADO UNA ACTIVIDAD INGENTE EN LA CONSOLIDACIÓN DE UNA OFERTA CULTURAL TAN ATRACTIVA COMO DIVERSA, Y SON UNA PIEZA BÁSICA EN EL FUNCIONAMIENTO DE LA CREACIÓN HUMANÍSTICA ESPAÑOLA

de la sociedad de consumo, la urbanización, la transformación de la intimidad, la precariedad laboral y la presencia creciente de la tecnología introducen otras preguntas. El pasado ya no desaparece, pero deja de ser el único eje. Andreas Huyssen ha explicado bien cómo las culturas contemporáneas convierten la memoria en un terreno inestable, atravesado por restos, archivos, fragmentos y retornos.

En España eso se advierte con nitidez: el trabajo sobre el pasado continúa, pero se combina cada vez más con una exploración del presente como espacio de desajuste. Y se cae en una trampa historiográfica bien grave: la anacronía. Es decir, juzgar los hechos del pasado con la mentalidad del presente. Esta trampa



Encarnar la idea de pensamiento sin certezas, en soledad

a la Historia tiene un riesgo grave, extremo, si no llegas a entender qué y por qué ocurrió, cuáles fueron las causas, quiénes los protagonistas, en qué circunstancias y bajo qué intereses esos capítulos terribles pueden regresar. Comprender desde la Historia, desentrañar, no significa, nunca, aceptar.

De ahí que pueda hablarse de un humanismo sin garantías, porque ya no puede sostenerse sobre certezas previas. La cultura no ofrece una imagen estable del ser humano. Lo muestra más bien en su fragilidad: en el cuerpo, en la enfermedad, en la memoria incompleta, en los vínculos vulnerables, en la precariedad material, en el desgaste del lenguaje y en la dificultad de construir una identidad firme. El sujeto ya no aparece como centro soberano del mundo, sino como una realidad expuesta. Y la Verdad como una quimera perdida en el viento. Volvamos a Nietzsche cuando anticipa, con visionaria lucidez, lo que se nos viene encima, y es cuando nos advierte de que la realidad no existe, existe la interpretación de la realidad. Disolución absoluta, deconstrucción al máximo, fragilidad brutal. Perdido el continente de la verdad, en función de una realidad asumida, se fragmenta en archipiélagos múltiples y dispersos. Esa exposición no anula lo humano, pero obliga a pensarlo de otra manera. Ya no desde la afirmación tranquila de una dignidad

abstracta, sino desde la intemperie de las experiencias concretas.

En las siguientes páginas trataremos de describir grandes tendencias que manifiestan las disciplinas entendidas dentro de las Humanidades, sin mencionar nombres, obras y demás. No es propósito de estas líneas elaborar un listado, siempre, en cuanto a la naturaleza del presente capítulo, arbitrario, circunstancial y variable. Primero, porque es tanta, y tan destacada, y tan brillante, al menos por parte de algunos y de algunas, la actividad desarrollada en este medio siglo que desbordaría, para ser precisos, concisos, el espacio asignado. De lo que se trata, al menos esa es nuestra modesta intención, es de señalar las grandes rutas, las grandes geografías en las que se integran, viven y crean las Humanidades en España. Cuando se señalan a unos se obvian otros, y aquí el interés se centra en dibujar las grandes líneas de creación. Después, cada cual colocará a quien considere. Y seguro que no se equivoca. Lástima, también, porque nos habría apetecido, creemos con justicia torera, incluir a las Humanidades no solo españolas, sino las que se expresan en español.

Hoy esas fronteras nacionales, culturalmente, están felizmente superadas. España, en estos cincuenta años ha experimentado, ha conseguido culminar un cambio social, político, económico y cultural extraordinario y ha encontrado en lo que, como se ha repetido con insistencia, significa la lengua española su auténtico petróleo. Un intangible, bien tangible (véanse los datos económicos) y que tiene en la creación cultural y en las industrias culturales uno de sus mayores efectos internacionales, como ninguna otra actividad (salvado el turismo). Esto es un hecho.

Unos datos que avalan que hoy la clave está, estaría, ojalá así lo vean los que tiene que tomar decisiones políticas que implican al resto

de la ciudadanía, en promover un solo concepto: la cultura en español, en estrecha connivencia con las naciones iberoamericanas. Porque hoy el español es una lengua americana. Nueve de cada diez hablantes de nuestro idioma están al otro lado del Atlántico y apenas un 5 por ciento pronunciamos la “*ce*”. Es decir, esto es una empresa colectiva, de igual a igual en cada nación con un objetivo común: la creación literaria y artística (en nuestro caso de las Humanidades) en español. Ahí sí está el fruto, la labor, el éxito de estos cincuenta años de Humanidades. La creación del Instituto Cervantes en 1991 fue definitiva. Y aunque nacía tarde respecto a sus colegas de otras lenguas y otras culturas (Francia, Reino Unido, Alemania, Italia) también es cierto que nacía ya en un sistema democrático y con todas las garantías para el fomento de la lengua y la cultura con total libertad.

Lugar destacado en estos cincuenta años le corresponde a las grandes Fundaciones, preferentemente privadas. Han desarrollado una actividad ingente en la consolidación de una oferta cultural tan atractiva como diversa. Hoy son una pieza básica en el funcionamiento de la creación humanística española. No solo por la organización de exposiciones y sus numerosas y muy distintas y distantes actividades culturales (coloquios, seminarios, congresos, conferencias) sino por el cúmulo de becas y ayudas a la investigación que se distribuyen en los ámbitos humanísticos más variados. Completan el mapa cultural español de manera insustituible hoy ya. En cualquier ciudad española, fundaciones ligadas a bancos, empresas, asociaciones, particulares, legados familiares, entre tantos modelos, han configurado un programa de iniciativas memorable.

Han llegado allí donde el Estado no podía o no sabía llegar. Han completado, con profesionalidad, curiosidad, visión crítica y gran despliegue publicitario, los anhelos de la sociedad

española ávida de cultura, de conocimiento y de libertad. Han diseñado un espacio, antes reservado al Estado o al Gobierno de turno (recuérdese que el primer Ministerio de Cultura, se crea en los albores de la transición por la Unión de Centro Democrático) en el que el servicio a la sociedad es absoluto. Fundaciones que han ido perfeccionando su funcionamiento hasta pasar de ser meras entidades que subvencionan actividades de otros, a organizar ellas mismas con unos equipos fuertemente profesionalizados, las actividades que coinciden con sus estatutos y sus preocupaciones y su deber y deuda social.

Ya en el terreno puramente de nuestras Humanidades, comenzaremos con la Literatura, y con ella, con el género más leído, la narrativa. La novela española posterior a 1975 recupera el relato, pero lo hace sabiendo que contar ya no basta para ordenar la experiencia. El foco se desplaza desde lo colectivo hacia el individuo, aunque ese individuo ya no es una unidad sólida. Aquí resulta clave el libro de Santos Alonso *Novela española en el fin de siglo (1975-2001)*, porque muestra con precisión cómo la narrativa española de estas décadas se mueve entre la recuperación de la narratividad y una desconfianza creciente hacia las viejas certezas psicológicas, morales e históricas. No se trata simplemente de que los relatos se vuelvan más íntimos. Se trata de que la intimidad ya no es refugio, sino campo de fractura, se convierte en un lugar de desajuste moral y afectivo. Sus personajes no son figuras transparentes, sino conciencias vulnerables, a menudo contradictorias, obligadas a moverse en una zona donde el juicio nunca resulta sencillo.

Por otro lado, la realidad cotidiana se vuelve extraña y el yo se mueve siempre cerca de una grieta; lo fantástico no irrumpe desde fuera, sino que nace del deterioro de la percepción ordinaria. Otro elemento que irrumpe a lo largo de estos años es la memoria. Ya no re-

compone una identidad, sino que la deja suspendida entre relatos parciales, modulaciones del recuerdo y zonas de opacidad, o cómo el pasado aparece atravesado por secretos, rumores y silencios que hacen imposible una comprensión completa. Saber algo no significa entenderlo. La novela, así, deja de afirmar al sujeto para mostrar hasta qué punto está hecho de incertidumbre. Que cada lector coloque el nombre, o los nombres adecuados a cada una de las tendencias aquí señaladas.

Ese mismo desplazamiento se acentúa en la narrativa más reciente, en el dato más luminoso y espléndido es la presencia, cada vez mayor, de escritoras que ocupan, con razón, sentido y valor literario un lugar principal. Los asuntos tratados de la experiencia de la precariedad a la violencia sutil de las relaciones, la fragilidad mental y la inestabilidad social. En ellas lo humano no se formula como esencia, sino como exposición. El individuo ya no se define por una identidad segura, sino por su dificultad para sostenerse. En esa línea, la novela reciente ya no se pregunta tanto qué es el sujeto como en qué condiciones materiales, afectivas y simbólicas logra apenas mantenerse en pie. La bibliografía crítica de José María Pozuelo Yvancos sobre la novela contemporánea y varios estudios panorámicos coordinados por Domingo Ródenas de Moya ayudan a situar esta evolución, pero el núcleo del problema sigue siendo el mismo: la novela española posterior a 1975 no abandona la pregunta humanista, la desplaza hacia formas más precarias y menos doctrinales.

En el terreno de la poesía española, desde 1975 muestra quizá de manera más radical esta crisis del humanismo clásico, porque en ella se resquebraja la confianza en el lenguaje como medio transparente. Tras el impacto de los novísimos (1970), la poesía de la experiencia intentó recuperar una voz reconocible, cercana a la vida cotidiana, al amor, al tiem-



Fachada de la Biblioteca Nacional, fundada por Felipe V a finales de 1711

po y a la memoria. La labor crítica de Araceli Iravedra resulta especialmente útil para entender este ciclo y sus tensiones internas. Así, la voluntad de sostener una experiencia compartible, aunque el yo ya aparezca como una construcción narrativa y no como una verdad plena. Pero esa línea convive pronto con otra mucho más quebrada, cuando el poema se convierte en resto, en intensidad fragmentaria, en huella de una experiencia que el lenguaje no logra ordenar. Miguel Casado ha leído con lucidez esa dimensión pensativa y quebrada de la poesía contemporánea. Enfrentarse, sin velos, al dolor y a la violencia sin convertirlos en concepto.

La poesía más reciente ha ampliado todavía más ese movimiento. Aparece el dinero, el trabajo, la clase y la precariedad sentimental, el cuerpo, la enfermedad, la exposición y la vulnerabilidad. Y, por otro lado, surgen experiencias poéticas que hacen del exceso verbal, de la expansión y del temblor del lenguaje una forma de pensar identidades inestables. También la poesía redescubre uno de

los elementos históricos como es el territorio, la naturaleza, la memoria rural y los trabajos invisibles. Los estudios de Araceli Iravedra y de Juan José Lanz sobre la poesía española contemporánea permiten seguir ese desplazamiento desde la figuración más reconocible hacia poéticas del corte, la intemperie y la materialidad. La poesía contemporánea no abandona la pregunta por lo humano, pero ya no intenta responderla con solemnidad. La desplaza hacia el cuerpo, la fisura y el límite.

En el teatro, la situación es especialmente reveladora porque la escena expone cuerpos y voces en presencia, pero al mismo tiempo ha dejado de confiar en la representación como vía directa hacia la verdad. Desde la Transición hasta hoy, el teatro español ha convertido la escena en un espacio de interrogación. Los trabajos de César Oliva y Wilfried Floeck sobre el teatro español actual permiten entender bien ese tránsito desde formas todavía más referenciales hacia dispositivos donde la representación se vuelve problema. La memoria ya aparece mediada por la conciencia

de que representar es construir y se descubre cómo en alguna dramaturgia, esa sospecha se vuelve central: la representación puede parecer transparente y, sin embargo, oculta. El espectador tiene que interpretar, desconfiar, reconstruir por su cuenta. Se valoran, por ejemplo, los ensayos porque resultan además muy valiosos para comprender hasta qué punto cierto teatro concibe la escena como lugar de pensamiento.

Ahora bien, esa crisis de la representación no significa una desaparición de lo humano. Es una corriente de creación dramática en la que no hay cinismo ni desinterés por la condición humana. Al contrario: hay una apuesta reconocible por un humanismo que ya no puede ser ingenuo. Sus obras sitúan a los personajes en contextos de violencia, degradación o tensión histórica, pero no los reducen a emblemas de una tesis. Lo que aparece es precisamente la dificultad de sostener una respuesta humana en situaciones límite: la guerra no sirve como decorado, sino como presión moral y vital que obliga a decidir, a resistir o a quebrarse o se percibe esa misma confianza en que incluso una vida herida, degradada o periférica conserva espesor, memoria, voz y conflicto. Es un humanismo lejos de la abstracción y la retórica. No idealiza al ser humano, pero tampoco lo da por perdido. Insiste en él allí donde más difícil resulta reconocerlo. Esa insistencia vuelve importante dentro del panorama del teatro español contemporáneo, a estas arriesgadas apuestas.

Junto a esa línea conviven otras muy distintas: el dispositivo escénico acercando la escena a la experiencia directa del espectador, el cuerpo y el dolor llevado a un punto de exposición extrema donde la empatía tradicional ya no basta o la fragilidad del vínculo, la memoria, el desarraigo, la intimidad rota y las identidades en tránsito. El teatro contemporáneo no ofrece una imagen unitaria de lo humano, pero sigue haciendo de esa pregunta su núcleo, aun-

que sea ya desde una escena herida, consciente de sus artificios y de sus límites.

El cine español posterior a 1975 ha reformulado de manera muy visible esta misma cuestión. Ya no se trata solo de contar historias humanas, demasiado humanas, sino de aprender a mirar allí donde el relato deja de organizar completamente la experiencia. La bibliografía de Román Gubern, José Enrique Monterde, Hopewell, Julio Pérez Perucha, Esteve Rimbau y Casimiro Torreiro sobre la historia del cine español son guías, hay otras también de semejante valor, para situar esta evolución en un marco amplio. La memoria sigue siendo decisiva, filtrada por una conciencia frágil e incompleta; la infancia y el pasado se mezclan con una percepción herida y cómo no, la memoria se convierte en experiencia moral y afectiva más que en simple reconstrucción histórica.

El pasado no funciona como lección, sino como resto que sigue actuando en el presente. Otros asuntos que define, o mejor, describen los diversos caminos, tramas, argumentos, ideas, propuestas del cine español de estos años estarían cercanos a forjar una ideal de la comunidad. Ésta ya no se funda en la norma, sino en el cuidado, en el duelo compartido, en la vulnerabilidad y en la capacidad de sostener al otro. La dignidad se desplaza desde la respetabilidad hacia la fragilidad. Como en el caso de las artes antes citadas, la presencia de un cine dirigido, escrito, producido por mujeres es una excelente noticia y una realidad innegable. Con un acercamiento valiente, decidido a los grandes temas de nuestro tiempo: inmigración, cambio climático, el terrorismo de la banda asesina ETA de filmar y contar vidas sometidas a la violencia o la invisibilidad, sin convertirlas en abstracción.

Del mismo modo que se ha recuperado un género esencial para la cinematografía nacional como es el que podríamos denominar como

“esperpento” como homenaje al creador del término, Ramón María del Valle-Inclán y a su muy digno sucesor en el cine, como fue Luis García Berlanga. También, a un costumbrismo en los que se percibe una melancolía por un tiempo que se fue, unas gentes y unos usos y unas maneras de vivir que, sobrevivientes de las condiciones a las que las gentes se tenían que enfrentar, sobresale el anhelo de vivir y de amar, sea la circunstancia personal la que sea. Vivir a cada instante y recordarlo, es otro de los asuntos que sobresalen en notables películas, alguna de ellas obtendría el primer Oscar de Hollywood a la mejor película extranjera. Después, llegarían otras con idéntico éxito.

Pero el cine español más reciente ha ido aún más lejos en esta reformulación del humanismo. Es gratificante encontrar búsquedas estéticas que plantean la desubicación como una forma de verdad, o cómo los personajes avanzan fuera de lugar, casi sin relato que los contenga del todo. La infancia y el duelo desde una cercanía sin sentimentalismo, la conversación, la vacilación y los tiempos muertos de la vida, la formación afectiva y corporal de la adolescencia sin subrayados, el cuerpo femenino convertido en memoria y conflicto. También, situar a los personajes ante el paisaje y el tiempo desnudo, sin imponerles un mensaje falsamente moral. Los análisis de Santos Zunzunegui sobre la mirada cinematográfica y diversos estudios recientes sobre el cine español del siglo XXI ayudan a entender por qué en todos ellos lo humano ya no aparece como centro seguro, sino como una presencia vulnerable que el cine acompaña sin domesticar.

Algo parecido sucede en las artes visuales. El arte español contemporáneo no ha dejado de mirar al ser humano, pero ha dejado de representarlo como figura estable. La pintura, la escultura, la fotografía, la instalación o la performance han convertido la propia imagen en un problema. Los libros de Simón Marchán



Fiz y Anna Maria Guasch son aquí referencias imprescindibles, porque permiten situar el arte español en el contexto de las transformaciones internacionales de las últimas décadas: La materia pictórica erosiona los contornos y vuelve el cuerpo algo cambiante; la repetición y la deformación impiden fijar una identidad estable; las figuras aparecen suspendidas en un espacio ambiguo que nunca termina de aclararse; el cuerpo y el gesto conservan una memoria cultural intensa, mientras que el rostro y la piel se convierten en huellas del tiempo, de la herida y de la experiencia. De todas estas tendencias estéticas y usos plásticos, el lector encontrará numerosos ejemplos.

La aportación de Fernando Castro Flórez permite comprender que el humanismo cultural contemporáneo no se juega únicamente en la afirmación de valores, sino también en la capacidad de enfrentarse a sus negaciones. La crueldad, lejos de ser un elemento externo, se convierte en una vía para pensar lo humano en condiciones extremas. El arte no ofrece soluciones, pero sí crea un espacio donde esas tensiones se hacen visibles. Y es precisamente en esa visión incómoda donde el humanismo contemporáneo encuentra una de sus formas más exigentes. El archivo, el documento y el resto no reconstruyen linealmente el pasado, sino que lo exponen como campo de huellas. El cuerpo como una experiencia irreducible a la imagen estable, la identidad y el género

como construcción performativa. Y rozar el extremo al situar el cuerpo dentro de la lógica de la mercancía y del poder. El arte contemporáneo, así, no ofrece un humanismo afirmativo, pero sigue obligando a preguntarse por las condiciones en que una figura humana puede aparecer y ser reconocida.

Desde 1975, la música en España ha acompañado de forma bastante precisa las transformaciones del país. En los últimos años del franquismo y durante la Transición, la canción de autor, la recuperación de ciertas tradiciones populares y la apertura a otros sonidos funcionaron como una forma de respiración pública. No era solo música: era también una manera de volver a decir, de ocupar el espacio común con otra voz. Después llegaron la explosión pop de los ochenta, la diversificación de escenas en los noventa y, más tarde, una fragmentación creciente del gusto. Lo importante no es tanto la sucesión de estilos como el cambio de función. Durante décadas, la música fue un lugar de encuentro, identidad generacional y experiencia compartida. Hoy sigue siéndolo, pero de otra manera, más dispersa, menos visible, más difícil de fijar.

El siglo XXI ha alterado profundamente esa experiencia. La música ya no se deja encerrar en una sola definición. Es archivo y flujo al mismo tiempo. Puede aparecer como una lista infinita que no se agota, como una recomendación automática o como un momento único en un concierto. Nunca había habido tantas canciones tan cerca ni tantas formas de producirlas. Un portátil basta para grabar; una plataforma, para difundir. Todo parece más accesible, más inmediato.

Pero esa facilidad tiene un reverso. Se escucha mucho, quizá demasiado, y no siempre mejor. La música corre el riesgo de convertirse en fondo continuo, en algo que acompaña sin exigir atención. La velocidad con la que se pasa

de una canción a otra contrasta con el tiempo que necesita una obra para asentarse. Comprender una pieza, reconocer sus matices, dejar que produzca efecto, exige una disposición que no siempre encaja con el ritmo actual. Por eso, frente a esa inercia, vuelve a aparecer una reivindicación bastante elemental: detenerse, escuchar, sostener el tiempo de la música sin interrumpirlo constantemente.

Al mismo tiempo, el paisaje sonoro se ha vuelto más híbrido. Las fronteras entre géneros se han debilitado. Lo clásico convive con lo electrónico, lo tradicional se reinterpreta, el flamenco se cruza con lenguajes contemporáneos, y todo circula con cierta libertad. Ya no resulta fácil hablar de compartimentos estancos. Un mismo creador puede moverse entre registros muy distintos sin que eso resulte extraño. Esa mezcla no siempre produce obras memorables, pero sí refleja bien el momento: una cultura donde la identidad es menos fija y más provisional.

En ese contexto, el papel de la radio pública ha sido discreto pero constante. Durante décadas ha sostenido una forma de escucha que no depende exclusivamente del mercado ni de la lógica de la inmediatez. Ha funcionado como archivo, como espacio de mediación y, en muchos casos, como escuela de oyentes. La trayectoria de Radio Clásica, integrada en Radio Nacional de España, resulta especialmente significativa en ese sentido. Al cumplirse seis décadas de su emisión, se hace visible una continuidad poco frecuente: la de un espacio que ha mantenido la música —especialmente la de tradición culta— en circulación, sin someterla del todo a la presión del consumo rápido.

Ahí aparece una de las tensiones más claras de la música actual en España. Por un lado, una expansión enorme de medios, estilos y accesos; por otro, una cierta dificultad para sos-



tener la atención. Todo está disponible, pero no todo se escucha de verdad. Y, sin embargo, la música sigue ocupando un lugar que no ha cambiado tanto como podría parecer. Sigue siendo una forma de organizar la experiencia, de fijar recuerdos, de atravesar momentos difíciles o de intensificar los buenos. Han cambiado los soportes, los hábitos y los canales. Pero permanece algo más básico: la necesidad de escuchar y de ser escuchados. En medio de la saturación, la música sigue ofreciendo algo raro, casi frágil: un tiempo compartido que no se puede acelerar sin perderse.

Literatura, Arte, Cine y demás necesitan una proyección mayoritaria. A esa inestimable proyección han contribuido en este medio siglo los Suplementos Culturales de los grandes periódicos españoles. En ellos, cada semana, el lector tiene oportunidad de ejercer la más libre de las opciones: elegir qué libro leer, a qué exposición acudir, a qué concierto asistir, a qué película ver y suma y sigue. Páginas dedicadas a la crítica (exégesis o vituperio, o ni lo uno ni lo otro) para que sea el lector del

periódico el que decida. El que siga a esta o aquella crítica, comentario, recomendación o advertencia. Firmas elegidas por su solvencia, su independencia, su criterio y, sobre todo, por su conocimiento de la materia de la que se trata. Los Suplementos han cumplido, cumplen un trabajo de profunda mediación entre el creador, o el intérprete y el lector, el espectador. Son el punto final antes de tomar la decisión. La oferta, multiplicada hasta números extraordinarios, tiene que seleccionarse.

No son meros transmisores de lo que hay, sino, con una idea clara en cuanto a la responsabilidad establecida con el lector del diario, filtros necesarios para que nadie se equivoque o vaya a ciegas a la librería, al Museo, a la Galería de Arte, a la Sala de Conciertos o a las añoradas Salas de Cine. Raro es el periódico de tirada nacional, autonómica o local que no ofrece a sus compradores un Suplemento Cultural los fines de semana, por muy ambiciosa o modesta que sea la publicación, mayoritaria o minoritaria, allí se encontrarán las sugerencias, los reportajes, las entrevistas, las cróni-

cas y las reseñas que ayudarán a tomar una decisión sobre cómo ocupar esas horas que uno quiere dedicar a la cultura; es decir, a las Humanidades. Hoy nadie tiene excusa para decir que no está informado de cuanto ocurre culturalmente. Todo lo contrario. Los Suplementos son la versión reducida de la función que, desde hace siglos, han llevado a cabo las revistas culturales.

Las revistas culturales, antes que nada reconocer la enorme labor que ha desarrollado la Asociación de Revistas Culturales de España (ARCE) y su director, desde la creación de dicho organismo a principios de los años ochenta del pasado siglo, Manuel Ortuño, son fragmentos de un tiempo que el propio tiempo hace intemporales, o en la idea de las calas del tiempo, como alguien las definió “como una piedra en un estanque” que “debe crear los círculos concéntricos, cada vez de mayor divulgación.” Porque la gran labor de estas revistas en el medio siglo transcurrido ha sido la de convencernos a todos que divulgar no es vulgarizar: anhelos estéticos, filosóficos, artísticos, mostrar amplias capas del conocimiento y de la creación. Antenas que recogen y filtran y cuentan cuanto ocurre.

Las revistas han llenado, llenan huecos, cubren los espacios en blanco que dejan otras actividades culturales (el libro, el cuadro, la película, la representación teatral, la interpretación musical, la universidad...) y el público que se hace paulatinamente mayoritario en números y mayor de edad en curiosidad cultural. Las revistas se configuran como laboratorios, en estos años de transformación española, en el largo tiempo, en pruebas, encajes, actitudes, tendencias, caracteres, comportamientos, ideas, sugerencias; encuentran porque no buscan, son territorios de hallazgos inmediatos, seleccionan, depuran. A veces, son revistas que dependen de un autor, o de un grupo, de una conspiración, de un juego, de

una provocación, de una generación o dos. El mexicano Jaime García Terrés las definió así.

“Dentro de la diversidad inevitable entre los hombres, una revista deberá traducir en relación con las letras, los intereses, los gustos y las orientaciones de un grupo determinado, so pena de convertirse en algo ineficaz e incoloro (...) Una revista es una actitud definida y arbitrio operante.”

Estos fragmentos intemporales en los que se han convertido las revistas culturales españolas en cincuenta años, muchas desaparecidas por la monumental crisis que atraviesa el sector, se convirtieron en los faros en la niebla, en los mapas que indicaban, sugerían, proponían los caminos por los que la cultura en libertad comenzaba su andadura. Buena parte de lo más brillante de la sociedad intelectual, académica, artística, literaria y demás española de estos años comenzaron sus escritos, sus obras en colaboraciones en las revistas. Contraste el lector los nombres. Tal vez, falte alguno, alguna, será excepción, porque, sin embargo, los que están han corroborado después esos inicios y continuidades a lo largo de sus libros, exposiciones. Las revistas culturales han sido el nervio cultural de la sociedad española.

Ningún asunto en verdad relevante, culturalmente hablando, faltó a sus páginas, los debates, los descubrimientos, las recuperaciones, las investigaciones, las apuestas con vocación vanguardista, las visiones más conservadoras, las desmelenadas, las provocaciones todo cabe en sus páginas y así ha quedado. Basta contemplar la nómina, que uno puede repasar en las publicaciones de ARCE, y su historia reciente, para corroborar cuando se ha dicho hasta aquí. Uno encontrará revistas para el conjunto de las creaciones culturales. Del formato más tradicional al más arriesgado, del tono generacional al bendito irreverente. Todas sumaron a la hora de llevar las Humanidades al resto



de ciudadanos. Y hoy se han incorporado las ediciones digitales, cuya suma roza, valga la broma, el infinito. Pero la deuda de la sociedad española durante más de medio siglo con las revistas culturales es impagable. Y bueno sería realizar un soberano esfuerzo para recuperarlas y volver a instalarlas en la conversación y en la atención de los lectores. Otras generaciones que no deben olvidar nunca de dónde vienen aunque no sepan muy bien adónde van.

En conjunto, la cultura española contemporánea no ha abandonado la pregunta por lo humano. Lo que ha abandonado es la posibilidad de formularla desde una posición segura. La novela, el ensayo, la novela gráfica, la poesía, el teatro, el cine y el arte han mostrado que el sujeto ya no puede sostenerse como centro estable del mundo. Aparece fragmentado, vulnerable, atravesado por la memoria, por el cuerpo, por la precariedad y por la dificultad del vínculo. Y, sin embargo, esa pérdida de estabilidad no equivale a una renuncia. *“La vida democrática es un pacto difícil”*, recuerda Michael Ignatieff. Un pacto individual. Escri-

bió Eugenio Trías: *“Las masas somos todos en nuestras horas bajas” y la sensación es que vivimos en un continuo de horas bajas*. Tiempo de crisis, tiempo de cambios, tiempo de sobrevivencia (que se lo digan a las Humanidades) y tiempo de desamparo. Porque la cultura de masas instalada como única vía (si se confirmara el hundimiento de las Humanidades, no sólo en la enseñanza, sino en la vida diaria), además de una mentira sería *“la que convoca nuestras vísceras y nuestros órganos menos sutiles”*, insiste Trías. El griterío, la propaganda, las estadísticas (esas *“lágrimas petrificadas”*) son la nueva biblia del comportamiento, el novedoso banderín de enganche, el espectáculo de la banal influencia, el gran carnaval mientras se denomina a las Humanidades como inútiles. Pero inútiles ¿para quién? ¿por qué?

Sin embargo, con el citado Trías aparecen, en el horizonte más inmediato signos, rasgos de trascendental importancia para el devenir de las Humanidades: *“Se trata -ahora- de un sector social cada vez más amplio en los países innovadores, especialmente entre clases me-*

días ilustradas que apuestan por una cultura cualificada y diversa, cifrada en temas de imposible generalización colectiva, pero de gran predicamento entre seguidores apasionados”.

Algo así como unas novedosas *Minorías Globales*. La solidez de una sociedad democrática, firmemente anclada en unos valores surgidos del humanismo, de gentes libres, curiosas y críticas se define por la capacidad de saber elegir, de formar y conformar un criterio y diferenciar, claramente, “*los gritos de los ecos*”. Son tiempos en los que la amenaza de la deshumanización por la máquina, que en gloriosa paradoja ha creado el individuo, permite afirmar que cuentan más los números que, como señalo Ernesto Garzón Valdés, “*las decisiones morales*”. Cuando se afirma, también, que “*las*

LAS HUMANIDADES SEGUIRÁN EN LOS PRÓXIMOS AÑOS COMO REFERENCIA DE LO QUE HA SIDO, ES Y SERÁ UNA DE LAS UTILIDADES MÁS GRANDIOSAS: LA CREACIÓN ARTÍSTICA Y EL CONOCIMIENTO INTELLECTUAL, ADEMÁS DEL RESPECTO A LA DIGNIDAD Y LA LIBERTAD DE LAS PERSONAS

matemáticas no son opinión”, cuando la realidad se construye sobre un tenebroso castillo de arena. Como escribió el citado Fernando Castro en la *Revista de Occidente*:

“Vivimos fascinados ante la pecera catódica, hechizados por la insignificancia soporífera, incapaces de hacer o decir algo... Estamos atrapados en el exhibicionismo delirante de la propia nulidad con una extraordinaria falta de pudor y un singular servilismo de las víctimas que participan de la humillación. Walter Benjamin señaló que la humanidad que, con Ho-

mero, había sido objeto de contemplación para los dioses del Olimpo, se ha convertido ahora en objeto de contemplación para sí misma. Su alienación ha alcanzado un grado tal que le hace vivir su propia destrucción como una sensación estética de primer orden. La confesión, conseguida en la oscuridad morbosa del encuentro con el sacerdote o en la disciplina más agresiva de los cuerpos, ha perdido cualquier sentido en el momento en que toda la gente quiere contarle todo (...) Lo banal aumenta su escala, el nuevo banderín de enganche promete entretenimiento, el circo mediático eleva a las alturas la estupidez sin asideros. Hace tiempo que los freaks tomaron el mando de las operaciones. Ahora, con todo, es intercambiable lo rarísimo y aquello que es lo más normal del mundo, en última instancia todo está obsoleto, destinado a desaparecer rápidamente. Aquello que causaba pavor, lo último, la más rara acrobacia estética o el batacazo moral, está destinado a convertirse en residuo. En última instancia no hay basura sin el acto de barrer.”

Pero, el Humanismo, las Humanidades siguen presentes, aunque ya no como doctrina, sino como tarea. No como afirmación tranquila de una esencia, sino como práctica crítica que insiste en seguir mirando, pensando y representando al ser humano precisamente cuando ya no existen garantías y cuando, como se señalaba al principio, las amenazas son múltiples, variopintas e inquietantes. Siguen vigentes las palabras, el emocionado y brillante enunciado de Nuccio Ordine, esa utilidad de lo inútil que ha construido, labrado, cultivado (de este verbo viene Cultura), al menos, la civilización occidental. Tanto europea como americana. Es probable que asistamos como en todos los cambios de siglo (y no digamos en nuestro caso, en el que hemos asistido, nada menos, que a un cambio de milenio) a una profunda mutación cultural. Unos tiempos raros. Unas Humanidades que a lo largo de los próximos años seguirán ahí, como referencia de lo



Martín Llade, Radio Clásica

que ha sido, de lo que es y de lo que será, una de las utilidades más grandiosas: la creación artística y el conocimiento intelectual, además del respeto a la dignidad y la libertad de los seres humanos. Y esto, al final, es el gran bagaje que debemos en España a la labor desarrollada por las Humanidades desde hace cincuenta años. Medio siglo no es nada. Queda tanto. Y mientras estas palabras de Robert Kennedy, candidato a la presidencia de Estados Unidos, pronunciadas el 18 de marzo de 1968 pocas semanas antes de ser asesinado:

“Nuestro PIB tiene en cuenta, en sus cálculos, la contaminación atmosférica, la publicidad del tabaco y las ambulancias que van a recoger

a los heridos de nuestras autopistas. Registra los costes de los sistemas de seguridad que instalamos para proteger nuestros hogares y las cárceles en las que encerramos a los que logran irrumpir en ellos. Conlleva la destrucción de nuestros bosques de secuoyas y su sustitución por urbanizaciones caóticas y descontroladas. Incluye la producción de napalm, armas nucleares y vehículos blindados que utiliza nuestra policía antidisturbios para reprimir los estallidos de descontento urbano. Recoge los programas de televisión que enseñan la violencia con el fin de vender juguetes a los niños. En cambio, el PIB no refleja la salud de nuestros hijos, la calidad de nuestra educación, ni el grado de diversión de nuestros juegos. No mide la belleza de nuestra poesía ni la solidez de nuestros matrimonios. No se preocupa de evaluar la calidad de nuestros debates políticos ni la integridad de nuestros representantes. No toma en consideración nuestro valor, sabiduría o cultura. Nada dice de nuestra compasión ni de la dedicación a nuestro país. En una palabra, el PIB lo mide todo menos lo que hace que valga la pena vivir la vida.”

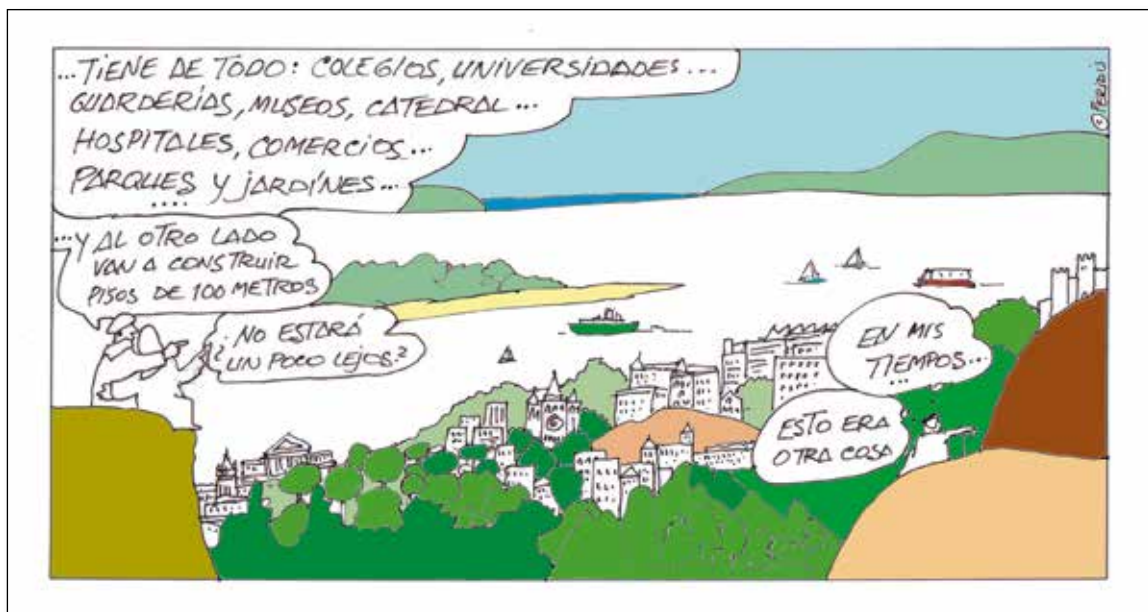
Y estaba pronunciado en 1968. O sea, que larga vida a las Humanidades.

Sobre los autores

Fernando R. Lafuente. Dr. en Filología. Ha sido profesor de la Universidad Complutense, de la Universidad de Lenguas Extranjeras N. 2 de Pekín (China), del Instituto de Estudios Hispánicos de la Universidad de Amberes (Bélgica), director del Instituto Cervantes, director general del Libro, Archivos y Bibliotecas, director de *Revista de Occidente*, director de *ABC Cultural*, subdirector de ABC, director del Instituto de Cooperación Iberoamericana en Buenos Aires (Argentina). Actualmente, es presidente del Consejo Editorial de *Revista de Occidente Ediciones* y profesor en el Instituto Universitario de Investigación Ortega y Gasset.

Iván Cerdán es profesor de Literatura y Lengua. Publica en *Revista de Occidente* y en *Dirigido por*. Ha escrito 8 libros, novela, relato y ensayo. Ha dirigido tres películas y ha ganado más de 40 premios nacionales y tres internacionales





AMENAZAS IDEOLÓGICAS A LA CIENCIA

Por ALAN SOKAL

El físico y matemático Alan Sokal analizó en la Fundación Ramón Areces la relación entre la investigación científica y las ideologías sociales, con especial atención a las amenazas ideológicas que afronta la ciencia y, más en concreto, las que emanan de la propia comunidad científica. Este es el resumen de su intervención, cuyo contenido íntegro se encuentra disponible en el canal de YouTube de la FRA.

LA CIENCIA, E INCLUYO AQUÍ tanto las ciencias sociales como las naturales, es, o al menos debe ser, una empresa en busca de la verdad. Los fenómenos que un científico decide estudiar pueden ser elegidos por su importancia conceptual, por su relevancia social o económica, o simplemente por curiosidad personal. Pero, sea cual sea el tema que decida investigar, el científico está obligado intelectual y moralmente a seguir la evidencia donde quiera que ésta lo lleve, incluso (o especialmente) si esa evidencia entra en conflicto con sus preconcepciones o sus deseos.

La ciencia no siempre funciona de esta manera. Los científicos somos, después de todo, humanos, pero ése es el ideal hacia el cual nos esforzamos. Y si hay libertad de debate den-

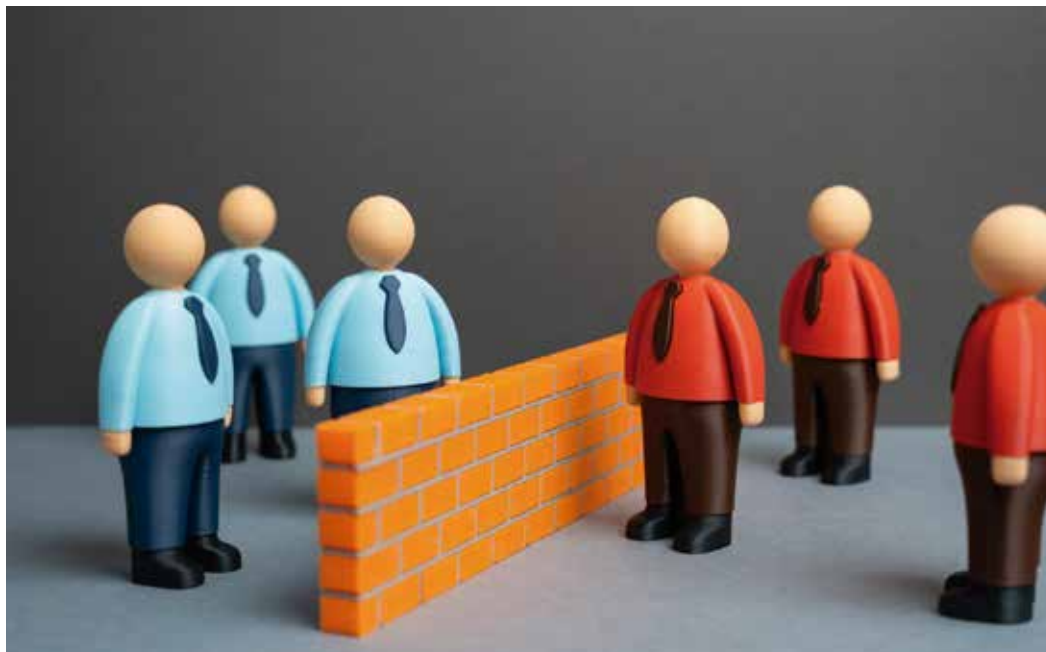
LOS VALORES POLÍTICOS Y SOCIALES DE UN CIENTÍFICO PUEDEN INFLUIR EN SU SELECCIÓN DE TEMAS A ESTUDIAR, PERO DEBEN SER CUIDADOSAMENTE DEJADOS DE LADO AL EVALUAR LA EVIDENCIA

tro de la comunidad científica, libertad para someter las ideas a un riguroso escrutinio conceptual y empírico, entonces la comunidad científica en su conjunto será más capaz de llegar a conclusiones objetivamente verdaderas de lo que cualquiera de sus miembros pueda hacer por sí solo.

Los valores políticos y sociales de un científico pueden influir en su selección de temas a estudiar: esto es perfectamente legítimo. Pero esos valores deben ser cuidadosamente dejados de lado en el momento de evaluar la evidencia. El objetivo del empeño científico es descubrir cómo son realmente las cosas, no confirmar cómo desearíamos que fueran.

Ahora bien, muchas decisiones prácticas que tenemos que tomar colectivamente, como pueden ser los métodos educativos, pandemias o el cambio climático, deben basarse en el conocimiento científico: necesitamos pruebas detalladas sobre cómo los niños aprenden a leer, cómo se propagan los virus y cómo se comportan los océanos y la atmósfera de la Tierra. Sin embargo, aunque estos datos científicos constituyen la base esencial para las políticas públicas, no determinan esa política, ya que las decisiones políticas también involucran valores y, a menudo, diversos valores en tensión. Así, sean como sean tus valores, conviene tener una comprensión lo más precisa posible de la realidad ya que, en caso contrario, se corre el riesgo de implementar políticas contraproducentes, según tus propios valores. Y en una democracia cada ciudadano tiene el derecho, y debería tener la oportunidad, de hacer lo mismo.

Un mecanismo social importante dentro de la ciencia es la revisión por pares, en la que las contribuciones científicas son evaluadas por su exactitud e importancia por expertos en el campo (idealmente de forma doble ciega) y, dependiendo de esa evaluación, el artículo puede ser aceptado para publicación, aceptado sujeto a revisión o rechazado por completo. Este sistema no es perfecto, ya que puede verse comprometido por rivalidades personales, programas de investigación en competencia o simple negligencia de los revisores, pero es lo mejor que hemos podido idear hasta ahora. El desiderátum clave es que las contribuciones deben ser evaluadas por su claridad conceptual, su solidez metodológica, su rigor empírico y su importancia. Los valores sociales y políticos pueden desempeñar un papel en este último aspecto, indicándonos qué temas son los más importantes de investigar, pero no deben entrar de ninguna manera en la evaluación de cuáles son las contribuciones sobre ese tema aptas para publicar. Esa evaluación debe ba-



sarse únicamente en la calidad científica de la investigación, no en el hecho de encontrar sus resultados agradables o desagradables.

Esto, de todos modos, ha sido la política oficial de la comunidad científica durante los últimos tres siglos, implementada de manera imperfecta, sin duda, pero funcionando como un importante ideal regulativo. Los tiempos han cambiado: ahora, la ideología amenaza abiertamente con corromper la búsqueda de la verdad que llamamos ciencia.

Para ser más específico, voy a centrarme en las amenazas que provienen, paradójicamente, del interior de la comunidad científica. No quiero minimizar la importancia de otras amenazas, las que provienen de políticos y empresas, por ejemplo, amenazas que son muy importantes y peligrosas, pero las conocemos, han existido durante mucho tiempo, aunque de forma menos aguda, y hemos adquirido cierta experiencia en combatirlos. Por el contrario, las amenazas que provienen del interior de la

comunidad científica son un fenómeno bastante novedoso, y por eso podemos tener dificultades para reconocerlas por lo que realmente son, sin hablar de combatirlos.

Antes de enfrentar los debates actuales, me parece útil retroceder 30 años y recordar una historia ya antigua.

A mediados de la década de 1990, las llamadas “Guerras de la Ciencia” (desafortunada metáfora militar aplicada a lo que es, después de todo, un debate intelectual) enfrentaron dos puntos de vista opuestos sobre la naturaleza del conocimiento científico. Para ser breve y simplificar un poco, por un lado había un variopinto grupo de académicos influenciados por el posmodernismo, provenientes de estudios literarios y ciencias sociales, a menudo (pero no siempre) con una inclinación política de izquierda y feminista, que defendían una visión radicalmente social-constructivista de la ciencia y del conocimiento científico. Por otro lado, un grupo igualmente diverso de científi-

cos y filósofos (además de algunos literarios, historiadores y científicos sociales), de todo el espectro político, que defendían nociones tradicionales de racionalidad y objetividad, al menos como ideales.

Es cierto que algunos científicos de izquierda, como Richard Lewontin y Stephen Jay Gould, abogaron por tesis social-constructivistas en relación con temas particulares (y altamente controvertidos) de estudio científico, especialmente la inteligencia humana; y que algunas científicas feministas, como Ruth Hubbard y Evelyn Fox Keller, hicieron lo mismo en otras áreas de la biología y la psicología. Pero que yo sepa ningún científico prominente respaldó la visión radical, defendida

LAS AMENAZAS DESDE EL INTERIOR DE LA COMUNIDAD CIENTÍFICA SON UN FENÓMENO BASTANTE NOVEDOSO Y POR ESO PODEMOS TENER DIFICULTADES PARA RECONOCERLAS

por algunos sociólogos y literarios, de que todo el conocimiento científico, desde la física de neutrinos hasta la química organometálica y la lepidopterología, está profundamente impregnado de ideología social. Tampoco algún científico notable abogó por el constructivismo social respecto a conocimientos científicos establecidos y no controvertidos, como la teoría atómica de la materia o la estructura de doble hélice del ADN.

Eso, lamentablemente, ha cambiado, al menos sobre ciertos temas.

Uno de los clásicos de aquella época fue el libro del sociólogo Andrew Pickering, *Constructing Quarks* (Construir los Quarks, 1984). Este li-

bro ofrecía una historia brillante y extremadamente detallada de la física moderna de partículas elementales, intercalada entre capítulos inicial y final de filosofía sorprendentemente deficiente. Basándose en esa filosofía, Pickering concluyó que:

para el que formule una visión del mundo, no hay ninguna obligación de tener en cuenta lo que dice la ciencia del siglo XX... Las visiones del mundo son productos culturales; no hay por qué sentirse intimidado por ellas.

¿Puedo atreverme a decir que esto resulta gravemente equivocado? Por supuesto, nuestras ideas sobre los quarks son una construcción histórica y social humana, eso es una verdad evidente, pero hay buenas razones para creer que los propios quarks han existido desde el Big Bang, hace aproximadamente trece mil millones de años. Las razones que justifican esa creencia son sutiles, ya que los quarks no son directamente observables. Tampoco lo son, por supuesto, los dinosaurios: todo lo que podemos observar son sus fósiles. Pero los dinosaurios eran objetos macroscópicos de tamaño mediano, y podemos imaginar fácilmente cómo se veían y comportaban por analogía con animales contemporáneos que podemos observar hoy en día. Por eso tenemos buenas razones para creer que existieron, en algún momento del pasado (entre 240 millones y 65 millones de años atrás, aproximadamente), los animales que llamamos dinosaurios.

Las partículas subatómicas como los quarks están muy lejos de nuestra experiencia cotidiana, y su comportamiento es extraordinariamente extraño. La mecánica cuántica fue descrita por Schrödinger y Heisenberg en 1925, pero nadie hoy en día, a mi juicio, entiende realmente lo que nos está diciendo sobre la naturaleza fundamental del universo. Para ponerlo en primera persona, he estudiado la mecánica cuántica

durante un poco más de la mitad de ese siglo y cuanto más lo estudio menos lo entiendo. Sin embargo, la electrodinámica cuántica puede predecir el momento magnético del electrón con una precisión de 11 cifras decimales, *“equivalente a medir la distancia entre Los Ángeles y Nueva York... con la precisión del ancho de un cabello humano”*, como lo expresó memorablemente el laureado Nobel Richard Feynman.

Los quarks son aún más sutiles que los electrones. Los electrones son demasiado pequeños para ser “vistos” directamente, pero al menos podemos observar sus trayectorias en cámaras de burbujas. Sin embargo, nuestras mejores teorías contemporáneas nos dicen que los quarks libres no pueden existir; siempre están confinados dentro de otras partículas elementales, como protones y neutrones. Su existencia y su comportamiento deben inferirse mediante una cadena complicada de razonamientos que involucran tanto experimentos como teoría. Las líneas generales de ese razonamiento pueden explicarse al lector no especializado, aunque los detalles requieren matemáticas avanzadas y un conocimiento profundo de la física, pero, incluso a un nivel general, es indudablemente sutil.

Avancemos cuatro décadas. Hoy en día, todo el establecimiento médico estadounidense, desde la Asociación Médica Estadounidense (AMA) y la Academia Estadounidense de Pediatría (AAP) hasta la Asociación Estadounidense de Psicología (APA), la Asociación Estadounidense de Psiquiatría (APA) e incluso los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC), insisten en que el sexo -como masculino o femenino- es, en palabras de la AAP, “una asignación que se realiza al nacer”. ¿Qué demonios podría significar esto?

Los hechos sobre el sexo son sencillos, mucho más sencillos que los hechos sobre los quarks, y se enseñan en cualquier curso de biología

de secundaria medianamente decente. Casi todos los animales, así como muchas plantas, se reproducen sexualmente. En casi todas las especies multicelulares esto ocurre mediante la combinación de un gameto grande, llamado óvulo, con un gameto pequeño, llamado espermatozoide. Aunque algunas plantas y animales (“hermafroditas”) producen tanto óvulos como espermatozoides, no existen especies de mamíferos hermafroditas. En los mamíferos, cada individuo produce sólo un tipo de gameto. Aquellos individuos que producen (relativamente pocos) óvulos se denominan hembras; aquellos que producen (un gran número de) espermatozoides se denominan machos. El desarrollo de un embrión de mamífero como macho o hembra está determinado (al menos cuando todo funciona correctamente, lo cual ocurre casi siempre) por un par de cromosomas sexuales: XX para hembras, XY para machos.

En resumen, el sexo en todos los animales se define por el tamaño de los gametos; el sexo en todos los mamíferos está determinado por los cromosomas sexuales; y existen dos y solamente dos sexos, hembra y macho, porque hay dos y solamente dos tipos de gametos, óvulos y espermatozoides.

Por supuesto, las peculiaridades de mutaciones o de desarrollos prenatales pueden dejar a algunos individuos incapaces de producir gametos viables. Pero un individuo infértil con un cromosoma Y sigue siendo macho, al igual que una persona con una sola pierna sigue siendo un miembro completo de nuestra especie bípeda.

Algunos hacen mucho énfasis, de manera engañosa, en el hecho de que algunas personas nacen con patrones cromosómicos distintos de XX o XY. El más común, el síndrome de Klinefelter (XXY), ocurre en aproximadamente uno de cada mil nacimientos vivos; estos individuos son anatómicamente masculinos, aun-

que a menudo infértiles. Algunas condiciones extremadamente raras, como el síndrome de la Chapelle (tres en cien mil) y el síndrome de Swyer (cinco en un millón), posiblemente no encajan en la clasificación estándar de macho/hembra. Aun así, la división sexual es un binario extremadamente claro, tan binario como cualquier distinción que se pueda encontrar en la biología.

Ahora bien, ¿dónde deja esto las afirmaciones de las asociaciones médicas sobre el “sexo asignado al nacer”?

El nombre de un bebé se asigna al nacer; nadie lo duda. Pero el sexo de un bebé no se “asigna”; se determina en la concepción y luego se observa al nacer, primero mediante el examen de los órganos genitales externos y, en casos de duda, mediante un análisis cromosómico.

CUANDO UNA ORGANIZACIÓN QUE SE PROCLAMA CIENTÍFICA DISTORSIONA LOS HECHOS CIENTÍFICOS AL SERVICIO DE UNA CAUSA SOCIAL, SOCAVA NO SÓLO SU PROPIA CREDIBILIDAD, SINO LA DE LA CIENCIA EN GENERAL

Volvamos entonces al dogma de las asociaciones médicas del “sexo asignado al nacer”. ¿Qué podría haber impulsado a científicos de mente sobria a defender una afirmación tan extraña y fácilmente refutable? La causa es evidentemente política. La nueva reticencia del establecimiento médico a hablar honestamente sobre la realidad biológica, y su despreocupación al hablar deshonestamente sobre ella, presumiblemente se deriva de un loable deseo de defender los derechos humanos de las personas transgénero. Aunque el objetivo es loable, el método elegido es equivocado.

Al fin y al cabo, nunca es justificable distorsionar los hechos para servir a una causa social o política, por justa que sea. Si la causa es verdaderamente justa, entonces puede ser defendida en plena aceptación de los hechos sobre el mundo real; si eso no se puede hacer, entonces la causa no es justa.

Y cuando una organización que se proclama científica distorsiona los hechos científicos para servir a una causa social, socava no sólo su propia credibilidad, sino la de la ciencia en general. ¿Cómo se puede esperar que el público confíe en las declaraciones del establecimiento médico sobre temas controvertidos, como las vacunas, donde el consenso es realmente correcto, cuando ha tergiversado de manera visible y flagrante los hechos sobre algo tan simple como el sexo?

Uno podría responder a esto observando que la medicina no es, estrictamente hablando, una ciencia; más bien es un campo aplicado que combina la ciencia biológica con nociones psicológicas y sociales de rigor altamente variable. Y es desde este último aspecto que la política ha entrado y ha tomado precedencia sobre la verdad.

Por lo tanto, es justo preguntar: ¿existen ejemplos similares de politización que corrompan la física, la química o la biología?

En la época de Galileo, la física y la astronomía eran temas de disputa político-teológica; pero durante los últimos dos siglos, ha sido principalmente la biología la que ha estado en la línea de fuego. Durante mucho tiempo, los conservadores religiosos se resistieron a aceptar el hecho de que las especies biológicas, incluidos los humanos, han evolucionado con el tiempo, y mucho menos a aceptar la explicación de Darwin de esa evolución mediante la selección natural y sexual. Estas opiniones antievolucionistas se mantienen con fuerza en los Estados



Unidos, así como en algunas partes del mundo musulmán, y la presión política resultante distorsiona la enseñanza de la biología en las escuelas públicas. Pero el efecto en la investigación y la enseñanza en las universidades es mínimo.

Actualmente, la presión sobre la investigación y la enseñanza universitaria en biología proviene principalmente de la “izquierda” (uso las comillas intencionadamente), y hasta hace poco se refería principalmente a la investigación de diferencias estadísticas en rasgos humanos (especialmente psicológicos) por sexo o ascendencia geográfica (también conocida como “raza”). Pero hoy, incluso mencionar el sexo como un hecho biológico puede provocar una tormenta de condenas en redes sociales. Y las principales víctimas, como era previsible, son investigadores con contratos precarios. Superestrellas como Richard Dawkins y Steven Pinker son “demasiado grandes para ser cancelados”; las campañas contra ellos están destinadas a servir como advertencia para otros.

La bióloga de Harvard Carole Hooven, una profesora muy elogiada (pero sin titularidad) en el departamento de Biología Evolutiva Humana y autora de un aclamado libro sobre la testosterona, se metió en problemas cuando se atrevió a decir en la televisión nacional que:

Los hechos son que hay... dos sexos... masculino y femenino, y esos sexos se determinan por los tipos de gametos que producimos...

Aunque enfatizó que:

podemos tratar a las personas con respeto y respetar sus identidades de género y usar sus pronombres preferidos, por lo que entender los hechos sobre la biología no nos impide tratar a las personas con respeto...

Utilizar la palabra “respeto” tres veces en una sola oración no impidió a la directora del Comité de Diversidad e Inclusión de su propio departamento condenar sus comentarios (en

Twitter, por supuesto) como “transfóbicos” y “dañinos”. Para abreviar la historia, los administradores de Harvard no defendieron la reputación de Hooven, ni siquiera su libertad académica, emitiendo las habituales declaraciones ambiguas y, 18 meses después, Hooven renunció.

El daño causado por la politización de la investigación científica no es sólo, ni siquiera principalmente, la manifiesta injusticia cometida contra investigadores. Más bien, el daño principal se hace al propio empeño científico. Al inducir a los investigadores a autocensurarse como cuestión de preservación personal y profesional, la “cultura de la cancelación” socava la libertad de debate, que es la piedra angular de las pretensiones de conocimiento de la comunidad científica. Como señaló John Stuart Mill hace un siglo y medio, dando el ejemplo de la mecánica newtoniana:

Las creencias para las que tenemos más justificación no tienen otra salvaguarda que una invitación permanente a todo el mundo a demostrar que son infundadas. Si el desafío no es aceptado, o es aceptado y el intento falla, estamos aún lejos de la certeza; pero hemos hecho lo mejor que el estado actual de la razón humana permite... Este es el grado de certeza alcanzable por un ser falible, y ésta es la única manera de alcanzarlo.

Cuando la libertad de debate se ve restringida; incluso las ideas verdaderas dejan de estar justificadas racionalmente.

En las ciencias físicas, a diferencia de las biológicas, los principales ataques a la libertad de investigación han provenido de políticos de derecha que atacan la ciencia climática y ambiental, intentando desfinanciarlas. Esta amenaza parece haber disminuido en los últimos años, ya que los políticos conservadores en su

mayoría han dejado de cuestionar el calentamiento global antropogénico y se han centrado, en cambio, en el supuesto costo excesivo de la transición a una economía no basada en el carbono.

También existe cierta presión sobre las ciencias físicas y las matemáticas por parte de la “izquierda woke”, centrada principalmente no en el contenido de la investigación, sino en llamadas vagas a la “descolonización” de los planes de estudio y a “descentrar la blancura y el cisheteropatriarcado” en la pedagogía.

Está razonablemente claro lo que puede significar la “descolonización” en historia y literatura, pero no tanto lo que podría implicar en las ciencias naturales y las matemáticas, ya que pretenden producir conocimientos universalmente válidos. Sin embargo, algunos defensores de la “descolonización” han adoptado la posición radical de que el conocimiento científico y matemático no es en realidad universalmente válido. En Nueva Zelanda esta idea posmodernista se ha convertido en política oficial: el Currículo Nacional exige explícitamente “igualdad de estatus para el Mātauranga Māori [conocimiento maorí]”, afirmando que tiene “igual valor que otros cuerpos de conocimiento”, presumiblemente incluyendo la ciencia moderna. De hecho, el currículo escolar de química fue revisado para enseñar que el mauri, o sea, “la fuerza vinculante entre lo físico y lo espiritual”, “está presente en toda la materia”. Como comentó perceptivamente un químico:

¿Quién descubrió esta fuerza vinculante entre lo físico y lo espiritual? ¿Y qué evidencia estuvo involucrada en su descubrimiento? Si esta fuerza vinculante es real, entonces todo el mundo necesita saber sobre ella. Debe estar en el plan de estudios de química de todos los países, no sólo en Nueva Zelanda.

(Parece que la inclusión de mauri en el currículo de química fue discretamente cancelado después de las protestas de los científicos).

Otros defensores de la “descolonización” aceptan la universalidad del conocimiento científico, pero simplemente abogan por una mayor atención, en la enseñanza, a los orígenes no occidentales de gran parte de las matemáticas y la ciencia. Esa es una sugerencia sensata: por ejemplo, todo matemático sabe que el concepto de cero como número surgió en la India en el quinto siglo d.C., y que el álgebra fue desarrollada por eruditos islámicos alrededor del año 800 d.C., antes de ser elaborada en la Europa del Renacimiento; los estudiantes también merecen saber eso. Pero el enfoque principal de la enseñanza de la ciencia y las matemáticas debe estar en la materia misma (en la cual nosotros, los profesores, podemos pretender con razón a un cierto conocimiento), no en su historia (en la cual la mayoría de nosotros somos meros aficionados). Los estudiantes que deseen profundizar en la historia de la ciencia deberían aprenderla de historiadores profesionales de la ciencia: aprender “cómo pensar como historiadores y cómo criticar teorías como la decolonialidad en lugar de simplemente aceptarlas como un hecho”, como lo expresó un crítico.

Un aspecto final de la “descolonización” es la propuesta de rebautizar las contribuciones de científicos cuyo comportamiento se considera hoy en día moralmente deficiente, o cuyas ideas extracientíficas ahora se consideran ofensivas: Isaac Newton (supuestamente se benefició del colonialismo), Fritz Haber (desarrolló armas químicas) y William Shockley (racismo y eugenesia), entre muchos otros. Los inconvenientes de tales “cancelaciones hechas en nombre de mantener la pureza moral”, que en épocas anteriores apuntaron a Marie Curie (relación con un hombre casado) y Alan Turing (homosexual), fueron elocuente-

mente explicados en el reciente artículo *El peligro de politizar la ciencia*, de la química Anna Krylov.

Ahora bien, ¿qué significa descentrar la blancura y el cisheteropatriarcado en la enseñanza científica? Un artículo sobre “desmantelar la blancura” en la enseñanza de la física fue publicado recientemente en la revista *Physical Review Physics Education Research*: esta es la sección de la prestigiosa *Physical Review* dedicada a la “investigación experimental y teórica relacionada con la enseñanza y el aprendizaje de la física y la astronomía”. No entraré en los detalles del artículo, que pueden leer por ustedes mismos. Más interesante es lo que sucedió cuando cuatro físicos aceptaron la invitación de los editores para contribuir con “críticas constructivas y respetuosas de los artículos publicados”, refiriéndose específicamente a éste “en forma de comentarios”. El comentario debidamente enviado por los cuatro autores fue rechazado por el editor de la revista con el argumento de que estaba “formulado desde la perspectiva de un paradigma de investigación que es diferente al del trabajo que se critica”. Como señalaron los autores de manera seca pero precisa:

Esto es similar a afirmar que un astrónomo debe primero aceptar la astrología como verdadera antes de criticarla. Tales nociones deberían ser, como mínimo, desalentadoras para cualquiera que considere las prácticas educativas como dignas de investigación empírica.

Ahora quisiera mencionar otro ejemplo de politización que ha surgido desde el interior de la comunidad científica y que, en mi opinión, debería generar gran preocupación. Hace dos años, la prestigiosa revista *Nature* emitió una nueva “guía ética” sobre los artículos que publicará. Pero esta guía no se refiere a la protección de sujetos humanos en la investi-

gación; ese tema ha estado estrictamente regulado durante décadas. Tampoco se trata de restringir la publicación de información que represente un peligro material serio, como facilitar la producción de armas nucleares o biológicas. Más bien, la guía pretende abordar otras formas de “daño” que podrían ser causadas por una publicación científica. Y, con este argumento, los editores se arrojan un poder asombrosamente amplio:

Independientemente del tipo de contenido (investigación, reseña u opinión) y, para investigaciones, independientemente de si un proyecto de investigación fue revisado y aprobado por un comité de ética institucional apropiado, los editores se reservan el derecho de solicitar modificaciones (o corregir o enmendar de otra manera después de la publicación) y, en casos severos, rechazar la publicación (o retractar después de la publicación): [aquí finaliza el lenguaje de abogados y llegamos al grano]...

Contenido que socava -o que razonablemente pueda percibirse que socava- los derechos y la dignidad de un individuo o grupo humano sobre la base de agrupaciones humanas socialmente construidas o socialmente relevantes.

Ese lenguaje vago y subjetivo es una puerta abierta a la censura ideológica de contribuciones científicas válidas, una censura que los editores ni siquiera intentan disimular. Por lo tanto, propongo evaluar críticamente las justificaciones que los editores de *Nature* han ofrecido en apoyo de esta nueva y audaz política.

El documento comienza de manera ominosa:

Aunque la libertad académica es fundamental, no es ilimitada.

Afirmaciones vagas de este tipo son siempre una mala señal: uno sabe lo que vendrá a continuación.

La guía pretende aplicar “principios éticos” análogos a los utilizados para proteger a los sujetos humanos de investigación, pero ahora concernientes a otros tipos de “daño”:

Por ejemplo, la investigación puede -inadvertidamente- estigmatizar a individuos o grupos humanos. Puede ser discriminatoria, racista, sexista, capacitista u homofóbica. Puede proporcionar justificación para socavar los derechos humanos de grupos específicos, simplemente por sus características sociales.

Desglosemos lentamente estas afirmaciones.

1) ¿Qué podría significar que una investigación científica “estigmatice” a individuos o grupos humanos? ¿Y que lo haga “inadvertidamente”?

Supongamos que una investigación descubra que la obesidad puede causar cáncer (puede). ¿Eso “estigmatiza” a las personas con sobrepeso? Algunas personas argumentarían que sí; pero eso es disparar al mensajero porque no nos gusta el mensaje. De hecho, suprimir esta investigación haría daño, sobre todo, a las personas con sobrepeso, al negarles información que podrían utilizar -si lo desean, y sólo si lo desean- para proteger su salud.

O supongamos que una investigación descubra que los hombres homosexuales tienen más parejas sexuales, en promedio, que los hombres heterosexuales (las tienen). ¿Eso “estigmatiza” a los hombres homosexuales? Tal vez sí, al menos a los ojos de personas que desprecian la promiscuidad sexual. Pero también es información importante para planificar intervenciones para reducir el riesgo de enfermedades de transmisión sexual, intervenciones



que beneficiarían desproporcionadamente a los hombres homosexuales.

Los editores de *Nature* se han asignado, por lo tanto, la tarea puramente subjetiva de juzgar qué investigaciones científicas “estigmatizan” a algún grupo social, y se han facultado para suprimir contribuciones científicas válidas -información que probablemente sea verdadera e importante- basándose únicamente en eso.

2) ¿Qué podría significar que una investigación científica sea “discriminatoria, racista, sexista, capacitista u homofóbica”? Si la investigación incorporara presuposiciones racistas o sexistas, eso sería un defecto epistémico que socavaría la calidad de la investigación, y tal vez la invalidaría por completo, puramente según criterios científicos tradicionales; no se necesita una nueva “guía ética” para eso. Claramente, lo que los editores tienen en mente no son presuposiciones racistas o sexistas, sino más bien conclusiones de la investigación que los editores, en su infinita sabiduría, juz-

guen como racistas o sexistas. Pero eso, nuevamente, es disparar al mensajero.

Supongamos, por ejemplo, que una investigación descubra (como parece ser verdad) que los hombres muestran una variación mayor que las mujeres en una gama de rasgos cognitivos y psicológicos, incluyendo varios tipos de inteligencia, de modo que los hombres están sobrerrepresentados tanto en los extremos bajos como en los altos de la escala, incluso cuando las medias son iguales. Seguramente, esta no es la única razón por la cual las mujeres están subrepresentadas entre los científicos -los estereotipos sexistas, que influyen fuertemente en niñas y mujeres jóvenes, también deben ser un factor contribuyente importante, y sin duda hay otros factores- pero podría formar parte de la explicación; podría significar que, incluso en una sociedad futura no sexista, la mayoría de los científicos (y también de las personas con discapacidades intelectuales) fueran hombres. ¿Debería suprimirse esta información? Si eso sucede, entonces nuestra

ignorancia de los hechos relevantes interferirá con nuestra capacidad para determinar con precisión la medida en que persiste la discriminación sexista en diferentes campos; y también nos impedirá distinguir entre políticas de mejora que son efectivas y las que no lo son.

3) Y, finalmente, ¿qué puede significar “proporcionar justificación para socavar los derechos humanos de grupos específicos”?

Consideremos nuevamente la investigación sobre las diferencias sexuales en la variación de la capacidad matemática. ¿Proporcionaría esta investigación una “justificación” para discriminar a las mujeres científicas? ¡Absolutamente no! Podría ofrecer una excusa débil para tal discriminación, pero no una justificación. Dado que el trabajo de cada científico puede ser evaluado individualmente, las propiedades estadísticas de los grupos a los que pertenece ese científico son completamente irrelevantes.

Por lo tanto, lo que los editores parecen tener en mente no es una investigación que pueda justificar el socavamiento de los derechos humanos de grupos específicos -de hecho, es difícil ver cómo cualquier investigación científica pueda hacer eso, simplemente porque no se puede deducir un “debe ser” de un “es”- sino una investigación que algunas personas puedan distorsionar como supuesta justificación para socavar los derechos humanos. Pero las ideas válidas no deberían ser suprimidas porque algunas personas pueden malinterpretarlas o distorsionarlas; más bien, es el mal uso lo que debería ser criticado.

En resumen, los editores de *Nature* se han arrogado el derecho de suprimir trabajos científicos válidos, trabajos que son correctos e importantes, únicamente porque supuestamente socavan, o podrían percibirse razonablemente como que socavan, los derechos y la dignidad de un individuo o grupo humano.

¿Qué podría significar que una contribución científica, es decir, una información sobre la realidad socave los derechos o la dignidad de alguien? Una vez más, los editores están perpetrando una grave confusión entre el “es” y el “debe ser”; de hecho, la política está completamente basada en esta confusión.

Pero ahora los editores cubren sus huellas introduciendo, de manera astuta y legalista, un nuevo elemento: no hace falta que el trabajo científico realmente socave los derechos o la dignidad de alguien; más bien, basta con que algunas personas no identificadas (nótese el uso estratégico de la voz pasiva por parte de los editores) puedan percibir razonablemente que el trabajo socava los derechos o la dignidad de alguien. Este es un criterio extraordinariamente amplio: es probable que cualquier trabajo científico controvertido que tenga implicaciones para las políticas públicas haga que algunas personas lo perciban como un socavamiento de los derechos o la dignidad de alguien. Por ejemplo, un artículo que revise los efectos neuropsicológicos de los bloqueadores de la pubertad probablemente será etiquetado por defensores de la ideología de identidad de género como “socavador” de los derechos y la dignidad de las personas transgénero (“estigmatizando a un grupo ya estigmatizado”, como lo expresó explícitamente uno de los revisores anónimos de este artículo); otros responderán que esta investigación ayuda a proteger los derechos de los adolescentes no conformes con el género al ofrecerles información precisa sobre los beneficios y riesgos de las intervenciones médicas propuestas.

Es cierto que los editores requieren que la investigación destinada a la supresión pueda percibirse razonablemente como que socava los derechos y la dignidad de un individuo o grupo. Pero, ¿quién decide qué percepciones son razonables y cuáles no? Los propios editores, por supuesto.

En consecuencia, cualquier artículo científico que emplee el concepto biológico estándar de sexo ahora corre el riesgo de ser caracterizado por los editores de *Nature* como “socavador” de los derechos y la dignidad de las personas transgénero y, por lo tanto, de ser percibido razonablemente como tal. Dado que ese criterio excluiría una gran cantidad de trabajos en biología y medicina, los editores no pueden aplicarlo de manera consistente sin sabotear su propia revista. Por lo tanto, necesariamente lo aplicarán de manera selectiva, para suprimir aquellos estudios cuyas conclusiones no les gusten. Como el psicólogo Bo Winegard ha señalado perceptivamente:



Imaginen por un momento que este editorial no fue escrito por progresistas políticos, sino por católicos conservadores, que anunciaron que cualquier investigación que promueva (incluso “inadvertidamente”) el sexo promiscuo, la desintegración de la familia nuclear, el agnosticismo y el ateísmo, o el declive del estado-nación, sería suprimida o rechazada para evitar infligir un “daño” no especificado a grupos o individuos vagamente definidos. Muchos de los que actualmente aprueban este editorial no tendrían dificultad en identificar la subordinación de la ciencia a una agenda política.

Los editores de *Nature* han intentado suavizar el golpe de su descarado anuncio de censura futura declarando que

Hay un delicado equilibrio entre la libertad académica y la protección de la dignidad y los derechos de individuos y grupos humanos. Nos comprometemos a utilizar esta guía con cautela y juicio, consultando con expertos en ética y con grupos de campaña social cuando sea necesario.

Como comenta Winegard:

Esto no es en absoluto tranquilizador. Pedir a los éticos que evalúen la conveniencia de publicar un artículo [científico] es tan anti-tético al espíritu de la ciencia como solicitar asesoramiento de publicación a un erudito religioso. ¿Quiénes son estos “expertos en ética” y “grupos de campaña social”?...

Imaginen la protesta de la izquierda si una revista anunciara que consultará a defensores provida antes de publicar un artículo sobre los efectos del aborto en el bienestar. O si decidiera consultar a evangélicos conservadores al evaluar un artículo sobre los efectos de la adopción por parejas homosexuales.

Hay un peligro adicional que los defensores de la censura ideológica en la ciencia harían bien en considerar.

Como observó hace mucho tiempo John Stuart Mill en su célebre ensayo *Sobre la libertad*:

El mal peculiar de silenciar la expresión de una opinión es que roba a la raza humana; tanto a la posteridad como a la generación existente; a aquellos que disienten de la opinión, aún más que a aquellos que la sostie-

nen. Si la opinión es correcta, se les priva de la oportunidad de cambiar el error por la verdad; si es incorrecta, pierden, lo que es un beneficio casi igual de grande, la percepción más clara y viva de la verdad, producida por su colisión con el error.

El primer aspecto de esta bifurcación es claro: aunque todos pensamos naturalmente que nuestras opiniones actuales son correctas (de lo contrario, no serían nuestras opiniones), aún deberíamos estar dispuestos a admitir que no somos infalibles. Y eso significa que, si realmente nos importa la verdad, deberíamos estar abiertos a escuchar argumentos en contra de nuestras opiniones actuales, y dispuestos a cambiarlas cuando los contraargumentos resulten ser convincentes. Quizás los editores de *Nature* estén tan absolutamente seguros de que sus puntos de vista sobre una gran variedad de temas dispares son todos 100% correctos, que son incapaces de imaginar aprender siquiera un poco al escuchar críticas razonadas; si ese es el caso, entonces ellos mismos son los perdedores (al igual que sus lectores, que se ven impedidos de recibir evidencia relevante).

Pero el otro lado de la bifurcación de Mill es menos obvio, así que permítanme citarle nuevamente:

Aquél que conoce sólo su propio lado del caso, conoce poco de él. Sus razones pueden ser buenas, y nadie puede haber sido capaz de refutarlas. Pero si es igualmente incapaz de refutar las razones del lado opuesto; si ni siquiera sabe cuáles son, entonces no tiene base para preferir una u otra opinión.

Tampoco es suficiente que pudiera haber oído los argumentos de sus adversarios en boca de sus propios maestros, presentados como ellos los plantean, y acompañados de lo que ellos ofrecen como refutaciones. Ese no es el modo de hacer justicia a los argu-

mentos, ni de ponerlos en verdadero contacto con su propia mente. Debe poder oírlos de personas que realmente crean en ellos; que los defiendan de verdad y se esfuercen todo lo posible por ellos. Tiene que conocerlos en su forma más plausible y persuasiva.

El noventa y nueve por ciento de las denominadas personas instruidas están en esta condición, incluyendo a aquellos que pueden defender sus opiniones con fluidez. Sus conclusiones pueden ser verdaderas, pero podrían ser falsas por todo lo que saben: nunca se han puesto en la posición mental de aquellos que piensan diferente a ellos, ni han considerado lo que tales personas pueden tener que decir; en consecuencia, no conocen, en ningún sentido adecuado de la palabra, la doctrina que ellos mismos profesan.

El doble argumento de Mill a favor de la libertad de debate es, de hecho, un ingrediente crucial para legitimar el conocimiento en general, y el conocimiento científico en particular; y es notable que el propio Mill utilizara un ejemplo tomado de la ciencia (a saber, la mecánica newtoniana) para explicar por qué. Isaac Newton publicó sus célebres leyes del movimiento en 1687; y para cuando Mill escribía en 1859, los científicos habían acumulado una abrumadora evidencia, tanto de observaciones terrestres como astronómicas, de que la física newtoniana es correcta (incluso hasta el punto de predecir con precisión, en 1846, la existencia y ubicación precisa del hasta entonces desconocido planeta Neptuno). Pero, señala Mill, si en algún momento el gobierno (o incluso sólo las sociedades científicas) hubieran decidido que, en vista de la abrumadora evidencia de la exactitud de la mecánica newtoniana, estaría prohibido disputarla en adelante, entonces ahora tendríamos muchas menos razones para creer en la exactitud de la mecánica newtoniana. Es precisamente el hecho de que la mecánica newtoniana se ha mantenido frente al de-



bate libre y abierto lo que nos da una confianza tan justificada en su exactitud.

Hay un giro adicional en esta historia, que ilustra el primer aspecto del argumento de Mill, aunque desafortunadamente no vivió para verlo: resulta que la mecánica newtoniana no es exactamente correcta (si bien es una aproximación extremadamente precisa en muchas circunstancias). Esto fue descubierto en 1905 por Albert Einstein, más de 30 años después de la muerte de Mill. Pero este importante hecho podría nunca haber sido descubierto, o al menos su descubrimiento se habría retrasado, si la crítica a la teoría de Newton hubiera estado prohibida.

Entonces, incluso si los “progresistas” tuvieran 100% de razón en cada tema y no tuvieran absolutamente nada que aprender de sus críticos, la censura de las opiniones opuestas seguiría siendo perjudicial para su propia causa, ya que socavaría las buenas razones para que cualquier otra persona adopte sus ideas.

Sería un verdadero paso positivo si los editores de *Nature* reflexionaran sobre este argumento que, después de todo, es de Mill, y respondieran a él. Pero las personas con poder, desgraciadamente, no están acostumbradas a reconocer (y mucho menos abordar) las críticas razonadas que provienen de mortales inferiores. Así que no contengamos la respiración.

Sobre el autor Alan Sokal

Catedrático de Matemáticas del University College de Londres y Profesor Emérito de Física de la Universidad de Nueva York, es considerado una de las voces más reconocidas en defensa de la evidencia como fuente de conocimiento.



CONSTRUIR SOCIEDADES MÁS SÓLIDAS EN UN MUNDO INCIERTO

Por FIONNA HILL

La investigadora Fionna Hill defiende la educación, la investigación y el conocimiento como medio para alcanzar la fortaleza individual y la resiliencia social necesarias para afrontar la agitación geopolítica y creciente incertidumbre actual. Así lo expuso en una conferencia que impartió el 5 de mayo de 2025 en la Fundación Ramón Areces, y que resumimos a continuación.

PARECE CASI UN TÓPICO comenzar diciendo que estamos en un momento especialmente complicado. El mundo es aún más complejo e intrínsecamente impredecible como consecuencia directa de los acontecimientos en Estados Unidos tras las elecciones presidenciales de noviembre de 2024.

Incluso antes de las elecciones estadounidenses, el orden político y de seguridad mundial ya se encontraba en constante cambio. Los equilibrios de poder estaban variando. Los fundamentos del poder nacional de 2003 se habían visto sacudidos por drásticos cambios económicos, tecnológicos, demográficos y climáticos. Y habíamos entrado en un periodo

DURANTE LOS ÚLTIMOS 50 AÑOS, ALGUNAS PARTES DEL REINO UNIDO, EUROPA Y ESTADOS UNIDOS HAN SEGUIDO CAMINOS DE DESARROLLO DIVERGENTES

caracterizado por una competencia para determinar quién da forma tanto al orden regional como al mundial.

Esta competencia no se limita únicamente a los Estados. Los grupos terroristas y los actores privados, incluidos los «gigantes tecnológicos», están ahora profundamente involucrados en el juego geopolítico. Múltiples actores buscan moldear el mundo para promover sus propios intereses a costa de todos los demás. Los conflictos en todo el mundo, desde Europa hasta Oriente Medio y África, ponen de manifiesto la disminución de la preocupación por minimizar las bajas civiles, lo que era una característica inherente al sistema internacional establecido tras los horrores de la Segunda Guerra Mundial, a cuyo fin, hace 80 años, nos comprometimos a garantizar que nunca más participaríamos en la brutal matanza ma-

siva de otros seres humanos. Y, sin embargo, aquí estamos, haciéndolo de nuevo.

Además, incluso las sociedades que técnicamente no se encuentran en guerra están constantemente bajo asedio y ataque. Cada día nos vemos sometidos, tanto a nivel personal como colectivo, a los efectos perniciosos de la «guerra psicológica» y la denominada «guerra híbrida», bombardeados por el poder deliberado y destructivo de la desinformación empleada como arma y de las teorías conspirativas ampliamente difundidas.

Lo que destaca de este periodo es el hecho de que los actores nacionales comparten los mismos intereses que los adversarios extranjeros a la hora de promover la discordia social que esperan explotar. El implacable asalto propagandístico de la última década ha alimentado la pérdida de confianza de la población en nuestras instituciones y nuestro sistema de gobierno, en un momento en el que nos enfrentamos a amenazas reales y existenciales para la humanidad, como el cambio climático, el colapso de los ecosistemas y las pandemias.

En este sombrío contexto, las últimas elecciones en Estados Unidos han traído consigo nuevos retos, entre ellos una serie de rupturas drásticas con la política y la práctica anteriores de Estados Unidos, tanto a nivel nacional como internacional. En conjunto, estos acontecimientos ponen de manifiesto el fracaso de los mecanismos para mantener la paz y disuadir la guerra que establecimos al final de la Segunda Guerra Mundial; el colapso del orden mundial posterior a la Guerra Fría; y el fin de la Pax Americana, el sistema internacional dominado y liderado por Estados Unidos que comenzó hace 80 años, en 1945.

Vamos a necesitar fortaleza individual y resiliencia social para abrirnos camino a través de lo que está por venir. No será fácil.



Las últimas elecciones en Estados Unidos y en otros lugares del mundo estuvieron marcadas por el auge de la política populista. El populismo y las llamadas guerras culturales, que vemos desarrollarse en estos momentos en Estados Unidos con gran intensidad, son tanto reacciones como productos de un mundo en rápida transformación. Tanto en Europa como en Estados Unidos, también tienen sus raíces en el pasado, en las perturbaciones económicas posindustriales de la década de 1980.

Analiqué este fenómeno en mi libro *There's Nothing for You Here* (2021). En él, me basé en mi experiencia personal al crecer en el noreste de Inglaterra en una época en la que desaparecieron las minas de carbón y la industria local que sustentaba la economía y la sociedad de la región. Reflexioné sobre los mismos acontecimientos que vi desarrollarse en Estados Unidos, Europa y Rusia en un periodo similar, durante mis estudios universitarios en

Harvard y mi posterior labor de investigación en Brookings.

En resumen, durante los últimos 50 años algunas partes del Reino Unido, Europa y Estados Unidos han seguido caminos de desarrollo divergentes. De hecho, alrededor de un tercio de la población tanto en Europa como en Estados Unidos -a menudo muy concentrada en regiones específicas como el noreste de Inglaterra, la antigua Alemania Oriental y el Medio Oeste de Estados Unidos, por ejemplo- se ha quedado muy rezagada con respecto a la corriente dominante. Esto incluye los ingresos y las perspectivas de vida, el nivel educativo y la esperanza de vida. La nueva línea divisoria y el indicador de la desigualdad en la sociedad estadounidense es si se tiene un título universitario de dos o cuatro años, o si no se han cursado estudios superiores ni se ha tenido acceso a formación alguna tras finalizar la escuela. Esto ha tenido graves consecuencias para la salud de nuestras democracias.

Estamos cosechando lo que sembramos hace medio siglo. Aquellas poblaciones que se sienten abandonadas económicamente también se sienten marginadas políticamente. Se ven excluidas tanto de las oportunidades económicas como de una plena participación cívica. Y, como hemos visto en las últimas elecciones, las personas que sienten que el sistema está sesgado en su contra están dispuestas a protestar. Están más que preparadas para sacudir la política apoyando movimientos anti-sistema y a políticos autoritarios en Estados Unidos, aquí en España, en Alemania, Italia, Francia y en muchos otros países.

Casi todos los países tienen ahora profundas fisuras sociopolíticas y culturales basadas en la desigualdad geográfica y económica. Todos los países presentan una división entre norte y sur, este y oeste, centro y periferia, o interior y costa, que exagera la polarización y

LA IRA DE LOS JÓVENES POR FALTA DE OPORTUNIDADES ESTÁ AGITANDO LA POLÍTICA NACIONAL E INTERNACIONAL

las divisiones entre partidos políticos y facciones sobre cómo deben gobernarse los países y para quién. Estas divisiones partidistas fomentan políticas antisistema y populistas-aislacionistas que exigen cambios internos importantes y complican enormemente la política exterior y la cooperación internacional.

La demografía desempeña un papel fundamental. La brecha entre el norte y el sur dentro de los países suele ser emblemática de una brecha generacional entre jóvenes y mayores (o, a veces, simplemente entre personas de edad avanzada). Las sociedades occidentales y muchos de los lugares marginados dentro de

ellas están envejeciendo y cuentan cada vez con menos niños. Con unas tasas de fertilidad y natalidad bajas, el futuro se presenta muy diferente en el Norte Global del resto del mundo, el llamado Sur Global, donde todavía se registra un auge demográfico y juvenil. Aquí, las presiones demográficas, climáticas y económicas se unen para configurar una perspectiva muy diferente y dura. Los jóvenes de todo el mundo se sienten enfrentados a los mayores. Su ira por la falta de oportunidades y por un futuro negado o retenido está agitando la política nacional e internacional.

Esto se ve con bastante claridad en los acalorados debates sobre la inmigración. Si nos paramos a pensar por un momento en la dinámica de la migración global, los migrantes llegan a España, Europa y Estados Unidos en busca de un futuro; mientras que las poblaciones occidentales, en declive, ven sus mejores tiempos en el pasado. Les preocupa la pérdida de identidad y cómo van a compartir unos recursos agotados y competir con los recién llegados, especialmente en antiguos núcleos industriales vaciados de vida, con pocas perspectivas educativas y laborales, una oferta limitada de vivienda asequible y una prosperidad menguante.

En un mundo en el que las divisiones entre el Norte y el Sur se dan dentro de los propios países, y no solo entre el Norte y el Sur globales, las preguntas clave a todos los niveles son: ¿Quién goza de privilegios (como el acceso a la educación, el empleo y la vivienda)? ¿Quién decide qué cambios se llevan a cabo? ¿Quién paga por el cambio? ¿Quién se beneficia del cambio? ¿Quién no? ¿Quién puede garantizar y ofrecer un futuro a todo el mundo?

Todos los países deben encontrar formas de adaptar sus estructuras políticas y económicas para hacer frente a los cambios demográficos, sociales, económicos y técnicos a los



que se enfrentan, y construir gobiernos más receptivos y sociedades resilientes.

Como miembro de un grupo de expertos en Brookings y actual rectora de una universidad regional en el Reino Unido, además de formar parte de la Junta de Supervisores de Harvard, personalmente creo que esto pone especialmente de relieve al sector educativo y de investigación internacional. ¿Cómo se da prioridad a las personas, a las cuestiones sociales y económicas y a nuestro entorno en general? ¿Cómo se integra a los jóvenes, cada vez más desmotivados, en el proceso político? A través de la educación.

La educación, entendida como el ecosistema de instituciones de aprendizaje y formación, desde la primera infancia, es una fuente fundamental de resiliencia. Ofrece a las personas la oportunidad de desarrollar conocimientos, adquirir competencias y establecer vínculos y redes para transformar sus comunidades y

sus países. Proporciona recursos para hacer frente al cambio y dota a las personas de he-

EL PROPIO RAMÓN ARECES ERA CONSCIENTE DE QUE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA, ASÍ COMO LA EDUCACIÓN, DESEMPEÑAN UN PAPEL FUNDAMENTAL EN EL DESARROLLO

rramientas para adaptarse a las nuevas exigencias y superar las dificultades. La educación es la inversión colectiva de una sociedad en su futuro. Es nuestra forma de transmitir las lecciones aprendidas de los errores del pasado, así como nuevas formas de pensar y los frutos de la investigación y la innovación. Si todo el mundo tiene acceso a la educación en todas sus formas, esta se convierte en un gran igualador social y económico.

Esta constatación constituye, evidentemente, el núcleo de la apuesta de la Fundación Ramón Areces por la educación y la investigación científica desde finales de la década de 1970. El propio Ramón Areces era consciente de que la investigación científica y técnica, así como la educación, desempeñan un papel fundamental en el desarrollo económico y social, así como en la creación y la transmisión del conocimiento. Este es un punto que parece que hemos olvidado en Estados Unidos, pero que se ha recalcado en artículos de opinión, publicaciones y podcasts en el país durante los últimos tiempos, después de que el Gobierno suspendiera contratos y subvenciones a las principales universidades de investigación estadounidenses, como Harvard, atacara su condición de entidades benéficas y disolviera o atacara de alguna otra forma a muchas de las instituciones y fundaciones que tradicionalmente han sustentado la economía del conocimiento en Estados Unidos.

Llevo algún tiempo reflexionando sobre el papel de la educación en el fomento de la resiliencia social durante períodos de agitación geopolítica. En 2023, estuve en la Academia Robert Bosch de Berlín analizando específicamente la relación entre el declive industrial, el desarrollo regional y la polarización política, e investigando las mejores prácticas, incluido el papel de la educación y las universidades en la formulación de políticas de Alemania en diversos momentos.

Alemania lleva décadas realizando importantes inversiones en educación con el fin de reducir las desigualdades regionales y fomentar la cohesión social, lo que también podríamos considerar un componente de la resiliencia: la idea de un objetivo común. En Alemania, la educación pública se considera explícitamente un motor del crecimiento económico. Las escuelas técnicas y de formación profesional, así como las universidades, actúan como canteras para la industria tanto a nivel nacional

como regional. La mayoría de las universidades alemanas tienen un plan de estudios muy centrado en las ciencias aplicadas y la ingeniería. Ofrecen a los estudiantes la oportunidad de combinar los estudios con prácticas en la industria, incluso a través de colaboraciones internacionales. Se han creado universidades y centros de formación en todas las regiones de Alemania. En la región industrial del Ruhr, por ejemplo, en las décadas de 1960 y 1970, cuando la producción de carbón y acero decayó, la inversión en educación aumentó.

El Gobierno alemán ha recopilado datos a nivel nacional y regional que muestran la correlación entre el crecimiento económico y la educación, incluida la creación de alianzas y colaboraciones universitarias. En el Reino Unido, donde las universidades son en su mayoría instituciones públicas, también se puede acceder fácilmente a datos sobre el impacto del sector en las economías locales y nacionales.

En mi región natal, el noreste de Inglaterra, por ejemplo, las cinco universidades más importantes de la zona -Durham (donde actualmente ocupo el cargo de rectora), Newcastle, Northumbria, Sunderland y Teesside- tienen un impacto económico, social y cultural significativo. Entre otras cosas, en conjunto sustentan más de 34.000 puestos de trabajo locales y aportan alrededor de 2.200 millones de libras esterlinas al año a la economía del noreste. La educación superior en el Reino Unido aporta en total 130.000 millones de libras a la economía del país y sustenta más de 768.000 puestos de trabajo. Las cinco universidades del noreste reconocen que son tanto actores cívicos como instituciones de referencia económica para sus ciudades y regiones. Han reactivado una red de colaboración como parte de un esfuerzo por impulsar el desarrollo regional y complementar la creación de una nueva autoridad municipal descentralizada y combinada en el noreste. Se trata de una emulación cons-



ciente de la práctica en la región alemana del Ruhr y también en el Gran Mánchester, que ya cuenta con un modelo muy exitoso.

Lamentablemente, disponemos de menos datos y material basado en pruebas sobre el impacto económico y social de la educación en Estados Unidos, lo que ha dificultado a las instituciones la respuesta a los ataques del Gobierno. El ecosistema educativo estadounidense es enorme y difuso, y es una mezcla de lo público y lo privado. Hay casi 6.000 facultades y universidades que imparten formación a más de 18 millones de estudiantes, y toda una serie de asociaciones y organizaciones de educación superior que recopilan diferentes tipos de datos. Esto hace que sea muy difícil reunir las mismas estadísticas y, como resultado, a las universidades estadounidenses les ha costado mucho más demostrar su valía.

Ahora tendrán que hacerlo. En Estados Unidos, el sector educativo se encuentra en ple-

na crisis. Básicamente, está en guerra con un gobierno populista. La educación y la investigación, incluida la investigación médica que salva vidas, han pasado de ser consideradas un bien público, y elementos esenciales para el desarrollo y el crecimiento de las economías regionales y nacionales, a convertirse en otro campo de batalla políticamente disputado en las guerras culturales. El valor de la educación superior, así como de los descubrimientos científicos y los conocimientos especializados para los estudiantes, la sociedad y la economía es cuestionado por el presidente y su Administración, los miembros del Congreso y sectores de la opinión pública. Se está desmantelando el Departamento de Educación, se prohíben libros, se cierran bibliotecas, se suprimen becas, se pretende eliminar materias específicas y se suspenden ensayos médicos fundamentales.

Todo ello a pesar de que, en Estados Unidos, los núcleos universitarios han impulsado el de-



sarrollo y la prosperidad del propio país desde la Guerra Civil, cuando se crearon universidades públicas en todo el territorio mediante leyes del Congreso entre 1862 y 1890, con el fin de modernizar los sistemas de educación superior de los estados estadounidenses y centrarse en la agricultura, las ciencias aplicadas, las ciencias militares y la ingeniería, además de otras materias académicas más clásicas que se impartían en lugares como Harvard. Tras la Segunda Guerra Mundial, Estados Unidos amplió aún más las oportunidades de estudiar en la universidad, incluyendo a los soldados que regresaban de combatir en Europa, a través de la denominada Ley G. I. de 1944.

Desde la década de 1980, las universidades han impulsado la transformación y el cambio de rumbo de muchas regiones desatendidas. En el noreste de Estados Unidos, por ejemplo, en el área metropolitana de Boston, donde cursé mis estudios de posgrado, se revirtió el declive industrial y económico gracias a que universidades como Harvard, el MIT, Tufts, la Universidad de Boston y muchas otras invirtieron en una educación transformadora y crearon nuevos centros de tecnología, innovación y clústeres industriales, incluso en el ámbito de la salud. Todo esto se ve ahora amenazado por los cambios en las actitudes políticas y en la política del Gobierno estadounidense.

Más allá del desarrollo económico, la educación desempeña un papel fundamental en la expansión, la consolidación y el mantenimiento de la democracia. Aquí en España, la educación y las actividades de apoyo fundamentales de fundaciones como la Fundación Ramón Areces desempeñaron un papel importante a la hora de ayudar al país en su transición de la dictadura a la democracia parlamentaria tras la muerte del general Francisco Franco en 1975. En Alemania, por ejemplo, los estudios del Gobierno indican que las regiones alemanas con redes educativas sólidas presentan una menor polarización política que aquellas que carecen de ellas, lo que se ha visto confirmado en los resultados de las últimas elecciones, en las que el partido de extrema derecha AFD obtuvo la mayoría de los votos en lugares con menos oportunidades educativas.

En el Reino Unido, hace un siglo, la expansión de la educación se consideraba uno de los antídotos contra la demagogia después de que la devastación de la Primera Guerra Mundial condujera al surgimiento de Estados autoritarios y propagandistas, como la Unión Soviética en la década de 1920 tras la Revolución Bolchevique de Rusia y, posteriormente, estados fascistas como Alemania, Italia y España en la década de 1930.

En 1918, por ejemplo, la Ley de Educación del Reino Unido amplió el acceso a la educación pública, elevó la edad de finalización de la escolarización obligatoria e introdujo becas para los institutos de enseñanza secundaria. También puso en marcha planes para seguir innovando en materia educativa durante las décadas siguientes. Y en 1919, el Gobierno británico defendió la «necesidad nacional permanente» de establecer un sistema de educación para adultos que permitiera hacer frente a los retos democráticos, sociales e industriales de la época posterior a la Primera Guerra Mundial. Lo más significativo es que un informe



gubernamental de la época concluyó que los británicos debían ser capaces de pensar por sí mismos y emitir juicios fundamentados. El sistema educativo del país debía facilitar específicamente la autonomía individual y el pensamiento crítico en tiempos turbulentos. La BBC también se creó en este mismo periodo, basada en la idea de ofrecer un acceso equitativo a la información, y en un principio se consideró una herramienta para que la gente adquiriera conocimientos útiles.

Hace cien años, la importancia de contar con una población educada, bien informada, moti-

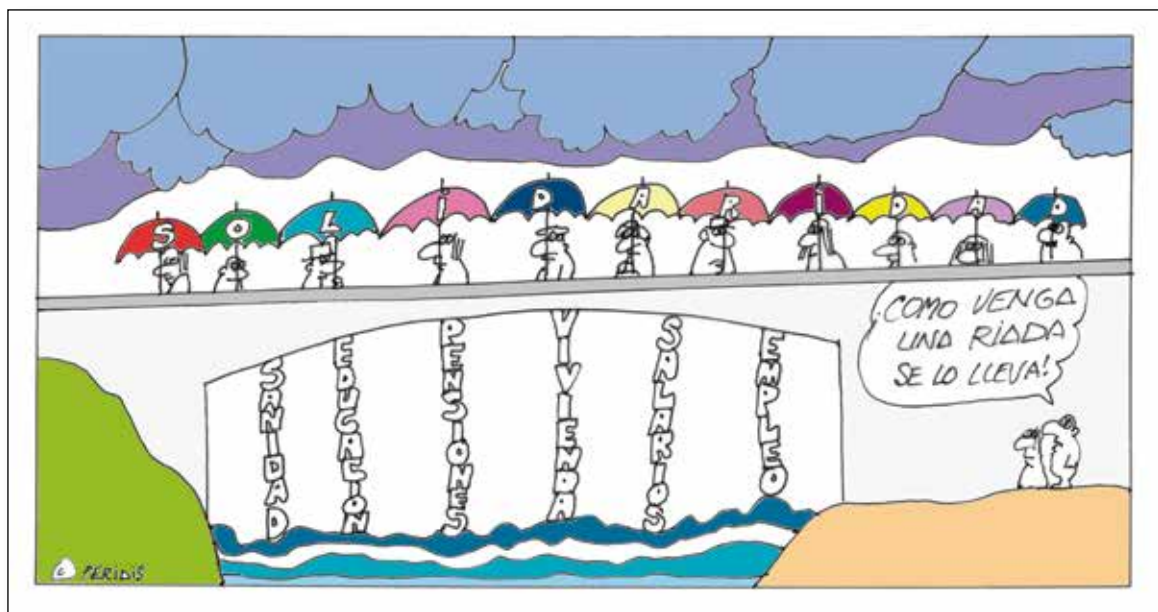
vada y resiliente ocupaba un lugar central en nuestra reflexión sobre cómo responder a la guerra y la agitación, preparando a las próximas generaciones para hacer frente a un mundo dominado por autócratas. Con el ánimo de aprender del pasado, y dados los actuales acontecimientos geopolíticos, tendremos que volver a adoptar esta idea.

La educación, la investigación y el conocimiento son fundamentales para la resiliencia. No hay mejor lugar para consagrar este concepto que aquí, en la Fundación Ramón Areces.

Sobre la autora Fionna Hill

Es investigadora sénior del Centro sobre Estados Unidos y Europa dentro del programa de Política Exterior de Brookings Institution. También ocupa el prestigioso cargo de rectora de la Universidad de Durham (Reino Unido) y recientemente fue elegida miembro de la Junta de Supervisores de la Universidad de Harvard.





HACIA UNA "BUENA SOCIEDAD" EN EL SIGLO XXI

Por ALFONSO NOVALES

En las últimas décadas, el debate sobre el progreso económico y social ha experimentado una transformación profunda. A los tradicionales objetivos de crecimiento se han sumado preocupaciones relacionadas con la sostenibilidad ambiental, la persistencia de la desigualdad, los cambios tecnológicos y la creciente fragmentación geopolítica. Este conjunto de desafíos ha llevado a cuestionar no solo el ritmo del crecimiento, sino su naturaleza, sus límites y su capacidad para generar bienestar compartido.

1. Progreso, cohesión social y calidad institucional

Una característica común de los debates sobre el progreso económico y social es su tendencia a abordar los problemas desde una perspectiva predominantemente económica o tecnológica. Se discuten las fuentes del crecimiento, los efectos de la digitalización o las políticas necesarias para reducir la desigualdad, pero con menor frecuencia se presta atención a las condiciones sociales e institucionales que hacen posible que dichos procesos se traduzcan en progreso efectivo para el conjunto de la sociedad.

EN EL ACTUAL CONTEXTO GLOBAL, EL PROGRESO NO PUEDE REDUCIRSE AL CRECIMIENTO ECONÓMICO: REQUIERE UNA BASE SOCIAL E INSTITUCIONAL QUE LO HAGA SOSTENIBLE Y COMPARTIDO

Esta omisión resulta particularmente relevante. La evidencia acumulada muestra que economías con estructuras productivas similares pueden generar resultados muy distintos en términos de bienestar, cohesión social o estabilidad democrática. Estas diferencias no pueden explicarse únicamente por variables económicas, sino que dependen de factores más profundos relacionados con la calidad de las instituciones, los valores sociales predominantes y el grado de confianza existente entre los ciudadanos y hacia las estructuras públicas.

En este contexto, los grandes retos contemporáneos —desde la desigualdad persistente hasta las tensiones derivadas del cambio tecnológico o la gobernanza de la globalización— pueden interpretarse, en última instancia,

como manifestaciones de un problema más fundamental: la dificultad de articular formas de vida en común que permitan sostener proyectos colectivos inclusivos y estables en el tiempo.

Este trabajo parte de esa premisa. Su objetivo no es ofrecer una nueva teoría del crecimiento ni un análisis sectorial de las políticas públicas, sino contribuir a una reflexión más amplia sobre los fundamentos sociales del progreso. En particular, se propone examinar tres dimensiones estrechamente interrelacionadas: el sentido de comunidad, la igualdad de oportunidades entendida en un marco de justicia social, y la confianza —tanto interpersonal como institucional— como mecanismo que permite sostener y articular dichas dimensiones.

La tesis central es que una sociedad justa y próspera no puede construirse únicamente sobre la base de incentivos económicos o diseños institucionales formales, sino que requiere un entramado de valores cívicos y relaciones de confianza que hagan posible la cooperación social y legitimen el funcionamiento de las instituciones. Cuando estos elementos se debilitan, el crecimiento pierde su capacidad de traducirse en bienestar compartido, y emergen dinámicas de fragmentación, desafección y conflicto que limitan las posibilidades de progreso sostenido.

Desde esta perspectiva, repensar el progreso implica necesariamente reflexionar sobre la naturaleza de una “buena sociedad”. Esto exige analizar de forma integrada el funcionamiento del sistema económico, el ejercicio de la política y los valores que orientan la conducta de los ciudadanos. Solo a través de esta mirada conjunta es posible comprender los fundamentos de una convivencia social capaz de generar prosperidad, equidad y estabilidad democrática en el largo plazo.



2. Capitalismo, democracia y valores: un enfoque integrado

La persistencia de situaciones de pobreza en países frágiles y la mayor desigualdad generada por la distribución asimétrica de los beneficios asociados a los nuevos desarrollos tecnológicos genera una profunda insatisfacción en amplios colectivos que ven limitadas sus posibilidades de desarrollo personal tanto en economías emergentes como en economías desarrolladas. Un descontento que, especialmente en los jóvenes, se ve acentuado por el temor a la incidencia de la inteligencia artificial y de la globalización en el empleo, así como por la potencial incidencia del cambio climático sobre el futuro del planeta y sobre nuestras vidas. Estas observaciones han estimulado la aparición de una variedad de críticas al capitalismo, así como diversas sugerencias de reorganización y reestructuración del mismo.¹

Sin embargo, una crítica centrada en el sistema capitalista² encuentra dificultades em-

píricas, porque países con sistemas capitalistas han logrado resultados muy distintos. Corea del Sur, por ejemplo, experimentó un crecimiento rápido acompañado de mejoras sustanciales en educación y reducción de la pobreza, mientras que otros países con estructuras económicas similares no lograban avances comparables. Esto no implica negar los problemas del capitalismo, sino reconocer que su impacto depende críticamente del marco institucional y social en el que opera. La persistencia de la desigualdad, la fragilidad de algunas democracias y la creciente desafección ciudadana sugieren que el problema no reside exclusivamente en el funcionamiento del capitalismo o en las limitaciones de la acción pública, sino también en el modo en que concebimos nuestra vida en común.

Acemoglu, Johnson, Robinson (2005)³ propusieron hace ya tiempo que los sistemas económicos varían a lo largo del tiempo, algunos lentamente y de forma endógena, en función del modo de ejercer el poder político y de los

valores imperantes en la sociedad. Existen ejemplos claros de esta interacción. Países con economías de mercado similares presentan resultados sociales muy distintos en términos de desigualdad, movilidad social o confianza institucional. Las economías nórdicas, por ejemplo, combinan mercados relativamente abiertos con altos niveles de cohesión social y baja desigualdad, mientras que otras economías avanzadas presentan mayores tensiones distributivas.

Por consiguiente, el sistema económico, el modo de ejercer la política y los valores sociales dominantes deben ser reconsiderados y examinados inseparablemente, y haremos bien los investigadores sociales en considerarlos en conjunto. Comprender esta interdependencia resulta esencial para abordar de forma rigurosa la cuestión de qué constituye una “buena sociedad”.

Sin duda, diseñar el modo de orientar los sistemas económico y político en que vivimos para lograr un futuro de progreso sostenido en beneficio de todos no es sencillo cuando temas tan trascendentes están interrelacionados. Seguramente, no hay una solución clara; los cambios a los que previsiblemente se ha de enfrentar la humanidad en el futuro son de una enorme trascendencia y pueden alterar nuestra visión acerca del modo óptimo de configurar nuestra vida sobre el planeta.

Lo que podemos exigirnos es no rehuir el debate sobre cuestiones tan decisivas. Y, sin embargo, se echa de menos una reflexión pública sobre la naturaleza de una “buena sociedad”. En las sociedades modernas, los ciudadanos carecen de lugares y organizaciones de encuentro donde debatir sobre el modo de avanzar colectivamente. Las ocasiones de escuchar a pensadores debatiendo sobre estas cuestiones también escasean; el mal uso que estamos dando a las redes sociales nos inclina a acep-

tar información sin someterla a valoraciones. Los argumentos van desapareciendo de las conversaciones; no conformamos nuestras opiniones mediante una reflexión con criterio sobre las ideas que vamos recibiendo, sino aceptando las ideas tal como nos llegan. Como los algoritmos utilizados en las redes sociales se programan para enviarnos aquello que mostramos que es de nuestro agrado, cada vez tendremos menos oportunidad de ver opiniones contrapuestas.

3. Valores fundamentales de una buena sociedad

En este contexto, emprender el camino de la reflexión acerca de qué constituye una buena sociedad no es sencillo, pero quizá se puedan adelantar algunas líneas: posiblemente, la idea más fundamental sea avanzar en un sentido de comunidad.

Progresar como comunidad requiere vencer el individualismo y el déficit de solidaridad que parecen predominar en estos tiempos, estimulados por un estricto sentimiento meritocrático y una incorrecta apreciación del valor social. Requiere también establecer un debate franco sobre la igualdad de oportunidades y mantener una comprensión equilibrada de la meritocracia en comunidad, en un contexto de deficiencias significativas de la economía de mercado en la que prosperan gigantescos monopolios tecnológicos y energéticos, apoyados en una estrategia de desregulación de mercados iniciada a finales del siglo pasado y que ahora se intenta reorientar.

3.1 Sentido de comunidad frente al individualismo

Las sociedades occidentales vivieron décadas de solidaridad en la fase de reconstrucción social de las posguerras del siglo XX. Incluso las ayudas entre países fueron muy notables,

como bien sabemos en España. Pero las sucesivas crisis del petróleo de los años setenta del pasado siglo, con alta inflación y reducido crecimiento (*stagflation*) dieron pie a políticas económicas conservadoras muy ilustradas por los gobiernos de M. Thatcher en Reino Unido y R. Reagan en EE. UU. y, más tarde, por el denominado consenso de Washington. Preconizaron disciplina fiscal, privatización, desregulación, liberalización económica y un papel reducido para el Estado, puesto que el crecimiento económico y el progreso social provienen del trabajo arduo y de la libertad de los individuos.⁴ Este giro hacia una concepción individualista de nuestra vida en sociedad ha sido muy influyente. El problema es que el individualismo genera un déficit de confianza en los demás y un descrédito de la democracia; para romper con tal tendencia, es preciso reforzar los vínculos sociales que permiten a los ciudadanos percibirse como parte de un proyecto común.

La pandemia de la COVID-19 puso de manifiesto tanto nuestra vulnerabilidad compartida como la importancia de la solidaridad, el altruismo y la cooperación para hacer frente a desafíos colectivos, virtudes que aparecen naturalmente cuando existe entre los ciudadanos un sentimiento de pertenencia a una misma comunidad.⁵

Sin embargo, estas actitudes no siempre se consolidan, lo que revela la necesidad de reforzar los vínculos sociales que permiten a los ciudadanos percibirse como parte de un proyecto común. Las medidas de aislamiento y restricción durante la pandemia se interpretaron frecuentemente como una limitación de libertad, entendiendo ésta únicamente desde una perspectiva individual y cortoplacista, sin considerar que, desde la óptica del bien común, tales medidas pudieran estar dirigidas a una mayor libertad colectiva. La estrategia de vacunación que seguimos en el mundo desa-

rollado evidenció una notoria falta de generosidad, e incluso de racionalidad. El inadecuado tratamiento que la mayoría de los países ricos, incluida la UE, dan desde hace décadas a migrantes y refugiados refleja asimismo una gran falta de solidaridad y constituye una notoria injusticia social.

El individualismo nos mueve a maximizar nuestro bienestar individual, sin prestar gran atención a nuestras necesidades reales. Nuestro papel como ciudadanos que viven en una colectividad queda relegado a un lugar secundario. No reconocer nuestra interdependencia nos impide preocuparnos de los demás y trabajar juntos para resolver nuestros problemas colectivos. En palabras de H. Arendt (1958): *“el individualismo es un auténtico mal moral y político, pues vacía al ciudadano de su carácter cívico y hace de él un esclavo moderno”*.⁶ La incapacidad ciudadana para construir y defender un proyecto común atenta contra la calidad de una sociedad democrática, esencial para un desarrollo de progreso.⁷

Contemplado desde una perspectiva global, nuestra pretensión de disfrutar en un círculo reducido de los beneficios que reporta vivir en el mundo desarrollado supone olvidarnos de la otra mitad de las personas del planeta. Implica también ignorar que no hemos hecho nada para nacer en esta parte del mundo, para disfrutar de tantos medios como disponemos, educativos, sanitarios, vivienda, infraestructuras de todo tipo. Habría sido mucho más probable que fuésemos nosotros quienes tuviésemos que caminar kilómetros para tener agua potable, subsistiendo con inciertas cosechas en un territorio sujeto a sequías y eventos atmosféricos que ponen en peligro nuestra subsistencia continuamente; quienes careciésemos de acceso a una educación algo más que básica, y contásemos con una asistencia sanitaria que no puede proveernos de vacunas frente a una pandemia.

Las personas somos naturalmente empáticas, somos capaces de ponernos en el lugar del otro, de imaginar su pensamiento y sentirlo; la limitación está en que lo logramos con quienes nos son próximos. La tarea que hemos de proponernos es amplificar el alcance de lo próximo mediante el encuentro con el otro, en una relación en la que nos sepamos todos seres frágiles y reconozcamos nuestra naturaleza precaria y necesitada. En ese proceso, la consolidación de las comunidades locales como núcleo de actividades culturales, educativas, y como centro de reunión y de asistencia social es esencial. Sin que ello nos haga olvidar que formamos parte de otras comunidades más amplias, nuestro país, el planeta.⁸

En algunos países, la comunidad local es una fuente de actividades culturales (cursos, conferencias, conciertos) que aglutinan a la población, generalmente alrededor de la biblioteca, un centro religioso, o la escuela pública. Se establecen de este modo contactos entre los miembros de la comunidad que permiten compartir aficiones y resolver necesidades. El sentimiento de comunidad facilita la colaboración de sus miembros en proyectos que comparten; en un entorno de proximidad es más sencillo ofrecerse de manera altruista para ayudar en la solución de necesidades personales o institucionales, surgiendo de manera natural esfuerzos recíprocos. En este ámbito local pueden surgir oportunidades laborales, se pueden organizar y estructurar actividades de voluntariado, y se puede proporcionar la base de contactos y relaciones personales que todo ciudadano necesita para disfrutar de una vida de calidad.

Se trata, generalmente, de países que aparecen en los primeros lugares de los rankings de calidad institucional, calidad democrática y transparencia, pero, curiosamente, no parece que consideremos la posibilidad de que estas actitudes cívicas, estas estructuras de comunidad sean la base para todo lo demás.

En una escala más amplia, el sentimiento de pertenecer a una misma comunidad a nivel nacional, de compartir un proyecto común de futuro, constituye un elemento de amalgama social que es especialmente necesario en los momentos de crisis. Desde este sentimiento de colectividad, una comunidad, un país, no son sino espacios de solidaridad y hemos de decidir dónde queremos poner el límite ¿Cuántas fronteras queremos? ¿Por qué pensamos en dividirnos y no en unirnos? Es preciso construir el futuro con generosidad a partir del valor de la vida en comunidad, incluyendo en ella a las generaciones futuras, en cuyo nombre inevitablemente hemos de tomar decisiones que les afectarán, y abandonando los planteamientos individualistas que subyacen a muchas de nuestras actuaciones.

Conviene, no obstante, evitar una visión simplista. El individualismo también ha sido una fuente importante de innovación, creatividad y progreso económico. Sociedades que han fomentado la iniciativa individual han logrado avances significativos en tecnología y bienestar material. Los países nórdicos ofrecen un ejemplo interesante: combinan altos niveles de autonomía personal con fuertes redes de protección social y elevados niveles de confianza, por lo que la dicotomía entre individuo y sociedad es, en gran medida, falsa. El problema no es el individualismo en sí, sino su forma extrema, cuando se desvincula de cualquier responsabilidad hacia los demás. La cuestión clave es, por tanto, cómo equilibrar autonomía individual y cooperación social.

3.2 Igualdad de oportunidades y justicia social

Junto al sentido de comunidad, la igualdad de oportunidades constituye un principio esencial para articular una concepción compartida de justicia social.

Una sociedad debe considerarse equitativa



cuando las "oportunidades", y no los resultados, las rentas generadas, se distribuyen por igual. La igualdad de oportunidades trata de evitar que las posibilidades de desarrollo de una persona se vean disminuidas por circunstancias que están fuera de su control, distinguiendo, por tanto, entre esfuerzo y circunstancias. Personas que disponen del mismo talento y habilidad, y que tienen el mismo deseo de utilizarlos, deberían tener las mismas probabilidades de éxito respecto de su situación inicial. Esto puede llevarnos a aceptar la desigualdad que proviene de decisiones individuales, pero no la que surge de circunstancias ajenas a la persona, que deberían ser aminoradas mediante políticas públicas.

Como parte integral del concepto de justicia social, la igualdad de oportunidades trata de garantizar un nivel de acceso igualitario a la educación, la asistencia sanitaria, los servicios financieros y el resto de bienes públicos.

En países con una elevada igualdad de oportunidades, todos los ciudadanos tendrían posibilidades de progreso social, siendo frecuente observar cambios en la situación económica entre generaciones sucesivas, lo que entendemos por *movilidad social*.

Además de generar incentivos a la adquisición de capacidades y al esfuerzo, la movilidad social hace que las élites económicas, sociales y políticas sean más diversas, y que la influencia que ejercen sobre las instituciones sociales y económicas, responda mejor a la pluralidad y a las preferencias del conjunto de la sociedad.⁹ La movilidad social también hace más tolerable la desigualdad, pero no es frecuente que vayan asociadas;¹⁰ al contrario, las sociedades más desiguales suelen tener menor movilidad. Adicionalmente, estudios recientes en países de la OCDE han encontrado serias dificultades al ascenso social (*Sticky floors and sticky ceilings*), aunque no homogéneas.¹¹ En Estados

Unidos, por ejemplo, diversos estudios han mostrado que la movilidad social es más baja de lo que tradicionalmente se ha asumido. El lugar de nacimiento y el nivel de ingresos de los padres siguen siendo determinantes clave del éxito económico. En contraste, países como Dinamarca o Canadá presentan mayores niveles de movilidad.

En este camino, hay dos importantes dificultades. En primer lugar, existe una relación bidireccional entre desigualdad de oportunidades y de resultados: las desigualdades de renta impiden que todos los ciudadanos tengan las mismas oportunidades educativas y profesionales; por otra parte, si éstas existen, generarán desigualdad de ingresos futuros. En segundo lugar, no es sencillo separar “esfuerzo” de “oportunidad”, especialmente en términos intergeneracionales: la renta de los padres, que proviene de su esfuerzo, condiciona las posibilidades de sus hijos, a través de su desarrollo cognitivo y social, de la inversión que la familia haga en sanidad, educación, y en capacidades extracurriculares para los hijos, así como de los contactos sociales que les proporciona y que pueden influir decisivamente sobre sus posibilidades laborales. De este modo, la familia moldea las oportunidades, preferencias y aspiraciones de sus descendientes.

Para tratar de resolver estas dificultades la sociedad debe intervenir de un modo que debería acordarse mediante un debate abierto transparente que involucre a los colectivos relevantes, así como a representantes ciudadanos, sociales, y políticos.

Algunos autores han señalado que la igualdad de oportunidades, aunque necesaria, no es suficiente. Centrarse exclusivamente en la movilidad puede dejar de lado la situación de quienes no logran ascender socialmente. Como ha argumentado Michael Sandel, una

sociedad justa debe preocuparse también por la dignidad y las condiciones de vida de todos sus miembros, independientemente de su posición.¹² Esto nos lleva directamente al debate sobre la meritocracia.

3.3 Una concepción equilibrada de la meritocracia

Una posición estrictamente meritocrática se apoya en la creencia de que todo lo que tenemos, nuestros ingresos y nuestra calidad de vida, están basados en nuestros méritos. Es una merecida recompensa a nuestras capacidades y nuestro esfuerzo, no lo debemos a nadie; si otros no han tenido tanto éxito, aun habiendo tenido quizá las mismas posibilidades de progresar que nosotros, tendrán que vivir con sus resultados. Se apoya también en una hipertextensión del principio de la “mano invisible”, que sugiere que, preocupándonos únicamente de nuestros intereses individuales, la interacción de las actuaciones de todos logrará una asignación y distribución de recursos socialmente eficiente.

Esta visión ignora que nuestros éxitos se deben a muchas personas, a nuestras familias, al sistema educativo al que pudimos acceder, y a la suerte de vivir en una sociedad y en una época que valora nuestras capacidades y nos ofrece múltiples servicios. De ahí la necesidad de adoptar una visión más equilibrada que reconozca tanto la responsabilidad individual como la interdependencia social.

Este dilema requiere plantearse si es suficiente la igualdad de acceso a los bienes públicos para satisfacer los elementos de justicia social incorporados en la igualdad de oportunidades. Para saberlo, hay que responder a dos tipos de interrogantes: si el talento de una persona es muy superior al de otra ¿debe recibir una retribución por su esfuerzo también comparablemente mayor, o solo hasta cierto umbral? Además de proveerles de las mismas oportu-

nidades que a los demás ¿debe instrumentarse una compensación para aquellas personas con menor talento o nacidas en entornos desfavorables? Son opciones sobre las que debe debatir y decidir toda sociedad. Un sentimiento real de comunidad en un colectivo, sociedad o país, lleva a plantearse de continuo una cuestión aún más fundamental: ¿Qué nos debemos los unos a los otros?

4. La confianza como fundamento de la vida social

La confianza es el mecanismo que permite que los tres valores que hemos revisado (sentimiento de comunidad, igualdad de oportunidades y concepción colectiva de la meritocracia) puedan traducirse en comportamientos efectivos y en formas estables de cohesión social.

4.1 Confianza interpersonal

En primer lugar, la confianza entre ciudadanos constituye la base sobre la que se construyen las relaciones sociales en contextos de incertidumbre. Vivir con un sentido de comunidad requiere confianza en los demás, y también la alimenta. La capacidad de confiar en los demás permite superar el aislamiento individual, facilita la asistencia mutua, refuerza el compromiso con las reglas, y favorece la aparición de comportamientos altruistas y recíprocos. Cuando esta confianza se erosiona, aumentan los costes de interacción, se debilitan los vínculos sociales, la igualdad de oportunidades pierde credibilidad y las normas que rigen la convivencia resultan más difíciles de sostener.

Países con altos niveles de confianza, como Suecia o Finlandia, presentan también mejores indicadores de bienestar y menor corrupción. En Italia, las diferencias históricas entre el norte y el sur han sido asociadas a distintos niveles de capital social: el norte, con un nivel

más alto de confianza y redes de apoyo más maduras, ha mostrado un desarrollo económico más dinámico que el sur.

Cuando confiamos unos en otros, los ciudadanos nos sentimos parte de un proyecto común cuya ejecución encargamos, en regímenes democráticos, a nuestros representantes políticos libremente elegidos. Confiamos en ellos y, a la vez, esperamos que sus actuaciones estimulen la confianza mutua. Evidentemente, es grave la falta de confianza de los ciudadanos en quienes les representan y ostentan el poder legislativo, que son quienes debaten y, en última instancia, tienen la responsabilidad del diseño de las normas que van a afectar a todos. Pero es quizá aún más grave que los ciudadanos adolezcan de falta de confianza en los demás, porque éste es el mejor abono para los individualismos.

4.2 Confianza en las instituciones

No sólo es importante la confianza interpersonal: la confianza en las instituciones resulta esencial para dotar de legitimidad al sistema político y garantizar el cumplimiento de las normas vigentes. Las instituciones son el conjunto de reglas formales e informales que, en una democracia, estructuran la convivencia, garantizan derechos, limitan la arbitrariedad, organizan el poder y brindan estabilidad y orden al sistema, evitando el autoritarismo.

Las instituciones formales (Leyes, Constitución, Parlamento, Poder Judicial, partidos políticos y órganos autónomos: electorales, defensores del pueblo, consejo de transparencia) establecen las "reglas del juego". Definen el marco normativo bajo el cual deben actuar ciudadanos y gobernantes. Evitan la concentración de autoridad y el abuso de poder a través de la división de poderes (ejecutivo, legislativo, judicial). Garantizan la participación y competencia, organizando elecciones libres, transparentes y periódicas, asegurando

la igualdad de oportunidades entre los competidores políticos. Solucionan dilemas colectivos, manteniendo la estabilidad y el orden social, respondiendo a las necesidades de la población. Protegen derechos y libertades, actuando como garantes de los derechos fundamentales y del estado de derecho.

Las instituciones informales (cumplimiento de las regulaciones y contratos, seguridad jurídica, defensa de la propiedad privada, transparencia) son normas, costumbres, tradiciones y códigos de conducta no escritos, compartidos socialmente y aplicados fuera de los canales oficiales. Aportan flexibilidad al sistema social, facilitan la cooperación, generan confianza y llenan vacíos donde las leyes

NO CABE ANALIZAR LAS POSIBILIDADES DE PROGRESO SOCIAL Y ECONÓMICO DE UN PAÍS SIN CONSIDERAR SU CALIDAD INSTITUCIONAL

formales son ineficaces, aunque también pueden fomentar prácticas como el clientelismo. Se transmiten culturalmente y son respetadas por la sociedad. Fomentan el lazo social, la confianza interpersonal y la creación de redes, elementos esenciales para el funcionamiento de las comunidades y la economía. En contextos donde el Estado es débil, estas normas organizan la convivencia y resuelven conflictos, actuando como reglas del juego alternativas.

La legitimidad democrática no depende solo de elecciones libres, sino también de la confianza ciudadana en la neutralidad de las instituciones. Actuando como contrapoderes, unas instituciones fuertes, reflexivas e imparciales son esenciales para mantener la calidad y la estabilidad de una democracia. Pero para ello,

el poder político tiene que respetar su neutralidad y profesionalidad. Cuando las instituciones dejan de ser imparciales y se convierten en herramientas del poder político, la democracia se debilita. Se guiarán entonces por criterios interesados, sin una preocupación central por el bienestar de los ciudadanos, quienes no las sentirán como propias.

La confianza institucional es muy necesaria, porque solo si los ciudadanos creen que las instituciones del Estado son «reflexivas e imparciales» estarán dispuestos a obedecer las reglas que establezcan el Parlamento y el Gobierno.¹³ La evidencia disponible muestra que, en efecto, la política es más eficaz en los países donde la confianza en las instituciones y en los políticos es mayor, lo que se constató, por ejemplo, durante la crisis de la COVID-19. En países como Nueva Zelanda, donde existía un alto nivel de confianza social e institucional, las medidas sanitarias fueron ampliamente aceptadas, lo que permitió controlar la crisis con relativa eficacia. En contraste, en otros países con menor confianza, como Estados Unidos o Brasil, las respuestas fueron más fragmentadas, dificultando la gestión de la pandemia.

Una de las grandes paradojas en el análisis de la lucha contra la pobreza es la apreciación de que los países en desarrollo experimentan ocasionalmente periodos sostenidos de crecimiento, pero con un éxito muy diferente en la reducción de la pobreza. Las múltiples investigaciones que han considerado posibles explicaciones de esta disparidad sugieren que los dos factores que condicionan este heterogéneo resultado son el nivel inicial de desigualdad y la calidad de las instituciones económicas y políticas de cada país. Botsuana es un caso destacado en África: a diferencia de muchos países con recursos naturales, ha logrado evitar la llamada “maldición de los recursos” gracias a unas buenas instituciones.¹⁴



Hay razones, por tanto, para creer que la calidad institucional juega un papel esencial en el desarrollo económico y social. Unas malas instituciones son susceptibles de ser capturadas por los intereses económicos más reticentes a asumir sacrificios para conseguir avances en los objetivos que la sociedad se haya propuesto. En palabras de Dani Rodrik: “la *mano invisible* del mercado requiere de la *mano visible* de instituciones sólidas para generar prosperidad”.¹⁵

La calidad institucional no solo es relevante para aquellos países que tienen una grave situación de pobreza. Crecientemente, vamos adquiriendo el convencimiento de que la calidad institucional es una característica esencial de una sociedad, que tiene profundas implicaciones acerca de la materialización de un proyecto colectivo de vida en común.¹⁶

En definitiva, no cabe analizar las posibilidades de progreso social y económico de un

país sin considerar su calidad institucional. Tampoco es riguroso anticipar los posibles resultados de una determinada política económica al margen de la calidad de sus instituciones políticas, legales y económicas, tanto de carácter formal como informal. Velar por la mayor calidad institucional debe ser tarea permanente de todo gobierno plenamente democrático, porque cualquier deterioro es difícil de revertir. Pero requiere un firme convencimiento y la colaboración de muchos actores, cuya confianza todo gobierno debe saber lograr y mantener.

4.3 Confianza y economía

Más allá de su dimensión social y política, la confianza desempeña también un papel determinante en el funcionamiento de la actividad económica. La inversión, la innovación y la colaboración entre los distintos agentes sociales y económicos depende en gran medida de la expectativa de que las reglas serán respetadas y de que los compromisos adquiridos

se cumplirán. En entornos de baja confianza, aumentan los costes de transacción, se reducen los incentivos a asumir riesgos y se limita el potencial de crecimiento. A modo de ejemplo, el desarrollo tecnológico de Silicon Valley, al igual que el que se está llevando a cabo en el entorno de las universidades punteras de la costa este, se apoya en buena parte en redes de confianza que facilitaron la colaboración entre empresas, inversores y universidades.

Crear una empresa es una iniciativa de riesgo, puesto que el objetivo que persigue es incierto. Todos los participantes de la actividad empresarial: accionistas, directivos, trabajadores, proveedores, y clientes están expuestos a la incertidumbre inherente al resultado empresarial y al posible riesgo de quiebra. Si se quiere que la empresa asuma el riesgo adicional de la innovación, una actividad cuyo resultado es incierto, cree empleo y sea fuente de progreso, debe tener las condiciones internas apropiadas, y un entorno institucional adecuado, incluyendo el mayor respeto al importante papel que la actividad productiva privada desempeña en aras al progreso social. No se puede esperar que aparezcan empresarios innovadores en equipos y procesos productivos, mejorando la productividad de los actuales procesos y abriendo nuevos mercados, si estos no confían en el cumplimiento de las leyes y de los contratos, o si su labor es denostada públicamente.

En un entorno de reducida confianza tampoco progresarán mucho las relaciones laborales, ni lo harán los procesos de co-determinación, la flexibilización en la organización de la producción, el intercambio de pareceres y experiencias dentro de la empresa, o la posible participación financiera de los trabajadores en la empresa.

De modo similar, la colaboración público-privada no se materializará, o lo hará en una escala ineficiente; se pierden así las potenciales

ganancias de eficiencia procedentes tanto del reparto de riesgos entre los sectores público y privado, como de los incentivos que se generan al diseñar los contratos alineando correctamente los intereses de ambos sectores.

5. Política y sector público al servicio del bienestar colectivo

La generación y el mantenimiento de la confianza en las instituciones y en los demás dependen, en gran medida, de la calidad de dichas instituciones y del modo en que se ejerce la acción política. De igual modo, la política puede contribuir a reforzar la confianza en las instituciones o, por el contrario, erosionarla, en función de su enfoque y de la forma en que se desempeña.

Precisamente, la confianza de los ciudadanos se gana cuando la política se enfoca decididamente hacia la mejora del bienestar de todos, como objetivo fundamental. Pero la confianza de los ciudadanos en el ejercicio de la política no sirve de mucho si no vencemos el desprestigio del sector público y la minusvaloración de su papel (al menos con anterioridad a la pandemia). Por último, una gobernanza basada en la confianza de los ciudadanos en las instituciones y en la política es esencial para establecer acuerdos estables que permitan una acción pública eficaz y un progreso sostenido.

5.1 Política orientada al bienestar de los ciudadanos

Junto a la calidad institucional, la orientación de la política resulta decisiva para traducir las preferencias colectivas en decisiones que promuevan el bienestar general.

Una democracia plena se debe basar en el esfuerzo colectivo por desarrollar un proyecto común de país, con miras a un progreso social



sostenido, sin exclusión de nadie. Requiere también que quienes fueron escogidos en unas elecciones libres actúen como verdaderos representantes de sus votantes y, todavía más importante, que el gobierno que resultó elegido represente a todos los ciudadanos.

En una democracia sana, los gestores públicos son plenamente conscientes de que se deben a los ciudadanos, y que deben ejercer su tarea con transparencia, y con un riguroso ejercicio de rendición de cuentas, que informe a los ciudadanos del uso que se da a los recursos públicos, y del compromiso que se tiene con el programa político que se propuso en la campaña electoral. Es clave, asimismo, que los ciudadanos sean tratados igualmente por el poder político y por la justicia, que debe aplicarse anónimamente, sin diferencias de ningún tipo por características personales, sociales o económicas.

La acción política debe cuidar de la calidad de la normativa que genera, cuyo conocimiento

y cumplimiento va a exigir a todos los ciudadanos. La normativa no debe ser excesiva, y el sector público debe ser el primero en cumplirla. El lenguaje normativo ha de ser claro y preciso, la redacción no debe ser innecesariamente extensa, y no generar incertidumbre ni inconsistencias, derogando explícitamente la normativa previa que quede obsoleta.

El trabajo, la educación de los hijos, el mantenimiento económico y la salud de la familia, son los elementos básicos en la vida de toda persona. Son también fuente de incertidumbre, pues desconocemos las circunstancias en las que se materializarán en el futuro. Ello genera insatisfacción y preocupación, y los ciudadanos confían en que para resolver tales dificultades puedan contar con el apoyo del estado. Como mínimo, una primera condición que deben satisfacer las estructuras de gobierno es no generar más incertidumbre a los ciudadanos.

Existe la creencia extendida de que es patrimonio del gobierno de turno diseñar y ejecu-

tar la política solicitada, asumiendo el impacto presupuestario que pueda generar sin gran dificultad, pues siempre se pueden recabar recursos, de un modo u otro (Novales (2025)).¹⁷ Por el contrario, toda política que se pone en marcha implica una transferencia de recursos entre distintos colectivos: ya sea porque unos se benefician de la actuación y otros aportan recursos para financiarla (en ocasiones, estos colectivos se solapan), o porque una determinada normativa mejora la vida de algún colectivo, posiblemente amplio o muy vulnerable, generando algún malestar inevitable a otro colectivo. Cuando financiamos proyectos con

LA CRISPACIÓN POLÍTICA DIFICULTA QUE LAS INSTITUCIONES PÚBLICAS FUNCIONEN EFICAZMENTE, GENERANDO FALTA DE CONFIANZA Y UNA INCERTIDUMBRE INNECESARIA ENTRE LOS CIUDADANOS

deuda, incluso involucramos a las generaciones futuras, no solo como posibles beneficiarios de los mismos, sino también transmitiéndoles un coste de financiación.

Los recursos públicos, aportados por los ciudadanos actuales y futuros, son siempre finitos. Por consiguiente, gobernar debe consistir en establecer prioridades razonadas que lleven al gobierno a justificar por qué lleva a cabo unas actuaciones y no otras, y por qué establece su financiación del modo en que lo hace. El debate sobre una determinada política debería establecerse, entre otros, en términos de quienes se benefician y quienes financian la actuación. Solo así puede evaluarse con rigor si la decisión de aprobar la política y establecer un mecanismo específico de financiación está justificada

socialmente. En una democracia de calidad se prestará especial atención a la evaluación de políticas públicas, ex-post pero también ex-ante, justificando la elección que se haga de una determinada política frente a alternativas que pudieran conseguir el mismo objetivo. Los análisis rigurosos de evaluación coste-beneficio, no muy habituales, lamentablemente, establecen este tipo de consideraciones.¹⁸

Las estrategias de “Gobierno abierto” establecidas en muchos países incorporan tres elementos fundamentales: transparencia (estar expuesto al escrutinio público), accesibilidad (para cualquier persona y en cualquier lugar) y capacidad de respuesta a las nuevas ideas y demandas de los ciudadanos. Incorporan de manera clara la idea de dialogar e interactuar con el ciudadano, de hacerlo partícipe de las decisiones y considerarlo un emisor con ideas de interés, no un mero receptor pasivo de normas y políticas. Todo ello, sobre la base de los principios de buen gobierno, tales como la rendición de cuentas, justicia, equidad, eficiencia, respeto del imperio de la ley y altos estándares de comportamiento ético. Si están bien conducidas, las estrategias de gobierno abierto son un canal idóneo para facilitar que la política realmente sirva al bienestar de los ciudadanos.

5.2 El papel del sector público en una economía moderna

La creencia en una natural falta de eficiencia del sector público, a la vez que la convicción en la eficiencia inherente a las actuaciones del sector privado (ninguna de ellas convincentemente demostradas), lleva a quien así piensa a proponer que el Estado debe limitarse a proporcionar la seguridad, el aparato judicial y la defensa del estado de derecho: defensa de la propiedad privada, cumplimiento de los contratos y la seguridad jurídica necesarias para proteger la actividad de las empresas. Ampliando algo el ámbito de actuaciones, se



propone en ocasiones el principio de subsidiariedad: que el Estado proporcione aquellos bienes y servicios que el sector privado no tiene interés en proveer. Algo que tiene pleno sentido en el caso de algunos bienes públicos, siendo menos evidente que pueda reclamarse al Estado cualquier actuación que el sector privado no encuentre beneficiosa para sí mismo, por los incentivos perversos que generaría tal estrategia.

Tal creencia se basa en la idea de que el mercado competitivo asigna recursos de manera eficiente cuando no está sujeto a “interferencias” del sector público, una idea que escuchamos frecuentemente. Otra forma de exponerlo es que las acciones individuales en busca únicamente del beneficio propio se agregan de manera natural en una solución socialmente eficiente, gracias al mecanismo de la “mano invisible”. Estas afirmaciones son muy relevantes, pues sus implicaciones respecto al papel del sector público en la economía condicionan por completo el diseño de actuaciones de un gobierno. Pero no suele repararse en los mu-

chos y restrictivos supuestos bajo los cuales se puede demostrar la eficiencia del mecanismo perfectamente competitivo.¹⁹

Una interpretación restrictiva de la intervención del sector público en la economía está reñida con el complejo y multifacético papel que el Estado ejerce en una economía de mercado, que va mucho más allá de las funciones tradicionalmente atribuidas a un Estado mínimo. De él dependen, directa o indirectamente, algunas de las cuestiones más relevantes para el bienestar de los ciudadanos: la educación, la sanidad, la seguridad, las infraestructuras, la regulación laboral y la mejora de la competitividad. Actúa como comprador de bienes y servicios, otorga licencias y permisos, organiza la competencia entre proveedores en algunos sectores, es árbitro de los mercados, velando por la innovación, es regulador de las telecomunicaciones, de la electricidad y de los servicios postales y ferroviarios, supervisor financiero y signatario de tratados internacionales que determinan la exposición de los diversos sectores a la competencia extranjera.

Con tales responsabilidades, parece evidente que el primer papel del sector público deba ser ocuparse de que ningún ciudadano se vea privado del acceso a la sanidad, educación, o al disfrute de bienes públicos de calidad, por razón de renta, género, edad, o raza. Lo cual significa que cada sociedad debiera convenir en unos estándares mínimos que han de estar garantizados a todos los ciudadanos; es éste un debate trascendental, al que no solemos asistir, a pesar de ser de suma importancia en una sociedad democrática que no quiere que nadie quede atrás. En definitiva, el sector público debe situar a los ciudadanos y su bienestar en el centro de atención, con una preocupación especial de que los más desfavorecidos no se vean privados de oportunidades.

Existe también el riesgo de sobrecargar al Estado con expectativas excesivas. Políticas mal diseñadas pueden generar ineficiencias o efectos no deseados. Por ello, la intervención pública debe ser cuidadosa, basada en evidencia y sujeta a evaluación.

Incluso concepciones amplias del Estado están siendo sobrepasadas en los diversos momentos de crisis que, lamentablemente, nos está tocando vivir en este primer cuarto del siglo XXI. En nuestro entorno de la Unión Europea, los programas de rescate y ayuda financiera han sido múltiples y generosamente dotados, tanto durante la crisis financiera y económica de 2008, como en la pandemia. Aunque el impacto de las crisis no fue simétrico entre países, todos aportaron los recursos que se les pidieron, en un admirable ejercicio colectivo de solidaridad.

Tras estas actuaciones recientes, y para enfrentar satisfactoriamente las posibles crisis futuras, algunos autores recomiendan que el sector público asuma sistemáticamente un papel activo en dar forma al tipo de crecimiento económico que se persigue, y en contribuir a su logro. Bajo esta concepción, el Estado debe

fijar grandes objetivos socialmente deseables, definir las misiones necesarias para conseguirlos, recabando información de quienes puedan colaborar en identificar tales estrategias; debe invertir en innovación e incentivar que el sector privado también lo haga, gobernando el proceso de modo que todos los ciudadanos se beneficien. No se trata de que el sector público asuma tareas productivas, sino de que abra caminos intentando, mediante los incentivos adecuados, que las inversiones y actuaciones del sector privado vayan dirigidas hacia una senda de crecimiento en línea con los objetivos trazados.

En este sentido, M. Mazzucato²⁰ describe cómo la innovación es una actividad colectiva, en la que participan en distinto grado y momento el Estado, centros de investigación, empresas e inversores; está, además, sujeta a largos períodos de gestación. De modo que lo que parece una innovación actual es consecuencia generalmente de esfuerzos de investigación realizados desde mucho tiempo atrás, y acumula los frutos obtenidos por distintos grupos en una variedad de tareas. En Estados Unidos y también en algunos países europeos, el Estado fue pionero en la investigación en nanotecnología o en biotecnología, y ha estado detrás de muchas de las principales innovaciones que actualmente impregnan nuestra vida diaria y que han abierto la puerta a sucesivos desarrollos tecnológicos, como Internet, las pantallas táctiles, el GPS. Además del desarrollo inicial de muchos medicamentos, que fueron realizados dentro de proyectos que recibieron una sustancial financiación pública de la que, por otra parte, los gobiernos debieran haberse preocupado de derivar rentabilidad, una vez que el sector privado se aprovechó de los resultados de la inversión pública.²¹

5.3 Gobernanza, consenso y proyecto colectivo

La eficacia de la acción pública depende tam-



bién de la capacidad de generar acuerdos estables y de articular un proyecto compartido en el tiempo. En contextos de elevada polarización, la ausencia de consenso dificulta la implementación de políticas coherentes y reduce la confianza de los ciudadanos en las instituciones, limitando así las posibilidades de progreso sostenido.

La visión del Estado como fijando objetivos socialmente deseables, y dirigiendo actividades en innovación en sectores y tecnologías para abrir camino a la iniciativa privada, será más prometedora y socialmente más atractiva si dichos objetivos se establecen mediante consenso entre distintos agentes políticos, como parecería obligado, así como entre estos y un amplio conjunto de agentes sociales, asumiendo además todas las partes un compromiso de mantenimiento durante el período establecido.

La magnitud de las recientes crisis, así como la importancia de los cambios que vivimos (medio ambiente, inteligencia artificial) ha

generado también un amplio consenso acerca de la necesidad de que los sectores público y privado colaboren en la búsqueda de salidas a las mismas. La idea es siempre atractiva, pero reviste una enorme ambigüedad en cuanto a su formato y requiere para su éxito de fuertes dosis de lealtad y confianza entre ambas partes. Incluso podría aventurarse que la capacidad de progreso de un país puede estar condicionada por su capacidad para establecer este tipo de acuerdos. Una aptitud que se ha visto, por ejemplo, en Alemania, que ha mantenido políticas industriales y educativas relativamente estables durante décadas gracias a amplios consensos políticos y sociales contribuyendo decisivamente a su fortaleza económica.

Como parte de una mayor calidad institucional, la política debe jugar un papel integrador: el tono del debate entre los representantes políticos de distinto signo debe ser constructivo; pueden discrepar en cualquier punto de su ideario, pero deben anteponer el interés de los ciudadanos a sus intereses de grupo, buscando los puntos de acuerdo entre ellos siempre en

relación con la búsqueda del bienestar colectivo. La confianza necesaria entre los grupos políticos se logra con consenso, colaboración y compromiso: consenso acerca de los escenarios y objetivos que cabe contemplar en los grandes temas que preocupan a los ciudadanos; colaboración para establecer estrategias que permitan alcanzar dichos objetivos; y compromiso de mantener los acuerdos; esta es la base sobre la que se puede construir un proyecto de futuro compartido por todos.

Por el contrario, la crispación política dificulta que las instituciones públicas funcionen eficazmente, generando falta de confianza en los ciudadanos. Por ejemplo, la ausencia de colaboración institucional hace que el entorno normativo sea excesivamente cambiante, generando incertidumbre innecesaria a los ciudadanos.

En definitiva, un ejercicio de la política que mantenga el bienestar de todos los ciudadanos en su centro, en un marco de respeto hacia todas las fuerzas políticas como representantes que son de distintos colectivos, es la mejor manera de suscitar confianza en las instituciones, en la política y en los demás. Cuando se perciben los esfuerzos por encontrar estrategias en común hacia el logro de un proyecto compartido la confianza se acrecienta, el marco social es estable y las colaboraciones entre colectivos son fructíferas. Es en ese entorno donde puede apreciarse claramente la capacidad del sector público por organizar eficientemente unas estructuras económicas y sociales de progreso, actuando, siempre que sea conveniente, en franca colaboración con el sector privado.

6. Resumen: construyendo el progreso como proyecto compartido en una sociedad cohesionada, equitativa y sostenible

En un contexto global marcado por transfor-

maciones tecnológicas, desigualdad persistente y tensiones institucionales, el progreso no puede reducirse al crecimiento económico. Requiere una base social e institucional que lo haga sostenible y compartido.

La tesis central de este trabajo es que una buena sociedad se construye sobre la interacción coherente entre valores cívicos, confianza social e instituciones de calidad. Cuando estos elementos se refuerzan mutuamente, permiten un desarrollo que combina prosperidad, equidad y estabilidad democrática.

El debilitamiento de los vínculos sociales, la desconfianza y la erosión institucional no son fenómenos aislados, sino dinámicas interdependientes que limitan la capacidad de las sociedades para afrontar desafíos colectivos. Revertir estas tendencias exige reequilibrar la relación entre individuo y comunidad, garantizar una igualdad de oportunidades efectiva y fortalecer instituciones imparciales.

En este proceso, la política desempeña un papel central como articuladora de un proyecto común capaz de generar confianza y posibilitar un progreso sostenido a largo plazo.

En última instancia, el progreso no depende solo de cuánto crece una economía, sino de cómo se organiza la vida en común. Construir una buena sociedad implica reconocer que el bienestar individual depende de estructuras colectivas que deben ser cuidadosamente diseñadas, protegidas y renovadas. El reto no es elegir entre individuo y comunidad, entre mercado y Estado, sino articular un equilibrio dinámico que permita a las sociedades prosperar sin fracturarse. Sin confianza no hay cooperación; sin cooperación no hay instituciones sólidas; y sin instituciones sólidas, el crecimiento pierde su capacidad de convertirse en progreso compartido.

NOTAS

¹ Entre otros: T. Jackson, 2016, *Prosperity without Growth: Foundations for the Economy of Tomorrow*, Rutledge; B. Milanovic, *Capitalism, Alone: The Future of the System That Rules the World*, Harvard University Press. 2019; C. Mayer, 2018, *Prosperity: Better Business Makes the Greater Good*, Oxford University Press; T. Piketty, 2017, *Capital in the Twenty-first Century*, Harvard University Press; T. Piketty, 2020, *Capital and Ideology*, Harvard University Press; J. Tepper, 2018, *The Myth of Capitalism: Monopolies and the Death of Competition*, Wiley; S. Zuboff, 2019, *The Age Of Surveillance Capitalism*, Profile Books Ltd., J. Stiglitz, 2019, *People, Power, and Profits*, W.W. Norton.

² Libre competencia, propiedad privada de los medios de producción, libre mercado, búsqueda del beneficio como motor empresarial, intervención limitada del Estado en la economía.

³ Acemoglu, D., Johnson, S., Robinson, J. (2005), "Institutions as a fundamental cause of long-run growth", chapter 6 in *Handbook of Economic Growth*, Volume IA. Edited by Philippe Aghion and Steven N. Durlauf.

⁴ "No existe tal cosa como la sociedad. Hay hombres y mujeres individuales y hay familias", afirmaba M. Thatcher. "En esta crisis actual, el gobierno no es la solución a nuestro problema; el gobierno es el problema", decía R. Reagan.

⁵ Recordamos bien aquellas afirmaciones: "O nos salvamos todos o no se salva nadie", "De esta crisis no podremos salir igual que antes. En nuestras manos está salir mejores o peores" (Papa Francisco, (2020, Encíclica Fratelli Tutti).

⁶ Arendt, H., 1958, *The Human Condition*, Chicago, University of Chicago Press, pp. xv, 333

⁷ "El despotismo, que es peligroso en todos los tiempos, se impone especialmente temible en los siglos democráticos... Aísla a los hombres unos de otros. El individualismo es un sentimiento reflexivo y apacible que dispone a cada ciudadano a aislarse de la masa de sus semejantes... De esta suerte, después de haber puesto a cada uno aparte, el soberano extiende sus brazos sobre toda la sociedad". (Tocqueville, Alexis de, 2006: La democracia en América (Volumen II, Segunda Parte, Capítulo II, 128-129, Alianza Ed.).

⁸ "Nos salvamos juntos o nos hundimos separados" (México y los mexicanos, J. Rulfo (1984), ed. EFE).

⁹ Terceiro, J., 2020, "Desigualdad, brecha de género y cuotas", *Anales de la Real Academia de Ciencias Morales y Políticas*, n°97.

¹⁰ Como muestra la "Curva del gran Gatsby", en: Corak, M., 2013, "Income Inequality, Equality of Opportunity, and Intergenerational Mobility", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 27, 3, págs. 79-102.

¹¹ OCDE, 2018, *A Broken Social Elevator? How to Promote Social Mobility*.

¹² Sandel, M., 2020, *The Tyranny of Merit*, Farrar, Straus and Goroux, New York, p. 224.

¹³ Rosanvallon, P. "La legitimidad democrática: imparcialidad, reflexividad, proximidad", Paidós, 2010

¹⁴ Sebastián, C., 2013, *Subdesarrollo y Esperanza en África*, Galaxia Gutenberg, cap. 5.

¹⁵ Dani Rodrik tiene una opinión clara: "Los únicos países que han logrado hacerse ricos bajo el capitalismo son los que han creado un amplio conjunto de instituciones formales para gobernar el mercado". Rodrik, D., 2000, "Institutions for High-quality Growth: What they are and how to acquire them". *Studies in Comparative International Development*, 35, 3-31.

¹⁶ Así nos lo advertía Hayek en su obra magna, "Camino de Servidumbre", observando que una democracia no se define únicamente por el voto o la participación política, sino por la existencia de instituciones sólidas y autónomas que actúan como contrapeso al poder ejecutivo (F.A. Hayek, 1944, *The Road to Serfdom*, Rouledge press, Chicago).

¹⁷ Novales, A., 2025, "Cuando gobernar no es improvisar: Claves para entender y diseñar políticas públicas a través de tres casos recientes en España", *Real Academia de Ciencias Morales y Políticas*, octubre 2025.

¹⁸ Véase de Rus, G., (2023), *El valor social de la evaluación económica de las políticas públicas*, *Economiaz*, n° 103. Ver también: de la Fuente, A. (coordinador); G. de Rus; Fernández, M.; García, M. A.; Jansen, M.; Jiménez, S.; Novales, A.; Onrubia, J.; Pérez Renovaes, J.; Sastre, E.; Sicilia, J. (2021): "La evaluación de políticas públicas en España: antecedentes, situación actual y propuestas para una reforma." *Informes y papeles del Grupo de Trabajo Mixto Covid-19. FEDEA Policy Paper*, 2021-09. Madrid. <https://bit.ly/3mnb4Y5>

¹⁹ Que generalmente dejará de cumplirse en presencia de bienes públicos, cuando los agentes que concurren en una transacción tienen distinta información, o cuando alguno de ellos tiene poder de mercado, o cuando sus acciones generen externalidades positivas o negativas, todo lo cual solemos denominar "fallos de mercado".

²⁰ Mazzucato, M., (2013), *The Entrepreneurial State: Debunking Public vs. Private Myths*, Londres, Anthem Press, y Mazzucato, M., (2018), *The Value of Everything: Making and Taking in the Global Economy*, Penguin Random House, Nueva York.

²¹ Desde el punto de vista de la teoría de la agencia, la herramienta que utilizamos en Economía para analizar situaciones de interacción estratégica entre agentes con distinta información y capacidad de negociación, puede ser eficiente que el Estado actúe como primer inversor en sectores de innovación que considerándose estratégicos para el país, requieren mucho capital y presentan elevados riesgos tecnológicos y de mercado, dado que el sector privado no va a abrir estos caminos. El capital riesgo entrará cuando se perciban indicios de éxito y, por tanto, posibilidades de rentabilidad futura; en ese momento, la solución eficiente puede ser una colaboración con distribución eficiente del riesgo, pero también de los potenciales beneficios, entre los sectores público y privado.

Sobre el autor Alfonso Novales

Alfonso Novales Cinca, matemático y economista, es académico de número de la Real Academia de Ciencias Morales y Políticas. Autor de numerosos trabajos de investigación sobre Macroeconomía, Finanzas, Política Monetaria, Mercado de Trabajo y Economía Industrial. Ha publicado varios libros de texto y dirigido 19 tesis doctorales y 36 tesinas de Máster.



EDUCACIÓN, MOTOR *DE LA DIGNIDAD HUMANA*

Por DANIEL SANTÍN y ROSA SIMANCAS

El objetivo de este artículo es llevar a cabo una reflexión acerca del papel que la educación tendrá en los próximos años. Para ello es necesario partir de la situación actual; por qué el sector educativo ha ganado tanto peso en los últimos cien años, cuáles son los agentes implicados y qué objetivos se pretenden alcanzar. A partir de aquí, cabe preguntarse acerca de la revolución tecnológica y la irrupción de la Inteligencia Artificial (IA) generativa, ya que a nadie escapa que su presencia en los centros escolares va a suponer cambios importantes en el proceso educativo.

EL DISEÑO DE LA EDUCACIÓN del futuro es un desafío fundamental para cualquier sociedad, puesto que marcará la forma en la que nos relacionaremos. En primer lugar, la educación constituye una de las variables clave para el aumento del crecimiento y el desarrollo económico. En segundo lugar, garantizar el acceso a un sistema educativo de manera pública y gratuita tiene un peso cuantitativo no despreciable en términos de gasto público. Recordemos que la educación es un servicio público considerado como “preferente” que, por ser esencial para el desarrollo de una vida digna, debe ser gratuito y hasta de obligatoria permanencia durante un número mínimo de años. En tercer lugar, resulta imprescindible definir los

**LA EDUCACIÓN SE HA
CONVERTIDO EN UN
PILAR FUNDAMENTAL DE
LA COHESIÓN SOCIAL:
FOMENTA VALORES
CÍVICOS, LA TOLERANCIA,
REDES DE COOPERACIÓN,
LA VIDA DEMOCRÁTICA
Y LA CONFIANZA EN LAS
INSTITUCIONES**

objetivos finales que queremos conseguir en términos de eficiencia e igualdad de oportunidades. Tengamos en cuenta que, a diferencia de un agente cuyo objetivo es maximizar beneficios, los objetivos de un sistema educativo son múltiples, carecen de precios bien definidos y, por tanto, el orden de prioridades entre esos objetivos depende de a qué agente (gobierno, alumnos, profesores, familia, contribuyentes) preguntemos, sabiendo además que pocas veces resultarán coincidentes. Finalmente, en todo sistema educativo subyace una regulación que va a condicionar todo el proceso de aprendizaje, desde los condicionantes éticos hasta las fórmulas para evaluar el sistema.

Nuestra hipótesis de partida es que la educación seguirá siendo una de las inversiones sociales más rentables, pero también que su implementación práctica experimentará una fuerte evolución en los próximos años. Teniendo en cuenta la evidencia acumulada en economía de la educación y los debates sobre el futuro del aprendizaje, en las siguientes páginas reflexionamos sobre la educación del futuro; en concreto, sobre su función como infraestructura social invisible y sobre los retos que definirán su capacidad para sostener el progreso y la igualdad de oportunidades en las próximas décadas.

Las ideas que a continuación presentamos se estructuran de la siguiente forma. Por un lado, recogemos evidencias basadas en trabajos académicos previos que han apuntalado el importante papel que la educación tiene en la actualidad en nuestra sociedad. Por otro lado, debatimos de manera abierta algunas reflexiones que deben entenderse como ideas prospectivas sobre las que queremos que los lectores sigan pensando y deliberando.

La educación como infraestructura invisible

En la historia moderna la educación ha sido una de las instituciones más relevantes en el desarrollo de las sociedades occidentales tal y como hoy las conocemos, entendiendo como tales el conjunto de países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). En ellos, las oportunidades de millones de personas se vieron transformadas gracias a la expansión de los sistemas educativos públicos que tuvo lugar en la segunda mitad del siglo XX. Hasta entonces, sin la existencia del llamado “estado del bienestar”, la educación era un bien de lujo reservado únicamente para una minoría privilegiada. En un mundo donde la esperanza de

vida era corta, los ahorros escasos y el trabajo infantil común, el acceso a la educación era económicamente “irracional”. Los hijos representaban activos productivos inmediatos, por lo que el coste de oportunidad de enviarlos a la escuela con fondos privados resultaba inasumible para la mayoría de las familias.

El progreso tecnológico acumulado en los últimos cien años no solo mejoró las condiciones de vida, sino que además aumentó la rentabilidad de los años de educación recibidos, lo cual permitió una transición desde la “cantidad” hacia la “calidad” de los hijos. Como señala el Premio Nobel de economía Gary Becker en su análisis de la familia, este cambio desplazó la educación como bien de consumo exclusivo de las élites para convertirse en una inversión racional y necesaria para la supervivencia económica en el mundo moderno. Además, esto supuso un impulso adicional tanto para el crecimiento económico como para el desarrollo de sociedades más abiertas, saludables y democráticas. Por ello, podemos afirmar que la educación, entendida como inversión en capital humano (Becker, 1964; Schultz, 1961), ha sido uno de los pilares fundamentales del progreso económico moderno.

Desde esta perspectiva, la teoría del capital humano ha defendido el papel de la educación como una inversión que permite mejorar las capacidades productivas de los individuos y, en consecuencia, su productividad y sus ingresos (Mincer, 1974). A modo ilustrativo, se puede observar en la Tabla 1 cómo, para el caso de España, en los últimos 30 años la brecha salarial entre los individuos con educación superior y aquellos que no terminaron la educación secundaria se ha mantenido, en promedio, alrededor de los 60 puntos de diferencia. La única excepción la encontramos en torno al año 2005, donde cayó a unos 50 puntos como consecuencia del boom económico de la construcción.

Cabe también recordar que los años de educación recibidos son una fuente de externalidades positivas cuyos beneficios van más allá de los rendimientos salariales que se generan en el mercado de trabajo. Así, los estudios de Cutler y Lleras-Muney (2006) o de Oreopoulos y Salvanes (2011) señalan la clara asociación existente entre los años de escolarización y estilos de vida más saludables, menor exposición a conductas de riesgo, mayor esperanza de vida y menores índices de pobreza

Tabla 1. Índices de salarios brutos de los asalariados, por nivel de formación

Nivel educativo	1995	2005	2015	2023
Todos los niveles	100	100	100	100
Educación primaria o inferior	-	80.4	65	62.2
Primera etapa de E. Secundaria	88.9	78.8	72.7	70.8
Segunda etapa de E. Secundaria	98.5	91.4	86.2	82.4
Educación superior	150.4	131.6	123.3	123.3

Fuente: *Las cifras de la educación en España*. MEFD - varios años.

y marginalidad. Esto, en definitiva, tiene un impacto positivo sobre el bienestar colectivo reduciendo la presión sobre los sistemas sanitarios y de dependencia públicos. Más adelante detallaremos en qué otras dimensiones los resultados de la inversión en capital humano desbordan al propio individuo y repercuten de manera beneficiosa en toda la sociedad.

Por estas razones creemos que el sistema educativo público puede entenderse como una infraestructura invisible. Al igual que las infraestructuras físicas (carreteras, redes de suministro, aeropuertos, etc.) sustentan la actividad económica de un país, la educación

AL IGUAL QUE LAS INFRAESTRUCTURAS FÍSICAS SUSTENTAN LA ACTIVIDAD ECONÓMICA DE UN PAÍS, LA EDUCACIÓN FUNCIONA COMO UN ANDAMIAJE INVISIBLE QUE SOSTIENE EL DESARROLLO Y LA IGUALDAD DE OPORTUNIDADES

funciona como un andamiaje invisible que sostiene el desarrollo de las personas, la igualdad de oportunidades, la innovación y la cohesión de las sociedades. Gracias a la educación se transmiten no solo conocimientos, sino también habilidades sociales que hacen a las comunidades tolerantes, respetuosas del estado de derecho y versátiles para adaptarse a contextos cambiantes y desafíos colectivos.

Así, si consideramos al siglo XIX como el siglo de las redes ferroviarias y la energía de vapor, podemos decir que el siglo XX fue el siglo del capital humano, el cual ha dado lugar a profundas transformaciones tanto económicas como sociales (Goldin, 2001). Repasando la historia, una vez que la evidencia acerca del papel de

la educación fue ganando peso, las políticas educativas de gran parte de la segunda mitad del siglo XX se centraron en expandir dicha infraestructura. Algunos de los grandes logros de las sociedades contemporáneas han sido una educación primaria y secundaria obligatorias prácticamente universalizadas de manera gratuita y el acceso (masivo) a la educación superior (Meyer et al., 1992; UNESCO, 2000). En muchos países, estos logros se han visto acompañados de importantes avances en movilidad social, igualdad de derechos y en reducción de desigualdades y pobreza, reforzando la idea de que la educación es uno de los mecanismos más poderosos, si no el único, para ampliar las oportunidades vitales de las personas.

Sin embargo, actualmente persisten desigualdades educativas asociadas al origen socioeconómico, al territorio o al acceso a recursos educativos públicos y/o recursos tecnológicos. Existe además un gran desafío en torno a las profundas modificaciones que la aparición de múltiples herramientas de IA generativa está causando en la manera de producir, organizar y transmitir el conocimiento. En este contexto, la pregunta clave es qué tipo de educación necesitaremos para sostener el progreso económico y al mismo tiempo garantizar una igualdad de oportunidades efectiva que permita fortalecer la cohesión social en el futuro.

Educación e igualdad de oportunidades

Es evidente que las trayectorias vitales de las personas no comienzan desde el mismo punto de partida. En el momento del nacimiento existen un conjunto de circunstancias asociadas a todo individuo como el nivel socioeconómico, la familia y sus preferencias e intereses o incluso el territorio donde nace, que condicionan, en mayor o menor grado, las oportunidades con las que cuenta a lo largo de la vida.



Esta distribución desigual de puntos de partida se conoce en la literatura económica como “lotería social”, en contraposición a aquellas diferencias que sí pueden atribuirse al esfuerzo personal (Roemer, 1998). Partiendo de la premisa de que buscamos una sociedad más justa, ésta solo se conseguirá si los resultados vitales de sus ciudadanos dependen en buena medida de sus propios méritos y decisiones personales, y no quedan predeterminadas por las circunstancias favorables o desfavorables asociadas a su origen.

Desde mediados de los sesenta y a lo largo de los setenta, numerosos autores comenzaron a investigar qué factores estaban relacionados con los resultados escolares. Uno de los estudios que más atención recibió fue el realizado por Coleman et al. (1966). James Coleman y su equipo publicaron en el año 1966 “Igualdad de Oportunidades Educativas”, investigación conocida posteriormente a nivel internacional como *Informe Coleman*. El objetivo inicial de este trabajo era analizar si la calidad y la

cantidad de los recursos educativos de las escuelas determinaban, de forma significativa, el éxito o el fracaso escolar, principalmente entre las clases minoritarias de Estados Unidos. El estudio concluía que las tasas de escolarización, la formación y el salario del profesorado, así como el currículo, eran relativamente iguales entre los niños de raza blanca y los de otras razas. También se detectó, entre otros resultados, la segregación escolar existente para los alumnos de raza negra. Sin embargo, el hallazgo clave del *Informe Coleman*, por el que adquirió relevancia posterior en la investigación educativa (a pesar de las numerosas críticas metodológicas que hoy le haríamos), aparentaba demostrar que teniendo en cuenta los antecedentes familiares y personales de los alumnos, su rendimiento escolar apenas guardaba relación con los recursos escolares.

Mediante el sistema educativo se ha tratado de conseguir que las trayectorias vitales de las personas dejen de depender exclusivamente de sus circunstancias de nacimiento o hereda-

das para verse definidas, en mayor grado, por sus propias decisiones, con el objetivo de facilitar que la capacidad y el esfuerzo individual puedan desarrollarse en unas condiciones que permitan progresar socialmente. La literatura ha puesto de manifiesto que los beneficios de la educación son especialmente elevados para quienes proceden de entornos desfavorecidos, lo que refuerza la idea de que es una herramienta eficaz para mejorar las condiciones de partida de los individuos (Psacharopoulos y Patrinos, 2018). Esta capacidad de nivelación es la que ha permitido que la educación funcione como motor de la movilidad social intergeneracional: sin un sistema educativo capaz de compensar el origen, el estatus económico se heredaría como si de un rasgo biológico se tratase (Corak, 2013). El único medio para romper este círculo es garantizar que el “ascensor social” del sistema educativo funcione correctamente. En este sentido, la evidencia empírica sugiere que el acceso a una educación de calidad amplía las oportunidades de quienes parten de situaciones desfavorables, facilitando su escalada en la distribución de ingresos (Chetty et al., 2014).

Por ello, la expansión que ha experimentado la educación a lo largo del último siglo no solo ha facilitado la formación de trabajadores más productivos, sino que también ha reducido la brecha generada por las condiciones de partida. Se puede afirmar que, a pesar de todas sus debilidades y carencias, la expansión de los sistemas educativos de los países de la OCDE ha permitido ampliar el conjunto de oportunidades vitales disponibles para cada individuo, tratando de evitar que su destino quede determinado el día de su nacimiento.

Externalidades positivas de la educación: más allá de los salarios

La teoría del capital humano proporcionó el marco conceptual para situar a las capacida-

des humanas en el centro de la actividad económica de cada país, reforzando la idea de que desde el sector público se debe invertir en educación por razones de equidad y de eficiencia, ya que la sociedad recupera con creces cada euro invertido. A nivel individual, como ya se ha comentado, la literatura económica ha mostrado en repetidas ocasiones que más años de escolarización conducen a incrementos salariales significativos que se mantienen de manera consistente a lo largo de la vida (Card, 1999, 2001; Heckman et al., 2006).

Pero el impacto económico de la educación no se agota con los retornos privados anteriormente mencionados. Dado que la educación incrementa la capacidad productiva de cada uno de los individuos, este efecto positivo a nivel individual se acumula a nivel agregado, modificando el funcionamiento del conjunto de la economía y el crecimiento económico de un país. La evidencia al respecto señala que el impacto agregado de la educación depende tanto de la cantidad de años de escolarización como de la calidad del aprendizaje adquirido durante esos años. Trabajos recientes han puesto de manifiesto que el crecimiento del PIB a largo plazo viene determinado en gran medida por las habilidades cognitivas que la población ha adquirido en los años de escolarización (Hanushek y Woessman, 2008, 2015). La OCDE, por su parte, con sus informes PISA, corrobora esta relación al mostrar que los países que consiguen combinar una amplia cobertura educativa con altos niveles de aprendizaje efectivo son también aquellos que presentan mejores resultados en términos de productividad y desempeño económico (OCDE, 2019).

Adicionalmente, la educación proporciona un conjunto de beneficios que trascienden del ámbito meramente económico. Por ejemplo, a nivel colectivo, se ha convertido en un pilar fundamental de la cohesión social. La educación fomenta valores cívicos, tolerancia,



redes de cooperación y en definitiva mejores ciudadanos viviendo en comunidad (Briole et al., 2025). Al mismo tiempo, a medida que se adquieren años de educación, el coste de oportunidad de delinquir es más elevado y se potencian habilidades no cognitivas como el auto control. Ello permite que todos los individuos desarrollen sus vidas en un contexto con mayor libertad y menores niveles de violencia y criminalidad (Lochner y Moretti, 2004; Lochner, 2011). Sus efectos también alcanzan a la esfera política e institucional. Las personas con mayores niveles educativos tienden a involucrarse más en la vida democrática y muestran una mayor confianza en las instituciones (Dee, 2004; Milligan et al., 2004). Además, estas sociedades crean marcos institucionales robustos que propician la innovación, la inversión y la equidad (Acemoglu et al., 2005). De igual manera, en sociedades con sistemas fiscales consolidados y basados en el principio de progresividad, los individuos más educados pagan más impuestos, lo cual hace posible que la sociedad recupere su inversión para poder

seguir sosteniendo el sistema educativo público que nos permite a todos disfrutar de estas externalidades positivas.

En definitiva, la evidencia muestra que los retornos de la educación incluyen tanto beneficios económicos como sociales, lo que permite entender por qué se trata de una de las inversiones más rentables. Sin embargo, esta rentabilidad no es automática, sino que depende de la existencia y mantenimiento de esta infraestructura invisible capaz de transformar los recursos educativos en conocimiento efectivo y aplicado.

Redefiniendo el capital humano: de la acumulación de datos al pensamiento crítico

Uno de los principales desafíos que los sistemas educativos deben afrontar en la actualidad es el de la erosión de los hechos ciertos que emanan de la evidencia científica y de la

información contrastada. En un entorno donde las fuentes de información están saturadas de IA generativa y *deepfakes* de alta verosimilitud, la función social de la educación debe incorporar al tradicional aprendizaje de un conjunto de conocimientos que deben ser adquiridos, la formación en el uso del pensamiento crítico. Siguiendo a Duplass y Ziedler (2002), el pensamiento crítico (*critical thinking*) es un proceso de búsqueda de conocimiento, a través de las competencias de razonamiento, toma de decisiones y resolución de problemas, que nos permite lograr, con la mayor eficacia, los resultados deseados. En esta misma línea, Halpern (2014) señala que el pensamiento crítico

EN UN ENTORNO SATURADO DE IA GENERATIVA Y DEEPFAKES, EL DOCENTE SERÁ EN EL FUTURO UN PROFESIONAL DE ÉLITE, ENCARGADO DE FORMAR CIUDADANOS CAPACES DE TOMAR DECISIONES BASADAS EN EL PENSAMIENTO CRÍTICO

tico se compone precisamente de estas tres capacidades. El razonamiento permite sintetizar y analizar temas complejos, tanto individualmente como en equipo. Se considera ésta una competencia fundamental para el aprendizaje en el siglo XXI, pues implica el acceso a la información, su análisis y su síntesis. La toma de decisiones, por su parte, exige que los individuos entiendan una situación que comporta diferentes alternativas, sus restricciones y el coste de oportunidad de cada una de ellas, para que terminen eligiendo la que más les beneficie. Finalmente, la resolución de problemas requiere que la persona recurra a múltiples fuentes de información veraces para encontrar soluciones a cuestiones complejas.

A partir de este enfoque, el pensamiento crítico conlleva la evaluación de la información y la extracción de conclusiones basadas en datos y su posterior comunicación. También puede comportar elegir una conclusión alternativa en relación con las pruebas disponibles y comunicarla, dar argumentos a favor o en contra de una determinada deducción en base a los datos proporcionados, identificar los supuestos de los que se ha partido para llegar a un juicio concreto o reflexionar sobre las implicaciones sociales de los resultados científicos (Redecker et al., 2012).

Tal y como señala la OCDE (2021) en su marco *Learning Compass 2030*, el capital humano del futuro no se medirá solo por la cantidad de información que un/a alumno/a fue capaz de procesar. En cambio, se evaluará por su capacidad crítica para determinar la veracidad de la información en entornos altamente contaminados por falsas realidades diseñadas para influir en la toma de decisiones de los individuos. En este contexto, la educación actúa como un antivirus contra la desinformación. Sin una adecuada regulación de esta vacuna, entendida como bien público, la batalla entre la creciente sofisticación de los algoritmos de persuasión y la capacidad analítica tradicional del individuo está desequilibrada; y esta asimetría acabará fracturando los consensos democráticos alcanzados y favoreciendo a aquellas ideologías más eficientes a la hora de convencer a grandes masas.

Para evitarlo, el sistema educativo deberá transitar desde el modelo estandarizado del siglo XX que tan bien conocemos, hacia otro paradigma donde las materias tradicionales no son eliminadas sino potenciadas. Debe quedar claro que el pensamiento crítico no puede desarrollarse sin entender primero cómo funcionan las cosas, lo que requiere una base sólida de alfabetización, matemáticas, ciencias y cultura general. Sin embargo, ya no bastará con



saber leer, escribir y resolver operaciones más o menos complejas, sino que además será necesario entender cómo funcionan los algoritmos de recomendación o cómo detectar sesgos en la información que estamos procesando. El objetivo no es que todos los alumnos sean programadores de código, sino que comprendan la lógica detrás de la información. Más allá de conocer la mecánica de las operaciones matemáticas, será importante aprender a resolver problemas descomponiéndolos en tareas más sencillas (el “divide y vencerás” no va a pasar de moda), enfocando la mayor parte del esfuerzo en interpretar los resultados obtenidos y en detectar los puntos débiles.

En un mundo donde la tecnología se actualiza constantemente, otra competencia clave será la de “aprender a aprender”. Será necesario mostrar a los alumnos qué herramientas y fuentes confiables utilizar para actualizar sus propias habilidades y cómo detectar y resolver las carencias que vayan experimentando. En este contexto, cobran especial relevancia

otras competencias complementarias, como la capacidad de trabajar en equipos diversos, multiculturales y cambiantes, así como gestionar las propias emociones. Por ello, resultará fundamental saber presentar y exponer ideas y objetivos con claridad, ya sea de forma verbal, escrita o visual, entendiendo el público al que se dirigen y el contexto en el que se plantean.

Del café para todos al entrenamiento individualizado

En el sistema educativo actual hay poca (en el peor de los casos ninguna) diferenciación en los métodos pedagógicos que reciben los alumnos para adquirir las competencias. Todos los alumnos se enfrentan a unos mismos contenidos mínimos que deben aprender a lo largo de cada curso. En este contexto, los alumnos ideales son aquellos con un nivel medio-alto, situado entre el seis y el nueve en la escala tradicional de cero a diez, que son

capaces de aprobar todas las asignaturas en cada curso escolar. Los problemas empiezan con dos grupos de alumnos que, por muy distintas y complejas razones, no pertenecen a este “grupo ideal”. El primer grupo sería el de aquellos que se van quedando rezagados y no aprueban. El segundo grupo estaría formado por aquellos otros para los que sacar un diez es pan comido. El sistema educativo, a día de hoy, pese a reconocer estas situaciones a nivel teórico y normativo, no tiene bien definido qué hacer con ellos.

Para el grupo de rezagados, existen los exámenes de recuperación y las tutorías con los padres, donde se comenta lo despistado/a que está en clase y el mal desempeño en sus entregas, para concluir que debería estudiar y centrarse más, siendo la repetición de curso el resultado al final del camino. A partir de aquí se producen trayectorias distintas entre aquellos padres muy motivados y con muchos recursos, que pueden contratar clases particulares de refuerzo o dedicar su propio tiempo a continuar con ese aprendizaje fuera de las aulas, y aquellos que no disponen de tantos recursos, cuyos hijos tendrán más probabilidad de repetir curso y acabar desenganchados del sistema educativo. Para el grupo de alumnos avanzados tampoco hay demasiadas opciones, aquí el objetivo del profesorado es tratar de mantener su interés para que no caigan en el aburrimiento. Idealmente, estos alumnos, si pueden avanzar más rápido, deberían dedicar parte del tiempo a tareas y competencias más complejas, para lo cual sería necesario adaptar las actividades a su ritmo y proponerles nuevos retos.

El sistema educativo actual deberá transitar desde el modelo estandarizado del “café para todos” hacia un modelo de “entrenamiento individualizado”. Los programas de entrenamiento personalizado siguen un enfoque integral, combinando ejercicios y hábitos de

alimentación adaptados a cada persona, para avanzar hacia objetivos concretos (mejorar condición física, recuperar lesiones, perder peso, ...) con el fin de optimizar el bienestar individual. De igual manera, la educación debería diseñar estrategias que tengan en cuenta las diferencias individuales de cada alumno/a, permitiendo que cada uno avance a su propio ritmo. El modelo educativo uniforme “*one size fits all*”, donde todos reciben los mismos contenidos mediante los mismos métodos, ha sido dominante porque parece eficiente e igualitario y porque tampoco existían más opciones a un coste socialmente asumible. El precio pagado ha sido la imposibilidad de atender las necesidades particulares de cada estudiante, lo cual ha limitado el aprendizaje y el desarrollo fundamentalmente de aquellos que no tienen recursos para ello, minando la igualdad de oportunidades.

En esta arquitectura del futuro creemos que la IA generativa operará como un “entrenador/a personal virtual” que proporcionará una instrucción personalizada (Luckin, 2018). La IA ajustará la dificultad, el formato y el ritmo de los contenidos en tiempo real, basándose en las preferencias, carencias previas, e incluso intereses específicos de cada individuo, eliminando así las ineficiencias del currículo lineal. El centro educativo físico (la escuela) evolucionará hacia un espacio de trabajo colaborativo, similar al entorno de un centro de alto rendimiento. Por un lado, habrá clases en común donde se explicarán los conocimientos que deben ser adquiridos, muchos de ellos mediante trabajo en grupos. El aula será un espacio donde el objetivo principal no será la adquisición de datos, sino el desarrollo de la inteligencia emocional, la negociación ética y la co-creación en equipo (Biesta, 2015). En este ecosistema, los profesores utilizarán sus propias herramientas de IA para presentar los temas que serán objeto de estudio de una manera atractiva. En paralelo, la IA de cada

alumno/a optimizará su potencial intelectual individual, todo ello con la supervisión del profesor. Finalmente, las actividades en clase se reservarán para recapitular lo aprendido, desarrollar la capacidad de trabajar en equipo y para fortalecer el tejido social y los valores democráticos, mucho más difíciles de simular por un algoritmo.

De transmisores de conocimientos a ingenieros de pensamiento crítico

En un mundo donde la información es accesible en tiempo real y gratuita, el valor del docente no reside en lo que sabe, sino en su capacidad de enseñar a los alumnos a preguntarse, reflexionar y analizar de manera crítica. Ni la enciclopedia, ni el ordenador, ni internet acabaron con la figura del docente, ni tampoco acabará con ella la IA. Muy al contrario, desde nuestro punto de vista, en el futuro la figura del docente será la de un profesional de élite, encargado de formar ciudadanos capaces de tomar decisiones basadas en el pensamiento crítico. Por ello, creemos que en los próximos años los docentes recibirán mayor reconocimiento social y remuneración por la complejidad de su rol y por la importancia social de su responsabilidad en la formación de quienes construirán el futuro.

En este enfoque el profesor será un científico en la transmisión de aprendizaje, que evaluará de manera rigurosa y constante sus métodos de enseñanza (Schleicher, 2018) y experimentará con aquellos que otros colegas demuestran como exitosos. Al igual que un médico utiliza análisis de sangre o resonancias magnéticas para diagnosticar, el profesor del futuro utilizará la analítica de datos de aprendizaje de cada alumno/a proporcionada por la IA. Su formación consistirá en conocer todas las herramientas necesarias para interpretar y aprovechar la información individualizada que la IA

proporciona sobre cada estudiante, con el fin de diseñar actividades educativas efectivas que optimicen el aprendizaje individual. Por ejemplo, para aquellos alumnos que no consigan los objetivos, estos docentes diseñarán unas sesiones de refuerzo personalizadas destinadas, no a “aprobar la asignatura”, sino a trabajar las debilidades que se vayan detectando en cada etapa. Si el problema persiste, habrá también docentes especializados en recuperar ciertas carencias cognitivas que tendrán el papel de un médico especialista que recibe pacientes del médico de familia.

Como profesión de élite, el acceso a la carrera docente no se limitará a la obtención de un grado universitario. Siguiendo el éxito histórico de los modelos de formación médica de alta especialización, la educación adoptará un sistema de “residencia”, que habilitará el acceso a la docencia mediante un posgrado altamente selectivo, bien remunerado y profundamente práctico, en el que los métodos docentes se validen en un aula real bajo la supervisión de profesores mentores con una carrera consolidada.

Actualmente, la transición hacia este modelo ya ha comenzado a materializarse en el contexto español con el programa “Sensei: Programa de residencia inicial docente” de Catalunya (Generalitat de Catalunya, 2023). Esta iniciativa, alineada con las directrices de la Comisión Europea sobre el fortalecimiento de las carreras docentes (European Commission, 2020), establece un periodo de formación donde la teoría universitaria se valida en la práctica del aula, bajo la supervisión de mentores acreditados. Así, a través de este programa pionero, los docentes noveles no se enfrentan en solitario a la complejidad del sistema, sino que se integran en centros de referencia bajo la tutela de mentores experimentados y reflexión práctica. Esta experiencia piloto, que ha ido ganando solidez y aumentando el número de centros implicados desde el curso

académico 2023-2024, demuestra que el camino hacia la excelencia educativa pasa por transformar el periodo de prácticas en una etapa de formación rigurosa, bien remunerada y profundamente vinculada a la realidad del aprendizaje en el aula.

El papel de las instituciones como garantes de la equidad y la privacidad

Ya hemos discutido el papel de la educación como inversión en capital humano y como promotora de la igualdad de oportunidades. En el futuro que estamos dibujando, la función de las administraciones educativas irá más allá de proveer infraestructuras físicas y cubrir los gastos corrientes de los centros, y se convertirá en el regulador de un ecosistema de aprendizaje a lo largo de toda la vida. La educación reglada obligatoria seguirá siendo necesaria para garantizar que todos los alumnos adquieren unas competencias mínimas de pensamiento crítico que les permitirán desarrollarse en un mundo complejo y donde la IA tendrá un papel transversal. Para ello, la administración deberá asumir tres funciones clave: garantizar que la educación pública sea de máxima calidad y accesible en igualdad de oportunidades; asegurar que la tecnología potencie las habilidades del alumno y no lo determine ni reproduzca sesgos; y proteger la privacidad y los datos de cada estudiante.

La primera función del Estado será asegurar que la educación pública alcance los más altos estándares de calidad y sea obligatoria y accesible para todos durante un número mínimo de años. En este sentido creemos que la etapa de educación/formación obligatoria a tiempo completo debe partir del mínimo existente en Francia (que a día de hoy es máximo), donde se extiende durante 15 años (desde los 3 hasta los 18 años) y permitir su extensión de manera

voluntaria y prácticamente gratuita desde los primeros meses de vida hasta la etapa universitaria. Además, las instituciones públicas deberán certificar la idoneidad de los algoritmos y la excelencia del sistema público de IA, garantizando que todos los alumnos, independientemente de su contexto socioeconómico o de si asisten a centros rurales o urbanos, puedan disfrutar de la misma sofisticación tecnológica y pedagógica. El peor escenario que podemos imaginar es aquel en el que la IA educativa dependa del poder adquisitivo o actúe de forma opaca respecto a los objetivos que persigue, comprometiendo la igualdad de oportunidades y la confianza en el sistema educativo.

La segunda función de las administraciones públicas será garantizar que la IA educativa potencie las habilidades de los alumnos y no los determine ni reproduzca sesgos. Para ello, deberá asegurarse de que estos sistemas funcionen como un mecanismo orientado al bienestar de cada estudiante que le permita alcanzar los objetivos mínimos democráticamente definidos, no como un simple optimizador de resultados. Por ello, el sistema educativo deberá estar protegido frente al determinismo algorítmico y evitar que las trayectorias individuales se vean condicionadas o limitadas por perfiles que reproduzcan sesgos previos, ya sean de género, raza, religión, nivel económico, procedencia u otros factores. Además, el sector público será también responsable de que el trabajo educativo pueda realizarse con una importante implicación de los padres. No habrá IA que garantice el éxito educativo si los padres no apoyan y animan decididamente el proceso de educación de sus hijos.

La última, pero no menos importante, función del Estado será proteger la privacidad y los datos de cada estudiante, así como la evaluación de los resultados. La interacción diaria de los alumnos con la IA y la visibilidad de esta interacción por parte del profesorado para com-



probar cómo avanzan los resultados, plantean un capítulo crítico sobre la gestión de la información personal. Dado que estos sistemas de IA recolectarán datos sobre procesos de pensamiento, opiniones, estados anímicos e incluso ritmos biológicos, la administración deberá garantizar la seguridad y el uso responsable de toda la información generada con fines de evaluación de los métodos de aprendizaje. Asimismo, deberá establecerse un marco regulador que impida la mercantilización de los perfiles de aprendizaje por parte de actores privados y asegure que el rastro digital del estudiante sirva exclusivamente para su desarrollo personal y no para el control social o la discriminación laboral futura (Williamson, 2017).

Reflexiones finales

La educación ha dejado de ser un bien de consumo exclusivo de las élites para convertirse en la infraestructura invisible que sostiene (y seguirá sosteniendo) el desarrollo de las socie-

dades modernas. A lo largo de estas páginas, hemos explorado cómo el siglo XX consolidó el capital humano como motor de crecimiento, logrando la universalización de la escolarización. Durante décadas, el sistema educativo operó bajo la lógica de la producción industrial: un currículo lineal y estandarizado que buscaba la no discriminación y la equidad a gran escala a un coste razonable.

Sin embargo, al cruzar el primer cuarto del siglo XXI, nos enfrentamos a un proceso de transición necesaria desde la igualdad en los recursos educativos hacia la personalización del sistema educativo. Cada alumno debe recibir los recursos necesarios para que todos ellos alcancen unos hitos mínimos con herramientas adaptadas de manera individualizada. Además, es imprescindible que el sistema educativo mantenga su esencia de “ascensor social” ya que, como señala Michael J. Sandel en “La tiranía del mérito”, cuando el ascensor social no funciona correctamente se producen ganadores y perdedores del sistema que aca-

ban generando una alta polarización social, una pérdida de confianza en las instituciones y un rechazo a los valores democráticos establecidos (Sandel, 2020).

La educación del futuro tampoco podrá entenderse como una etapa delimitada en el tiempo, sino como un flujo constante de aprendizaje. Seguir invirtiendo en esta infraestructura invisible no es solo una cuestión de eficiencia económica para aumentar salarios y crecer es, ante todo, una apuesta decidida por la *fraternité*, entendida como un compromiso con la cohesión social que permita mantener este sistema educativo de alta calidad como motor de la salud democrática y la dignidad humana en un mundo cada vez más complejo. La transición hacia este modelo educativo personalizado y tecnológicamente avanzado determinará si las sociedades del mañana logran prosperar en igualdad de oportunidades o si sucumben a la fragmentación de la verdad.

¿Cuánto debemos invertir en educación? En presencia de distintas ideologías y recursos escasos, es completamente lógico que existan discrepancias acerca de cuántos recursos deben ser dedicados a educación en vez de a otras políticas de gasto público. En este sentido, sería deseable lograr, al menos, ciertos consensos.

En primer lugar, cualquier decisión de política educativa debería estar basada en evidencias científicas. Al igual que solo consumimos medicamentos que han pasado rigurosos controles para demostrar que su principio activo es la mejor solución del problema de salud en cuestión, la sociedad debería exigir que las políticas educativas estén respaldadas por evidencias empíricas que justifiquen plenamente su adopción. Para ello, la recogida y el análisis de datos acerca de recursos y resultados educativos, junto al benchmarking de buenas prácticas escolares y de cuáles son los mejores

sistemas educativos, debe ser una actividad continua y sistemática a lo largo del tiempo, donde, como ya hemos indicado, se garantice el anonimato y la privacidad.

En segundo lugar, y como conclusión final, conviene señalar que la educación es un proceso costoso y de escaso rendimiento político, ya que los resultados de las inversiones actuales solo se harán visibles pasados muchos años. Por estos motivos, y dada la importancia de la educación para el crecimiento y desarrollo de un país, el sistema educativo debería ser objeto de un gran pacto social que establezca, independientemente del partido en el gobierno que podrá ir adaptando el sistema, un mínimo común de inversión pública en educación como porcentaje del PIB.



REFERENCIAS

- Acemoglu, D., Johnson, S., & Robinson, J. A. (2005). Institutions as a fundamental cause of long-run growth. En P. Aghion & S. Durlauf (Eds.), *Handbook of Economic Growth* (Vol. 1A, pp. 385–472). Amsterdam: Elsevier.
- Becker, G. (1964). *Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education*. New York: Columbia University Press.
- Biesta, G. (2015). *Beyond Learning: Democratic Education for a Human Future*. Routledge.
- Briole, S., Gurgand, M., Maurin, É., McNally, S., Ruiz-Valenzuela, J., & Santín, D. (2025). The making of civic virtues: a school-based experiment in three countries. *American Economic Journal: Economic Policy*, 17(3), 496–521.

- Card, D. (1999). The Causal Effect of Education on Earnings. En O. C. Ashenfelter & D. Card (Eds.), *Handbook of Labor Economics* (Vol. 3, pp. 1801-1863). Elsevier.
- Card, D. (2001). Estimating the Return to Schooling: Progress on Some Persistent Econometric Problems. *Econometrica*, 69(5), 1127-1160.
- Chetty, R., Hendren, N., Kline, P., & Saez, E. (2014). Where is the Land of Opportunity? The Geography of Intergenerational Mobility in the United States. *The Quarterly Journal of Economics*, 129(4), 1553-1623.
- Coleman, J., Campbell, E. Q., Hobson, C. F., McPartland, J., & Mood, A. M. (1966). *Equality of Educational Opportunity*. Washington, DC: U.S. Office of Education.
- Corak, M. (2013). Income Inequality, Equality of Opportunity, and Intergenerational Mobility. *Journal of Economic Perspectives*, 27(3), 79-102.
- Cutler, D. M., & Lleras-Muney, A. (2006). *Education and health: Evaluating theories and evidence*. NBER Working Paper No. 12352.
- Dee, T. S. (2004). Are there civic returns to education? *Journal of Public Economics*, 88(9-10), 1697-1720.
- Duplass, J. A., & Ziedler, D. L. (2002). Critical thinking and logical argument. *Social Education*, 66(5), 10-14.
- European Commission (2020). *Supporting teacher and school leader careers: Policy brief*. Publications Office of the European Union.
- Generalitat de Catalunya. (2023). Resolució de 26 de mayo de 2023 de la Secretària de Millora Educativa per la qual s'impulsa el Programa de residència inicial docent "Sensei" en centres educatius públics i concertats. Departament d'Educació.
- Goldin, C. (2001). The Human- Capital Century and American Leadership: Virtues of the past. *The Journal of Economic History*, 61(2), 263-294.
- Halpern, D. F. (2014). *Thought and knowledge: An introduction to critical thinking* (5th ed). Psychology Press.
- Hanushek, E. A., & Woessmann, L. (2008). The Role of Cognitive Skills in Economic Development. *Journal of Economic Literature*, 46(3), 607-668.
- Hanushek, E. A., & Woessmann, L. (2015). *The Knowledge Capital of Nations: Education and the Economics of Enclosure*. MIT Press.
- Heckman, J. J., Lochner, L. J., & Todd, P. E. (2006). Earnings Functions, Rates of Return and Treatment Effects: The Mincer Equation and Beyond. *Handbook of the Economics of Education*, 1, 307-458.
- Lochner, L., & Moretti, E. (2004). The effect of education on crime: Evidence from prison inmates, arrests, and self-reports. *American Economic Review*, 94(1), 155-189.
- Lochner, L. (2011). Nonproduction benefits of education: Crime, health, and good citizenship. En E. A. Hanushek, S. Machin, & L. Woessmann (Eds.), *Handbook of the Economics of Education* (Vol. 4, pp. 183-282). Amsterdam: Elsevier.
- Luckin, R. (2018). *Machine Learning and Human Intelligence: The Future of Education in the 21st Century*. UCL Press.
- Meyer, J. W., Ramirez, F. O., & Soysal, Y. N. (1992). World Expansion of Mass Education, 1870-1980. *Sociology of Education*, 128-149.
- Milligan, K., Moretti, E., & Oreopoulos, P. (2004). Does education improve citizenship? Evidence from the United States and the United Kingdom. *Journal of Public Economics*, 88(9-10), 1667-1695.
- Mincer, J. (1974). *Schooling, experience, and earnings*. Columbia University Press.
- Ministerio de Educación. Varios años. Las cifras de la educación en España. Estadísticas e Indicadores. Subdirección General de Estadística y Estudios. Madrid. <https://www.libreria.educacion.gob.es/libro/las-cifras-de-la-educacion-en-espana-estadisticas-e-indicadores-edicion-2025-185979/>
- OCDE. (2019). *PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do*. Paris: OECD Publishing.
- OCDE (2021). *The OECD Learning Compass 2030*.
- Oreopoulos, P., & Salvanes, K. G. (2011). Priceless: The nonpecuniary benefits of schooling. *Journal of Economic Perspectives*, 25(1), 159-184.
- Psacharopoulos, G., & Patrinos, H. A. (2018). Returns to investment in education: A decennial review of the global literature. *Education Economics*, 26(5), 445-458.
- Redecker, C., Punie, Y., & Ferrari, A. (2012). eAssessment for 21st Century Learning and Skills. En Ravenscroft, A., Lindstaedt, S., Kloos, C.D., & Hernández-Leo, D. (eds) *21st Century Learning for 21st Century Skills*. EC-TEL 2012. Lecture Notes in Computer Science, vol 7563. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Roemer, J. E. (1998). *Equality of Opportunity*. Harvard University Press.
- Sandel, M. J. (2020). *La tiranía del mérito: ¿qué ha sido del bien común?* Debate.
- Schleicher, A. (2018). *World Class: How to build a 21st-century school system, Strong Performers and Successful Reformers in Education*. Paris: OECD Publishing.
- Schultz, T. W. (1961). Investment in human capital. *The American economic review*, 51(1), 1-17.
- UNESCO (2000). *World Education Report: The right to education: towards education for all throughout life*. Paris: UNESCO.
- Williamson, B. (2017). *Big Data in Education: The Digital Future of Learning, Policy and Practice*. Sage.

Sobre los autores Daniel Santín y Rosa Simancas

Daniel Santín González es Catedrático de Economía en el Departamento de Economía Aplicada, Pública y Política en la Universidad Complutense de Madrid (UCM) e investigador senior del Instituto Complutense de Análisis Económico. Es además colaborador externo del Consejo de Ciencias Sociales de la Fundación Ramón Areces.

Rosa Simancas Rodríguez es Profesora Titular del área de Fundamentos del Análisis Económico en la Universidad de Extremadura (UEX) y miembro del grupo de investigación ECOPUB. Sus intereses de investigación incluyen la economía de la educación y la evaluación de impacto de intervenciones educativas.



LA CIUDAD **SANADORA**

Por DIEGO MORENO DE CALA, MANUEL MARTÍNEZ-SELLÉS,
MERCEDES DÍEZ MENÉNDEZ, EDUARDO PESQUERA GONZÁLEZ

La Arquitectura, el Urbanismo y la Medicina pueden trabajar conjuntamente para transformar los entornos urbanos en lugares saludables y enriquecedores para el ‘florecimiento humano’. Es en el ‘espacio público’ donde podemos realizar la gran transformación urbana en las ciudades del siglo XXI.

A MENUDO, AL HABLAR de la ciudad, pensamos y percibimos algo construido y consolidado como parte del pasado. Quizás sea por eso que, a lo largo del siglo XX, con la irrupción de innumerables vanguardias artísticas y dos guerras mundiales, muchos arquitectos y urbanistas imaginaron ciudades del futuro radicalmente distintas de sus presentes urbanos, proyectos de ‘tábula rasa’ en algunos casos.

Pasadas las fiebres utópicas del siglo XX, hoy somos más conscientes de poder trabajar con entornos urbanos heredados que podemos y debemos transformar en lo que llamaremos ‘entornos preventivos’. Su estudio y realización requerirá de un enfoque multidisciplinar para abordar dos fenómenos significativos de nuestra sociedad contemporánea.

Un nuevo paradigma: la longevidad

El mundo desarrollado, al que la población mundial aspira, se encuentra ante la nueva encrucijada de un cambio demográfico disruptor, en el que la mayoría de nosotros esperamos tener una larga vida.

De acuerdo con Naciones Unidas, los centenarios son el grupo de edad que crece a mayor velocidad. En 1950 se estimaba en 14.000 personas, cuando ahora son cerca de 750.000, y se prevé su crecimiento hasta cerca de 4 millones en el año 2054. Sin embargo, el incremento en la esperanza de vida ha crecido más rápido que la esperanza de vida ‘saludable’.

Hoy existen más incentivos que nunca para cambiar comportamientos y transformar nuestro entorno. Se dedican cada vez más recursos a la llamada ‘gerociencia’, que nos abre a un futuro que cambia de manera radical cómo percibimos la vida humana. Ese futuro pasa por explotar el potencial de las técnicas

modernas de medicina preventiva, utilizando la IA o el Big Data.

Debemos comenzar, entre otras cosas, por luchar contra el ‘edadismo’ para poder integrar este cambio tan decisivo en una sociedad que aún subestima la capacidad de las personas que hoy se acercan a la edad de jubilación, superando asunciones arraigadas. Debemos abordar de manera colectiva una ‘sociedad de longevidad’.

Un viejo paradigma: la vida urbana

En paralelo al cambio demográfico, la población mundial ha escogido un hábitat predominante para vivir en el mundo. El 56% de la población mundial vive en ciudades. En el año 2050 lo harán 7 de cada 10 personas.

La Ciudad es la estructura de ‘habitación’ más lograda hasta la fecha para la vida del ser humano en la tierra, y hoy podemos afirmar que el ser humano ha transformado su entorno en una ‘segunda naturaleza’. Apenas quedan lugares que no hayan sido transformados por la mano del hombre. Ya no tiene sentido el viejo antagonismo entre naturaleza y ciudad.

Los avances de la ‘medicina’ moderna a lo largo del siglo XX, como también los manifiestos de la ‘arquitectura’ moderna, establecieron dogmas de fe sobre el poder para encontrar la cura definitiva del ser humano y de la ciudad. El enfoque científico de la primera venía acompañado y reforzado por el enfoque simbólico de la segunda.

Así como las disciplinas sanitarias comenzaron a orientarse paulatinamente hacia la ‘medicina preventiva’ (cuyas bases científicas se consolidaron ya con Hipócrates), los profesionales que trabajamos con la mejora y transformación del entorno físico debemos centrar la atención en lo que hemos denominado ‘en-



tornos preventivos'. La salud, el diseño y el entorno deben revisar sus relaciones históricas. La Arquitectura, el Urbanismo, el Paisajismo, deben estar en el 'cuidado' de sus entornos y habitantes, antes que en la 'cura' o 'medicalización' de los problemas.

La Arquitectura como paisaje de interacción

No hace mucho tiempo, percibíamos el hogar como un refugio de la vida exterior, entorno doméstico que se ha vuelto más hostil desde la revolución industrial. Paradójicamente, hoy es un lugar progresivamente más estresante, donde una constante accesibilidad a la información ha eliminado las tradicionales divisiones de espacio y tiempo, trabajo y descanso. Estamos en guardia en cualquier lugar, todo el tiempo.

Deberíamos poder ofrecer oportunidades para restablecer un verdadero 'entorno restaurativo'. No estamos ya en el proyecto moderno

visionario y romántico de 'tábula rasa unidimensional', estética fija de entorno controlado para la curación absoluta, sino en la ciudad heredada, en la que debemos articular una infraestructura del 'cuidado'. Debemos integrar más rápido en nuestros entornos urbanos funciones terapéuticas de 'cuidados preventivos', que redujeran, retrasaran o evitaran la inevitabilidad aceptada socialmente del final en una 'máquina de cuidados intensivos'.

El actual desafío de la arquitectura es el de dar respuesta a demandas cada vez más exigentes de utilidad e instrumentalidad. Los deseos de racionalidad que el mercado impone en un esquema temporal creativo cada vez más estreñido eliminan en muchas ocasiones la cualidad de la arquitectura como experiencia vital. El ejemplo edificatorio más extremo donde pueden alejarse más las necesidades de racionalidad y la experiencia existencial es 'la máquina de cuidados intensivos' que llamamos 'hospital'. Gigantes con instrumentos de curación logísticamente complejos que rara vez trascienden su instrumentalidad.



Nuestra genética no ha tenido tiempo de adaptarse a una multitud de cambios tecnológicos y medioambientales que nos enferman. La ‘epidemia’ que introdujo el siglo XX en la vida del ser humano consistió en minimizar la fuerza y la fricción entre nuestros cuerpos y nuestro entorno. Lo que hoy llamamos ‘sedentarismo’ se ha extendido y asumido de manera generalizada en nuestro día a día, acompañado por otro fenómeno silencioso contemporáneo, la soledad.

El diseño del entorno construido puede tener un papel esencial para asegurar potenciales beneficios en la calidad de vida de las personas sanas y enfermas. Para ello debe desplegar paisajes de interacción social y física.

La desmedicalización del entorno

La conciencia y obsesión por la salud y el bienestar ha desencadenado, sobre todo en

el mundo occidental, un proceso inevitable de medicalización. El psiquiatra americano Jonathan M. Metzl y la profesora de derecho, jurisprudencia y política social Anna Kirkland designaban en el año 2010 una nueva filosofía moralística con el nombre de ‘salutismo’. El término definía la confianza ciega en la medicina y su promesa de soluciones científicas y racionales.

Es indudable que la esperanza de vida ha aumentado más rápido que nunca con los avances de la medicina durante el siglo XX, pero esto conlleva una creciente ‘medicalización de la sociedad’. Muchos de nuestros problemas se han definido desde un lenguaje médico y la arquitectura ha desarrollado un proceso paralelo, confiando en la retórica médica para describir problemas y encontrar soluciones. Como resultado, se ha producido una segregación de grupos demográficos, en especial aquellos que podemos definir como enfermos.

Un proceso de ‘desmedicalización’ reconduciría más recursos hacia el cuidado y la prevención, en una sociedad (sobre todo la occidental) que envejece a gran velocidad. Mientras la ‘cura’, tarea irrenunciable, se centra en la medicación, la prevención o el cuidado comienza en nuestra interacción con el entorno: las cualidades alimentarias, ambientales y espaciales específicas en las que desarrollamos nuestras vidas.

Los ‘entornos preventivos’ deben proporcionar espacios para el cuidado y la integración, tanto de grupos sanos como enfermos, evitando el conflicto entre salud y enfermedad mediante la segregación, también presente en la convivencia de grupos relacionados con procesos migratorios que crecen más que nunca en el siglo XXI.

Empecemos por recordar cómo y por qué surgen las ciudades.

NACIMIENTO Y VIDA DE LA CIUDAD

“Ninguna cosa de cuantas se hacen en la tierra es más grata a Dios supremo gobernador del mundo todo, que las asociaciones y congregaciones de hombres legítimamente unidos a las que llamamos ciudades”

Marco Tulio Cicerón, Somn. Scip. III 13

La irrupción de la ‘Polis’ en la naturaleza como ‘habitación’ del ser humano

ANIMALES Y HOMBRES, desde el principio de los tiempos, han buscado refugios naturales como protección ante las inclemencias del tiempo. Cuevas o abrigos rocosos fueron los primeros habitáculos humanos. Después vinieron campamentos informales y temporales, cerca de la ribera de algún río que frecuentaran los animales. El movimiento de la manada de animales era seguido por los hombres, que debían cambiar su lugar de asentamiento.

No fue hasta que el hombre dejó de ser nómada para transformarse en ser sedentario, lo que dispuso las condiciones suficientes para la aparición de la ciudad elemental. A ese momento lo hemos llamado Neolítico, coincidiendo con la aparición del hacha de piedra tallada y pulimentada, y la primera gran conquista en la historia del ser humano: la agricultura. El hombre se fija entonces a la tierra, fruto de ese nuevo medio de sustento, que enseguida dio lugar a la ganadería y, más adelante, al hombre ‘granjero’, creando el núcleo elemental de la ciudad. Núcleo que después se repetiría en varias “granjas”, avan-

zando decididamente hacia la ciudad, aunque todavía no en sentido político y urbanístico.

De la Ciudad ‘natural’ al animal político

Ninguna de las ciudades neolíticas, griegas, itálicas, galas, ibéricas, de época preromana se concebían con un plan preconcebido ni con



ánimo de regularidad. Sobre el cerro, la ciudad del alto ('akrópolis', en griego), más segura, se edificaban las viviendas, dejando las vaguadas libres para que el agua discurriese por donde la orografía había dispuesto de manera natural. Es lo que podría denominarse 'ciudad natural', donde el hombre edifica sobre un terreno que considera ideal para defenderse y vivir pacíficamente.

Las primeras ciudades propiamente tales surgieron en torno al mar Mediterráneo, así como en el valle del Indo. Pero fue Hipodamos, en el 479 a.C., quién ideó de forma categórica el pri-

LOS ENTORNOS URBANOS FUNCIONAN HOY, EN DEMASIADAS OCASIONES, COMO UNA SUCESIÓN DE EXPERIENCIAS EFÍMERAS CONDENADAS AL OLVIDO, EN UN ESPACIO DESCONFIGURADO PARA LAS REGLAS DE LA COMUNIDAD

mer trazado de ciudad concebido desde relaciones numéricas, en busca de la simetría, con calles que se cruzaban en ángulos rectos.

Aristóteles mencionaba a Hipodamos en su *Política II*, donde concibe la famosa definición del hombre como "animal político", es decir, animal que convive con otros, bajo una forma de organización. Junto con la 'República' de Platón proyectan la 'arquitectura social' del ser humano. La organización de dicha convivencia llega a constituirse en naturaleza por fuerza del artificio, que ayuda a coordinar las necesidades individuales en una retícula abstracta, que alberga un entramado social.

Dice Aristóteles: *"Vemos que toda ciudad es una comunidad y que toda comunidad está constituida en vista de algún bien, porque los*

hombres siempre actúan mirando a lo que les parece bueno; y si todos tienden a algún bien, es evidente que, más que a ninguno, tenderán a aquel bien que es el más importante de todos, a saber; la llamada ciudad y la comunidad (...) La comunidad perfecta de varias aldeas es la ciudad que tiene, por así decirlo, el extremo de toda suficiencia y que surgió por causa de las necesidades de la vida; pero que existe ahora para vivir bien."

Esta idea de bien discurre con insistencia por el primer capítulo del libro primero de la *Política*. Pasamos de una vida por instinto de supervivencia a 'la buena vida'. *"Mientras en la cultura mítica el hombre pertenece a la naturaleza, en la cultura técnica (...) es la naturaleza la que pertenece al hombre."*

A partir de entonces el arte de la arquitectura construirá artefactos al lado de la naturaleza. Arquitectura, técnica y naturaleza serán cuestiones entrelazadas, desde la 'polis' clásica hasta las urbes 'líquidas' y aceleradas de hoy en día. La ciudad (*civitas*) nos definirá como seres civilizados, es decir, ciudadanos.

De la Ciudad 'artificial' a la ciudad moderna

Durante el siglo XX, tras dos guerras mundiales, la ciudad decimonónica se vio alterada irremediablemente, casi brutalmente, por revoluciones demográficas, económicas y técnicas. Es el origen de la explosión urbana, dando lugar a ciudades de millones de habitantes. La reconstrucción también trajo la renovación de sus trazados antiguos, impulsados por un arollador desarrollo del tráfico rodado, que redujo drásticamente la población viandante. La calle 'ciudadana' cambió para siempre.

Toda esta transformación, unida al desarrollo técnico de la construcción, dio paso a la 'ciudad moderna', que a mediados del siglo XX requirió de una nueva disciplina, o ciencia urbana,



que llamamos ‘urbanística’, cuyo objeto sería planificar o adaptar las ciudades a exigencias actuales o venideras.

Políticamente, la ciudad, en su origen, nacía como una unidad cerrada y perfecta, sin subordinación o dependencia a cualquier otra concepción. Engloba al ser humano como individuo y como colectividad dentro de una armonía del todo con sus partes. Nace como ‘ciudad-estado’, como *polis* en el sentido griego, con leyes, dioses y héroes propios, su historia y sus tradiciones. Cada ciudad era lo mismo que su vecina, pero distinta e independiente de ella. Había tantos estados como ciudades.

El debate científico de la ciudad. Siglo XIX-XX

Las primeras ciudades surgidas en el valle del Indo y en el Mediterráneo, primero la ‘polis’ griega, después la ciudad romana, la ciudad

musulmana, la ciudad medieval, la ciudad del Renacimiento, de la Ilustración hasta finales del siglo XIX, son ciudades que fundamentalmente se caminan. Es en el siglo XX cuando se produce la transformación definitiva hacia el modelo de ciudad contemporánea que hoy conocemos: ‘la ciudad que se conduce’. Por otro lado, heredamos un origen del urbanismo, de mediados del siglo XIX, enraizado en el mundo occidental productivo de hombres activos, sanos y solventes.

La ciudad moderna que, como la antigua, ha surgido de proyectos ideales, ha ido diluyendo los antiguos presupuestos de una cultura de la presencia y de la comunicación, a medida que la presión de una sociedad tecnológica y sus intereses han sumido la idealidad en oportunidad, y el tiempo lento de planificación en urgencia especulativa.

Los entornos urbanos funcionan hoy, en demasiadas ocasiones, como una sucesión de expe-

riencias efímeras condenadas al olvido, en un espacio desconfigurado para las reglas de la comunidad. Se pierde el espacio colectivo, y el individuo no es ya miembro de una comunidad, como expresaba el deseo aristotélico. En una teoría urbanística hecha a la medida humana, la ciudad debiera ser la prolongación de la casa.

La creciente velocidad de desplazamientos y de comunicaciones, la ciudad hiperconectada, es lo que va definiendo de manera más radical la ciudad del presente y del futuro. Tanto es así que la sensación finisecular de los ‘no lugares’, descrita por el antropólogo Marc Augé en 1992, o una modernidad de cualidad ‘líquida’ descrita por Zygmunt Bauman a principios del siglo XXI, se ha ido materializando en el entramado de la ciudad, no tanto por sus cualidades físicas sino por el uso que el ciudadano hace de ella.

A pesar de una creciente interconectividad, en el cambio de siglo los desplazamientos en el interior de las ciudades y entre ciudades, incluso al extranjero, no indican ninguna tendencia a disminuir. Podría ser, por paradójico que parezca, que el mayor intercambio de información incrementa la cantidad de desplazamientos físicos de la población, lo que modifica de manera irremediable la palabra “lugar” en los ecosistemas urbanos. Se reduce el tiempo de permanencia en un punto de manera inversa al aumento de desplazamiento del ciudadano. El destino pierde protagonismo a favor del desplazamiento, convirtiéndose el primero en ‘lugar de paso’.

Los edificios públicos de la ciudad dejan de ser ‘destino’ (la universidad, la biblioteca, el museo...) al igual que parques y jardines, antes verdaderos “lugares” de remanso y desconexión, hoy parte de una experiencia trivial y fugaz. No solo se viene produciendo una supresión de la personalidad de los edificios públicos, sino de los lugares públicos en general. Existe un cambio sustancial en la experiencia

de los ciudadanos hiperconectados, que sufren episodios de enorme excitación instantánea como poseídos por algún hechizo, volviendo a la normalidad en el instante siguiente.

Cabe preguntarnos si en la actualidad es posible y deseable recuperar una “cultura de la ciudad” revisitando los orígenes de ‘la polis’, antes de convertirnos en un “blade runner”.

Inquietudes urbanas en el siglo XXI

La victoria del pensamiento racionalista y positivista de principios del siglo XX sobre el organicista-expresionista se ha invertido en una nueva metáfora de los entornos urbanos como organismos biológicos, más que como máquinas funcionalistas.

La ciudad debería integrarse de forma inteligente y responsable con las condiciones geofísicas, geoquímicas, climatológicas donde se ubica; es decir, en los sistemas naturales del lugar de la tierra donde nace, crece y se desarrolla. En demasiadas ocasiones ambos sistemas se desgajan y dejan de convivir en armonía, tal y como lo hacían en la ‘ciudad natural’. Aunque la ciudad no es ni pretende equipararse a la naturaleza, sí se advierte en muchos ámbitos de reflexión iniciativas sobre entornos urbanos que proponen una ‘renaturalización’ de la ciudad. En una reinterpretación multisensorial, más encarnada con nuestro entorno físico, nos acercamos a la tarea compartida del sociólogo y el artista, que, como dirían Goethe o Weber, reciclan el *Lebenswelt*, la experiencia humana del estar-en-el-mundo.

De la Casa a la Ciudad: los niños y los mayores

Las nuevas generaciones urbanas viven en casas cada vez más pequeñas, por lo que la ciudad se debería convertir en un entorno cada vez más suyo, en una prolongación de su casa.

Debe ser un entorno seguro, donde no tener miedo a ser agredidos, en un sentido amplio de la palabra, por otras personas o por condiciones ambientales hostiles.

Reducido nuestro refugio vital cotidiano, es lógico que el ciudadano exija, de forma cada vez más consciente ‘una ciudad acogedora’ que se domestique. La población urbana actual querría ver la ciudad cada vez más como el ‘salón de su casa’ -en ocasiones ya no existe uno propio-, por lo que es urgente rediseñar el espacio público de los entornos urbanos.

Diversas voces reclaman desde hace décadas el ‘derecho a la ciudad’ para grupos de población marginados cuando se trata de proyectarla. Los niños rara vez han participado en el diseño de las ciudades, y hoy han perdido gran parte de la autonomía que otras generaciones tenían en los entornos urbanos. Espacios para el acontecimiento espontáneo, ‘terrenos de aventura’ que tan bien describió Jaques Tatti a través del señor Ulot en ‘Mon Oncle’ (1958), en medio de una modernidad avasalladora, uniformadora y esterilizadora. La llamada generación ‘*boomer*’, e incluso la posterior ‘generación X’ han vivido infancias urbanas en las que aún se tocaba y pisaba la tierra madre.

Repensar el diseño del espacio público partiendo de los niños y sus actividades resolvería de paso muchos problemas urbanos para los mayores, beneficiando al resto de la sociedad. Hace 50 años, en un país como Francia, el 85% de los niños iba al colegio a pie con amigos. Hoy apenas es un 8%. Es muy probable que una ciudad pensada con los niños redujera también, de manera natural, una realidad creciente de soledad urbana.

Todos los grupos de población se enfrentan, además, a condiciones ambientales que padecen las ciudades. Arquitectos, urbanistas, paisajistas, médicos deben identificarlas y adap-

tar el entorno urbano para permitir la ‘buena vida’, deseo aristotélico como condición intrínseca de la ciudad, que hoy es, más que nunca, sinónimo de ‘vida saludable’.

Responsabilidad individual vs. Responsabilidad política

Existe una peligrosa tendencia que centra la atención de nuestros problemas en nosotros mismos. De la misma forma en que la industria tabacalera ha utilizado artimañas de todo tipo, en el caso de los combustibles fósiles, la famosa “huella de carbono” es un término desarrollado por BP (British Petroleum) para tratar de culpabilizar al individuo, que es quien tiene que cambiar la forma en que usa su coche y el transporte. De la misma manera, se transmite a las personas con obesidad que solo tienen que apuntarse a un gimnasio para resolver su problema; ‘solo’ depende de ellos mismos.

Hay muchas acciones que pueden desarrollarse a corto, medio y largo plazo por parte de las administraciones públicas que deben contrarrestar la enorme influencia del sector comercial en nuestra época de la autoayuda. De la misma manera que existe una sensibilización especial con respecto al tabaco, con múltiples iniciativas legislativas que van cambiando hábitos en la sociedad, deberíamos ser capaces de trabajar en el espacio público de los entornos urbanos de manera ‘radical’ (del latín *radix*).

Si la ciudad quiere ser la prolongación de la casa, debemos trabajar con un espacio público que dé respuesta a todos los grupos de población que habitan la ciudad. Enriqueciendo las cualidades sensoriales de un espacio urbano que queramos caminar, modificaremos hábitos y costumbres. Asistimos dentro de un sistema patológico a modelos de crecimiento urbano que parecen haber aprendido poco de las mejores cualidades de nuestras antiguas, queridas y olvidadas ciudades mediterráneas.

LA CIUDAD Y LA SALUD

UNA SOCIEDAD LONGEVA Y URBANA

requiere nuevas estrategias en ciudades que se concibieron fundamentalmente para jóvenes y adultos sanos. Existen amplias evidencias científicas que muestran que nuestro entorno, y en el caso que nos ocupa, el entorno urbano, tiene un importante impacto en la salud, definida por la Organización Mundial de la Salud como el estado de completo bienestar físico, mental y social. Esta definición se ha ido ampliando mediante el concepto del *human flourishing* o florecimiento humano promovido por el profesor VanderWeele, que depende del bienestar en cinco amplios ámbitos: (i) felicidad y satisfacción vital; (ii) salud, tanto mental como física; (iii) propósito; (iv) virtud; y (v) relaciones sociales estrechas. En todos estos ámbitos, pero de forma particular en los (i), (ii) y (v) juega la ciudad un papel fundamental.

Las circunstancias urbanas y sociales se deben diseñar, por tanto, como motores de promoción de la salud con enfoques multidisciplinarios que permitan actuaciones legislativas, políticas, arquitectónicas, veterinarias, microbiológicas y epidemiológicas enfocadas en la salud de la población. Con este objetivo común surge el concepto de "*One Health*" o "Una Sola Salud" que exige un enfoque integral basado en la interconexión entre la salud humana, la salud animal y la salud ambiental.

Un 'entorno preventivo' puede facilitar la elección de las opciones más saludables a la ciudadanía como caminar o montar en bicicleta, subir escaleras, no fumar. Sin embargo, una

mala planificación también puede generar entornos que enfermen. Detectar y corregir estas disfunciones urbanísticas puede tener más impacto en la salud poblacional que intervenciones puramente "sanitarias" como la construcción de hospitales o centros de salud.

Envejecimiento y cualidades ambientales

A principios del siglo XXI, el astrofísico belga Michel Poulain y el gerontólogo italiano Gianni Pes dan nombre a las llamadas 'Zonas Azules', aquellos lugares de nuestro planeta donde existe una concentración anormal de personas centenarias. La esperanza de vida ha aumentado drásticamente en las últimas décadas y es probable que lo siga haciendo durante este siglo. Este gran logro es, en algunos casos, incompleto, ya que no siempre el aumento de la esperanza de vida conlleva hacerlo en buenas condiciones.

El reciente concepto de *ageism*, traducido como 'edadismo', nos habla de la discriminación hacia las personas de edad avanzada. Las ciudades actuales descuidan aspectos claves para este grupo de población, cada vez más amplio. El entorno urbano debe facilitar no solo la movilidad de los mayores, sino también la participación social e incluso el acceso a servicios y el sentimiento de pertenencia.

El envejecimiento activo depende no solo del entorno actual del anciano, sino también del



pasado. El entorno en el que se vive durante la niñez –o incluso en la fase embrionaria– tiene efectos a largo plazo en la forma de envejecer. Tenemos que cuidar también a los niños para que puedan envejecer de forma saludable el día de mañana, considerando todo el ciclo de vida de las personas, educando en la salud en todos los estadios de la vida a través de sus entornos vitales.

Para los niños, salir a la calle y jugar debe ser un acto natural y accesible en los entornos urbanos. A los ancianos se les deben oportunidades para participar activamente en la vida comunitaria: voluntariado, educación continua, cuidado de otros, política local y cuidados preventivos en su ámbito doméstico. En lugares como Nicoya (Costa Rica), una zona azul, desplegaron una estrategia ingeniosa de atención sanitaria de cercanía, en los propios hogares, ayudando y educando a las personas a evitar enfermedades. Hoy, su gasto sanitario es 15 veces menor por habitante que el de EEUU, y es una población que apenas se medica.

Estructura de la ciudad y soledad no deseada

La soledad no deseada se ha convertido en una epidemia silenciosa del siglo XXI, especialmente en entornos urbanos en los que priman la superficialidad, la transitoriedad y el anonimato. La estructura física, social y económica de la ciudad puede contribuir decisivamente a esta desconexión emocional y social. Según la OMS nunca ha habido tantas personas que se sientan solas y abandonadas, lo que es más frecuente en situaciones de dependencia (infancia, vejez, enfermedad), en aquellos que viven solos, en los migrantes y en las personas con pocos recursos.

En torno a uno de cada cuatro ancianos experimenta aislamiento social, y entre el 5% y el 15% de los adolescentes se sienten solos. La soledad está vinculada a un mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares, diabetes, demencia, depresión e incluso una menor esperanza de vida. Un estudio publicado a principios de



2025 en la revista *Nature Human Behavior* muestra que la soledad y el aislamiento social dejan incluso una marca en nuestro cuerpo, a nivel bioquímico/molecular. Los autores identificaron una serie de proteínas asociadas a la soledad que están relacionadas con consecuencias adversas para la salud. Se calcula que ‘la soledad’ en la sociedad contemporánea acorta la esperanza de vida alrededor de 15 años.

Un factor determinante para el bienestar del ser humano y el aumento de la longevidad es la calidad de su interacción social. Si ésta viene acompañada de la quema de calorías estaremos ayudando a solucionar, por un lado, la soledad y, por otro, la obesidad. En Okinawa (Japón), otra zona azul donde no existe la palabra ‘jubilación’, utilizan la palabra ‘moai’ (círculo social), al que dan mucha importancia cuando llegan a mayores. En Singapur, también zona azul, han adoptado estrategias subvencionadas por el Estado para que las personas mayores vivan cerca de sus hijos.

Las estrategias y planes de acción son variadas, pero está claro que el urbanismo tiene un papel clave mediante la creación de lo que

se ha llamado “terceros lugares”: espacios distintos del hogar y del trabajo (bibliotecas, gimnasios, cafés, mercados, parques, museos, lugares de culto, centros cívicos y culturales, etc.). Estos espacios, bien diseñados, pueden ser nodos de socialización que mejoran el sentido de comunidad y pertenencia a un barrio. Es en las esquinas, en los bancos, en los portales, en los cafés, en las plazas, donde nacen las relaciones humanas, porque se produce el encuentro entre las personas que usan esos espacios, y pueden aparecer las relaciones intergeneracionales.

Ciudad y ejercicio físico

En España, el 13,4% de todas las muertes son atribuibles a la inactividad física, 52.000 muertes al año. Cincuenta veces el número de fallecidos por accidentes de tráfico y una carga anual para el país de 1.560 millones de euros.

Una característica común de las Zonas Azules es que tienen poblaciones muy activas, que se mueven de forma ‘natural’ todo el día. Algunas viven en entornos de edificaciones de dos o tres plantas sin ascensor, o en una topografía irregular. Otras construyen comunidad en torno a la actividad física, donde el espacio público se vuelca en el peatón y no en el transporte privado. En EE. UU. el 80% de la población tiene coche en propiedad, frente al 11% en Singapur, la ciudad cuya población es la más longeva del planeta.

Necesitamos ciudades pensadas al menos para andar. La ‘caminabilidad’ nos habla de la capacidad de un entorno para ser recorrido a pie de forma cómoda, segura y atractiva por la población con sus circunstancias, integrando a un acompañante, un andador necesario, el carrito de los niños, etc. También debemos cuidar los condicionantes que garanticen una sensación de bienestar al caminar, incluyendo

conforts térmico y acústico, y seguridad espacial de las calles.

La clave es diseñar para incitar al movimiento e integrar el ejercicio en los desplazamientos cotidianos (caminar al trabajo, ir en bici a estudiar). La actividad física como rutina, no como excepción, lo que requiere una densidad equilibrada y proximidad de servicios, tanto en equipamientos destinados a tal fin como en espacios exteriores que permitan este tipo de actividades.

Ciudad que conduce vs. ciudad que camina

La infraestructura urbana que heredamos hoy proviene de la ciudad moderna del siglo XX que dio al coche todos los privilegios espaciales imaginables. Hoy, entre el 70% y el 80% del espacio público en muchas ciudades está destinado al coche.

En una ciudad como Madrid entran diariamente 800.000 coches de no residentes. La ciudad experimenta una gran distorsión por el volumen de vehículos circulando diariamente, y el espacio que ocupan. Afortunadamente hoy surgen alianzas empresariales que se adelantan a un previsible nuevo modelo de movilidad urbana en el futuro. Las regulaciones medioambientales orientarán las compras hacia vehículos eléctricos o híbridos, y autónomos. Los precios aumentarán, la cantidad de los coches en propiedad disminuirá, y los condicionantes del tráfico rodado heredados del siglo XX no serán los mismos.

Hay también factores económicos que provocan algunos fenómenos silenciosos como la privatización del espacio público. Sobre rasante, el urbanita viandante, además de padecer las restricciones espaciales propias de la ‘ciudad que conduce’, soporta fenómenos como el de las ‘aceras menguantes’, invadidas por servicios de hostelería y un mal diseño de

elementos de mobiliario urbano. Bajo rasante, la máxima expresión de privatización son los aparcamientos subterráneos, uno de los elementos urbanos que causa más distorsiones urbanísticas y efectos secundarios perversos.

La ciudad contemporánea rara vez nos invita a caminar, de la misma manera que mucha de nuestra arquitectura contemporánea no invita a subir y bajar escaleras.

Contaminación y salud

El ejercicio físico y la caminabilidad de una ciudad están directamente relacionados con la calidad del aire que respiramos, lo que está directamente relacionado con el punto anterior.

Contaminación atmosférica

La Agencia Europea de Medioambiente (EEA) nos avisa de la necesidad de reducir de forma drástica la contaminación del aire antes de 2030. Las emisiones de micropartículas deben reducirse en un 20% para cumplir con la directiva europea. Este polvo microscópico es el contaminante que más muertes provoca cada año. Y este fenómeno tiene mucho que ver con el volumen de partículas que desprenden los combustibles fósiles, empleados en calefacciones y vehículos.

La contaminación atmosférica afecta de forma desproporcionada a los niños y a las personas mayores, cuyo sistema respiratorio y cardiovascular es más vulnerable, y se asocia a enfermedades neurodegenerativas y pérdida de capacidades funcionales. A las principales fuentes de contaminación química en las ciudades, como el tráfico rodado, la industria, la calefacción doméstica y los residuos urbanos, debemos añadir el tabaquismo pasivo. De hecho, en ciudades como Milán han implementado medidas que han sido muy efectivas, prohibiendo fumar en espacios públicos, incluida la calle.

Los contaminantes biológicos, como los alérgenos del polvo, polen, esporas de moho y bacterias presentes en el aire, también tienen efectos significativos sobre la salud, especialmente en personas con enfermedades respiratorias o inmunodepresión. Según la OMS, hoy, un 20% de la población mundial es alérgica, y las proyecciones prevén para 2050 que un 50% de la población lo será. El desarrollo de las alergias tiene mucho que ver con un exceso de higiene, y el contacto precoz con determinados alérgenos puede prevenir futuras reacciones alérgicas. Es por eso que la convivencia con animales domésticos desde edades tempranas es recomendable -debe integrarse su presencia en las ciudades-, pero también el contacto con la tierra, algo tan sencillo, natural y cada vez más extraño en los entornos urbanos.

DISEÑAR CIUDADES QUE PERMITAN RITMOS URBANOS MÁS LENTOS, CON ESPACIOS PARA LA PAUSA, EL OCIO CONTEMPLATIVO Y EL DESCANSO, SE PUEDE CONVERTIR EN UNA FORMA MUY EFECTIVA DE MEJORAR LA SALUD MENTAL DE LA POBLACIÓN

Tanto para la contaminación química como para la biológica, es clave el análisis del régimen de vientos a la hora de decidir la ubicación de los principales contaminantes, en especial de industrias, granjas, talleres, vertederos o incineradoras. Pero el proyecto de ciudad también tiene repercusiones sobre otros contaminantes de los que se habla menos.

Contaminación lumínica y sonora

La sobreexposición a luz artificial en horario nocturno altera el ritmo circadiano, interfiere en la producción de melatonina y afecta la calidad del sueño. Esto tiene consecuencias en el

sistema inmunológico, el estado de ánimo y la salud. El alumbrado público excesivo, pantallas LED de alto brillo, rótulos luminosos y la falta de regulación contribuyen a este fenómeno.

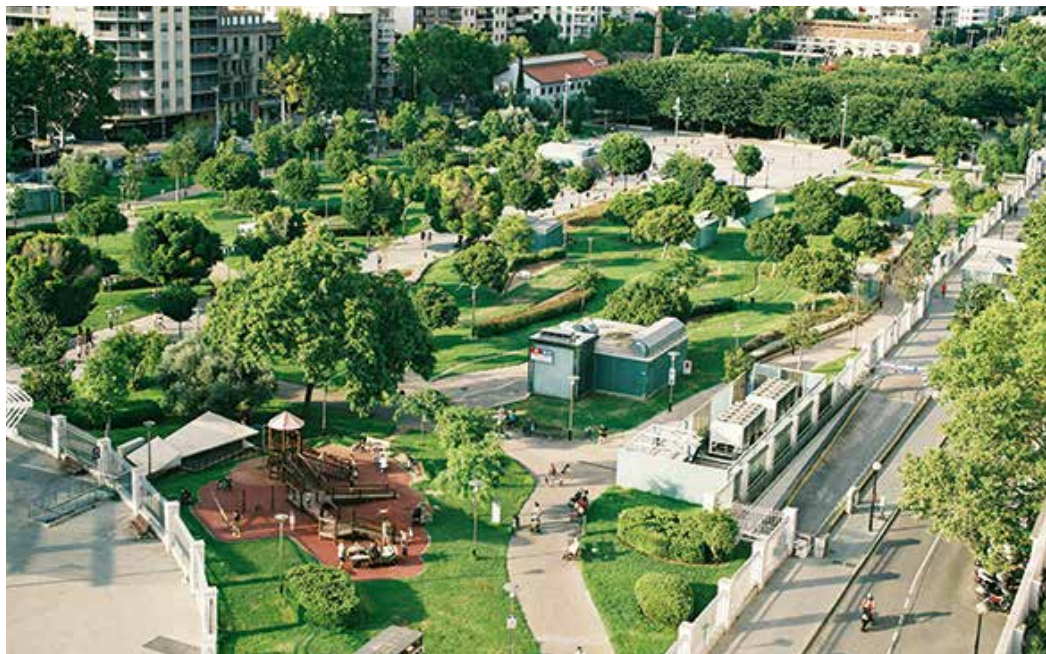
El ruido urbano crónico se ha relacionado con trastornos del sueño, ansiedad, hipertensión, problemas cardiovasculares, pérdida auditiva y deterioro cognitivo en niños. La Agencia Europea de Medioambiente (EEA) estima que mueren cada año 8.140 personas en España debido al ruido. La hipoacusia se produce cuando se superan con frecuencia los 140 decibelios, pero también se produce un desplazamiento del umbral de audición por exposición prolongada a más de 80 decibelios. Su control requiere medidas técnicas (pavimentos fonoabsorbentes, barreras vegetales), regulatorias y culturales.

Contaminación electromagnética

La exposición a campos electromagnéticos generados por infraestructuras eléctricas, antenas de telecomunicaciones, dispositivos móviles y redes WiFi ha suscitado debate sobre sus posibles efectos, pero los estudios no son concluyentes. En cualquier caso, la planificación urbana debe considerar la ubicación estratégica de antenas, la minimización de la exposición pasiva y el fomento de zonas de baja carga electromagnética, especialmente en entornos escolares o con altas densidades de población.

Temperatura y estrés

La ola de calor más prolongada de la historia en España se produjo el 27 de junio de 2015, durante 26 días, con temperaturas máximas por encima de los 38°. Después del año 2020 ya ha habido dos situaciones parecidas que se han prolongado durante más de 15 días, y en junio de 2025, se ha superado la media de temperaturas desde que hay registros. Berlín, empujada por una iniciativa ciudadana, fija como objetivo



para 2040 enfriar 170 “barrios calurosos” en dos grados y multiplicar las zonas verdes.

Uno de los hechos diferenciales del ambiente urbano respecto al natural es la creación de un microclima propio, caracterizado por diferencias muy acusadas de temperatura en pocos metros, menor intensidad de vientos, brisas y humedad relativa. El cambio climático acentúa los problemas debido al aumento de las diferencias de temperaturas, con situaciones de olas de calor y sequías prolongadas, fuertes períodos de lluvias intensas, etc. El planeamiento urbanístico y el diseño urbano deben plantear una nueva forma de pensar los espacios urbanos con criterios de temperatura y humedad relativa.

Las altas temperaturas acentúan aún más otro fenómeno urbano como es el estrés crónico, un factor de riesgo para enfermedades físicas y mentales. La vida en la ciudad, marcada por el tráfico, el ruido, la contaminación, la sobreestimulación sensorial, la presión temporal,

el hacinamiento, la inseguridad y la precariedad, exige una regulación emocional constante. Las ciudades aceleradas promueven el *multitasking*, la ansiedad por rendimiento y la hiperconectividad. Diseñar ciudades que permitan ritmos urbanos más lentos, con espacios para la pausa, el ocio contemplativo y el descanso, se puede convertir en una forma muy efectiva de mejorar la salud mental de la población.

Naturalización de la ciudad

Durante el año 2024, el planeta ha sufrido el mayor aumento de CO₂ en la atmósfera desde que hay registros (1957), según la OMM (Organización Meteorológica Mundial). Los incendios, la pérdida de capacidad de absorción de los bosques y los océanos, pero, sobre todo, el incesante aumento del uso de combustibles fósiles (también récord en 2025), han elevado a un nivel sin precedentes la acumulación del principal gas de efecto invernadero. Aunque la

acción climática se centrare urgentemente en reducir las emisiones de CO₂ de los combustibles fósiles, los entornos urbanos no pueden esperar para reaccionar y adaptarse a un fenómeno que ya es presente no futuro.

La vegetación actúa como un sumidero natural de carbono, absorbiendo dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera mediante la fotosíntesis para crecer y fijarlo en su estructura (raíces, troncos, hojas). Este proceso mitiga el cambio climático al reducir los gases de efecto invernadero (GEI) y, según estudios recientes, ciertos árboles también captan metano.

‘Naturalizar’ no es ‘verdear’. Se requiere de una estrategia ambiciosa para aumentar de manera extensa los suelos o los techos transpirables, sustituyendo superficies pavimentadas y asfaltadas por otras en las que podamos recuperar algo del ciclo natural del agua que conocemos en la naturaleza. Allí donde pueden prosperar árboles y especies vegetales en condiciones para reproducir sus necesidades biológicas en la ciudad.

La visión exterior de un determinado paisaje puede tener efectos psíquicos positivos, como la reducción del estrés y la frecuencia cardíaca. La presencia de árboles y vegetación en las ciudades supone un ‘tratamiento barato de sanación’ del ecosistema urbano y el ecosistema social, así como una manera de introducir refugios climáticos en zonas tensionadas por el cambio climático, como es el caso de España. Existen datos de ciudades chinas que han logrado bajar la temperatura media de las plazas hasta 5°C, introduciendo vegetación de manera generosa y no cosmética.

La incorporación de la naturaleza en la ciudad facilita la actividad física, constituye un refugio frente al ruido, reduce la contaminación, modera las oscilaciones térmicas y ofrece de interacción social.

La ciudad: herramienta de deshospitalización y desmedicalización

Frente al modelo médico pasivo, centrado en el hospital y la intervención farmacológica y quirúrgica surge una visión más holística de la salud donde la ciudad se convierte en infraestructura terapéutica. El envejecimiento poblacional y el aumento de prevalencia de patologías crónicas hacen imprescindible este cambio de paradigma con una deshospitalización, descentralizando la atención sanitaria y la desmedicalización, reconociendo el papel preventivo del entorno y apostando por un modelo activo que permita mantener la salud y evitar enfermar, incluso a edades avanzadas. Una ciudad bien equipada con una densa red de espacios comunitarios reduce la carga hospitalaria, permitiendo reservar los hospitales para situaciones graves y agudas. Varios estudios avalan ‘la prescripción social’, una estrategia donde el médico pauta, como parte del tratamiento, actividades no clínicas. Dentro de estas actividades se puede incluir voluntariado, arte y cultura, ejercicio y contacto con la naturaleza.

El ‘urbanismo preventivo’ busca reducir los factores de riesgo antes de que se traduzcan en enfermedad. Planificar ciudades con buena calidad del aire, espacios que promuevan una movilidad activa, pero también el acceso a una vivienda en condiciones. Desmedicalizar no significa abandonar la salud, sino extenderla al entorno. Promover una ‘cultura del cuidado integral’ implica valorar el tiempo, el vínculo, el descanso, la comunidad.

La promoción de la salud no ocurre solo en hospitales o centros de salud. Ocurre en la calle, en la plaza, en la parada del autobús, en el aula, en la cocina comunitaria. El reconocimiento de esta salud cotidiana exige políticas urbanas sensibles que prioricen su manutención.

LA ARQUITECTURA Y LA CIUDAD

FRENTE A LA CRISIS SANITARIA

silenciosa provocada por entornos urbanos disfuncionales —marcados por el sedentarismo, la contaminación, el estrés y la exclusión espacial—, debemos abordar una transformación estructural que reposicione al diseño del entorno construido como parte constitutiva de la infraestructura sanitaria nacional. El objetivo es implementar entornos preventivos y terapéuticos que no solo mitiguen riesgos, sino que promuevan activamente el bienestar, la cohesión y la resiliencia. El arquitecto, como el médico, se convierte en agente de salud.

La evidencia biomédica más reciente ha demostrado que vivir en ciudades mal planificadas puede acelerar el deterioro biológico del organismo, generando lo que se conoce como una "edad epigenética" superior a la cronológica. La 'epigenética' ha evidenciado que existen modificaciones en la expresión de los genes que no obedecen a una modificación



SE DEBEN IMPLEMENTAR ENTORNOS PREVENTIVOS Y TERAPÉUTICOS QUE NO SOLO MITIGUEN RIESGOS, SINO QUE PROMUEVAN ACTIVAMENTE EL BIENESTAR, LA COHESIÓN Y LA RESILIENCIA

en la secuencia del ADN, sino a causas como la edad o los factores ambientales. Estos cambios modifican el riesgo de enfermedades y a veces pasan de padres a hijos.

La idea de que el barrio donde uno nace puede condicionar su esperanza de vida ya no es una metáfora sociológica: es una constatación epigenética.

Estudios realizados en ciudades como Madrid, Barcelona o Nueva York han mostrado diferencias de hasta siete años en la edad bioló-

gica estimada de individuos pertenecientes a entornos urbanos desfavorecidos frente a los que habitan en contextos más saludables. La ‘carga alostática’ —acumulación de desgaste fisiológico inducido por el estrés urbano crónico— se convierte así en un nuevo indicador de desigualdad espacial.

Las ciudades contemporáneas siguen reproduciendo patrones que agravan problemas sanitarios: contaminación, sedentarismo, aislamiento, ruido y desigualdad espacial. Frente a esta situación, resulta imperativo reconfigurar el urbanismo y la arquitectura no sólo como disciplinas técnicas, sino como herramientas de salud pública. En este contexto emergen dos conceptos complementarios: el urbanismo preventivo y la arquitectura terapéutica, cuyo punto de confluencia es la belleza como variable proyectual esencial.

Entorno urbano y diseño preventivo

Se redefine la relación entre urbanismo y salud desde una perspectiva crítica. Ya no basta con reducir el impacto ambiental o promover el acceso a servicios sanitarios: el diseño urbano debe actuar como una estrategia de prevención primaria frente a enfermedades metabólicas, neurodegenerativas y cardiovasculares. Para ello, es preciso intervenir sobre los determinantes estructurales de la salud a través del proyecto urbano-arquitectónico, anticipando sus consecuencias en términos de longevidad, bienestar y calidad de vida. Ya no estamos en la ‘satisfacción de necesidades’ de la ciudad primitiva, sino en la ‘buena vida’ como proyecto aristotélico.

Un determinante de la buena vida y la salud es la belleza. Relegada durante décadas a la categoría de lo accesorio o subjetivo, ha reaparecido en el discurso contemporáneo como una variable central en la salud mental y emo-

cional. Más allá del canon estético, la belleza entendida como armonía sensorial, resonancia cultural y cualidad perceptiva del entorno tiene efectos neurofisiológicos concretos: activa los circuitos dopaminérgicos vinculados al placer, reduce la actividad de la amígdala cerebral (asociada al miedo), modula el eje hipotalámico-hipofisario-suprarrenal (estrés) y estimula la conectividad en redes neuronales de descanso y creatividad.

La belleza no es un lujo decorativo sino una necesidad neurológica. Las ciudades feas, caóticas o agresivas generan una forma de sufrimiento difuso que ha sido descrita como “estrés ambiental crónico”. Este fenómeno, que incluye la exposición a paisajes disonantes, iluminación violenta, densidad sin escala o espacios degradados, se asocia con aumento de la ansiedad, deterioro cognitivo y afectación del bienestar subjetivo, o desigualdad mental y afectiva. Por el contrario, un entorno bello promueve la calma, favorece la introspección, estimula la empatía y refuerza el sentido de pertenencia.

Hablar de belleza exige también reconocer su dimensión cultural, situada y plural. La estética no es universal ni homogénea: cada comunidad construye sus propios referentes simbólicos de lo que considera armónico, hospitalario o digno. De ahí que una belleza terapéutica deba atender a los códigos locales, las memorias colectivas, los ritmos del paisaje y las formas de vida cotidianas. La arquitectura islámica, el *wabi-sabi* japonés o la tectónica andina muestran cómo distintas culturas han traducido en forma construida sus ideas de bienestar y trascendencia.

En este cruce entre ciencia y poética, entre percepción y política, se inscribe una idea clave: *la belleza también es justicia espacial*, que comienza por la dignidad estética del entorno cotidiano. Garantizar entornos armónicos, cuidados y emocionalmente nutritivos no de-



bería ser un privilegio de las élites urbanas, sino un derecho de toda la ciudadanía. Un banco bien ubicado, una calle bien iluminada o una plaza acogedora pueden ser tan terapéuticos como un medicamento. *La arquitectura y el urbanismo* deben abandonar su neutralidad técnica para asumir un *rol proactivo en la promoción de la salud mental y física*.

El diseño en entornos urbanos consolidados debe comenzar por reconocer y preservar ‘la memoria’ de las ciudades, una condición atractiva y relevante para poblaciones urbanas cada vez más envejecidas.

La creciente atención al campo de *la restauración y rehabilitación de la ciudad heredada* nos ayuda en dicha tarea. Durante los últimos años la actividad del sector de la construcción ligada a la rehabilitación ha crecido y sobrepasado al de la nueva construcción. Es lógico y deseable, en territorios urbanos muy desarrollados y consolidados, lo que también es más

sostenible a largo plazo. La mejora de la eficiencia energética de los edificios es una deuda pendiente en toda Europa, donde el 85% del parque inmobiliario tiene más de 20 años, y el 75% de este no cumple unas mínimas exigencias de ahorro energético.

Los procesos de restauración y rehabilitación, o de regeneración urbana, por otro lado, nos dan *la oportunidad de ir transformando de manera reflexiva, y no especulativa, el devenir de la ciudad*.

La ciudad histórica se reconoce normalmente por ser densa y mixta, favorece las interacciones espontáneas, mientras que los modelos dispersos y suburbanos tienden a la segregación y provocan más a menudo experiencias de soledad, uno de los principales factores de deterioro en la vejez. La mayor parte de las ciudades históricas también se caracterizan por tener un vínculo más estrecho con las condiciones físicas previas del entorno, lo

que enraíza de manera inconsciente al ciudadano con una ‘naturaleza previa’, que en cierta medida se reconoce en antiguas condiciones topográficas donde regían los ciclos naturales del agua. Lecciones que deberíamos aprender para intervenir en estructuras consolidadas, desde las que crecer y hacer ciudad.

La arquitectura como arte terapéutico

Desde sus orígenes, la arquitectura ha sido mucho más que una técnica de abrigo o una respuesta funcional: ha sido arte, mediación simbólica y forma cultural de cuidado. Los templos antiguos, los claustros medievales, los jardines islámicos, los baños termales o las casas-patio mediterráneas son testimonios de una tradición que entendió el espacio como *instrumento de regulación emocional, espiritual y social*. Hoy, la neurociencia y la psicología ambiental recuperan esa intuición ancestral bajo el prisma de la evidencia empírica: la arquitectura afecta al sistema nervioso, influye en la producción de hormonas, modula la percepción del dolor y organiza nuestras emociones.

La arquitectura terapéutica parte de esta premisa fundamental: el espacio es un agente activo de salud. El cuerpo no habita un vacío neutral, sino que responde sensorial, afectiva y fisiológicamente al entorno construido. La luz natural sincroniza el ritmo circadiano, los materiales naturales inducen calma, la geometría armónica favorece la orientación y el sentido, el confort acústico mejora la recuperación, y la belleza —lejos de ser decorativa— actúa como un bálsamo cognitivo frente al estrés crónico.

El diseño basado en evidencias (Evidence-Based Design, EBD) ha impulsado esta corriente mediante la incorporación sistemática de datos clínicos, psicológicos y perceptivos en

el proceso proyectual. Su aplicación ha sido especialmente fructífera en entornos hospitalarios, donde se ha demostrado que una arquitectura bien concebida reduce los días de hospitalización, disminuye la necesidad de analgésicos y mejora la satisfacción del paciente y del personal sanitario. Pero su lógica es extensible a viviendas, escuelas, oficinas y espacios públicos.

El desarrollo de herramientas como *CURARQ* (UPM), mapas sensoriales o evaluaciones post-ocupacionales demuestra que es posible cuantificar los efectos del entorno sobre el bienestar. Se consolida así una nueva forma de proyectar: ética, situada, sensible, donde el cuidado no se impone desde fuera, sino que emerge del espacio mismo.

La concepción de la arquitectura como arte terapéutico no implica volver al ornamento o al esteticismo retórico, sino asumir que el diseño es una práctica médica en sentido ampliado. No cura en el sentido clínico, pero sí en el sentido ambiental, emocional y social. Una escalera luminosa y bien ubicada que seduzca, una ventana bien diseñada y orientada como acontecimiento en un muro opaco, un banco en sombra como salvación en un día caluroso, una textura amable convertida en episodio sensorial inesperado; todos ellos pueden convertirse en actos concretos de hospitalidad hacia el cuerpo y la mente.

Existen casos ejemplares que muestran el poder de la arquitectura y el urbanismo para desarrollar estrategias de salud pública:

En Barcelona, el programa de las “Supermanzanas” ha reconfigurado la jerarquía vial para priorizar peatones, reducir el tráfico y recuperar el espacio público como lugar de encuentro. Estudios realizados por ISGlobal han mostrado una disminución del 24% en los niveles de NO₂ y un aumento del 33% en la actividad

física de los residentes. Esta estrategia no solo mejora la movilidad o el medio ambiente: actúa sobre la biología colectiva de la ciudad.

En Helsinki, el modelo urbano de los “15 minutos” busca que el 90 % de la población tenga acceso caminable a servicios esenciales. El impacto ha sido documentado en una reducción del uso del automóvil, pero también en una disminución del 18 % en enfermedades cardiovasculares, lo que sugiere una correlación directa entre configuración urbana y salud metabólica.

Medellín ha transformado su morfología urbana a través de los ‘corredores verdes’, que no solo conectan zonas anteriormente segregadas, sino que reducen la temperatura local (-35 % de islas de calor) y mejoran la salud respiratoria. Esta apuesta combina ecología, movilidad y justicia espacial.

En Singapur, los ‘parques inteligentes’ integran sensores IoT que permiten monitorear niveles de actividad física, calidad del aire y respuesta fisiológica al entorno. Esta articulación entre tecnología y naturaleza ha derivado en un incremento del 18% en la actividad física de adultos mayores y una reducción en el uso de psicofármacos.

Seúl ha desarrollado “parques de salud mental” con programas de horticultura, mindfulness y espacios de silencio diseñados arquitectónicamente. La Universidad Nacional de Seúl ha documentado una reducción del 25% en síntomas depresivos entre los usuarios frecuentes.

Friburgo, Copenhague o Montreal están integrando criterios de legibilidad urbana, biofilia, control sensorial y codiseño para generar atmósferas saludables. El mobiliario háptico, las fuentes sonoras, las texturas naturales o la iluminación modulada no son caprichos estéticos: son dispositivos terapéuticos urbanos.

Junto a estos ejemplos urbanos, resulta imprescindible destacar ciertos casos emblemáticos de arquitectura edificatoria con vocación terapéutica. El Sanatorio de Paimio, diseñado por Alvar Aalto en 1933 en Finlandia, constituye un hito en la concepción moderna del edificio como agente de salud. Pensado en el contexto de la lucha contra la tuberculosis (el propio Aalto estuvo ingresado por esta enfermedad), el proyecto integró soluciones pioneras como la orientación solar estratégica, el uso de colores suaves en los techos, la ventilación cruzada, el confort acústico y el mobiliario ergonómico. Aalto fue el primero en entender que la arquitectura hospitalaria no es solo una ‘máquina de cuidados intensivos’, su diseño puede ser terapéutico en la recuperación del paciente.

Los Maggie’s Centres en Reino Unido representan un modelo paradigmático de arquitectura del afecto. Diseñados por arquitectos de renombre internacional, estos centros buscan humanizar la experiencia del cáncer a través de espacios domésticos, vegetación abundante, luz natural, cocina compartida y zonas de descanso. La arquitectura se convierte así en acompañante emocional del tratamiento médico.

Herman Hertzberger, desde mediados del siglo XX, desarrolló una arquitectura pedagógica basada en la apropiación activa del espacio. Sus escuelas y viviendas no son meramente funcionales, sino que propician vínculos afectivos, juego, encuentro y autonomía. Mediante graderíos, rincones habitables y transiciones suaves entre lo público y lo privado, sus obras generan entornos emocionalmente nutritivos, donde la arquitectura actúa como mediadora de procesos de desarrollo y bienestar.

Estas experiencias construidas muestran que la dimensión terapéutica de la arquitectura no es una aspiración poética, sino una realidad proyectual posible. Todas ellas tienen en común el

respeto por el cuerpo, el cuidado de los sentidos y la conciencia de que el espacio no es indiferente: es un co-protagonista del proceso de salud.

Neurourbanismo y espacio público

El potencial terapéutico de la arquitectura no se detiene en el edificio: se despliega en la ciudad, en la calle, en el parque, en la plaza. Esta expansión de escala ha dado lugar al emergente campo del neurourbanismo, que aplica los principios de la neurociencia cognitiva a la configuración del espacio público. Su objetivo es evaluar cómo el diseño urbano incide sobre funciones cerebrales clave como la regulación emocional, la orientación espacial, la percepción de seguridad y la cohesión social.

Numerosos estudios han demostrado que el hipocampo, centro de la memoria y la navegación, se activa de forma más eficiente en entornos urbanos con jerarquía clara, referencias visuales y continuidad espacial. Ciudades como Copenhague o el barrio del Born en Barcelona se han estudiado como ejemplos de legibilidad urbana que favorecen la orientación intuitiva y la disminución del estrés.

El diseño de espacios verdes accesibles, por su parte, ha mostrado efectos positivos sobre la reducción del cortisol, la mejora de la atención sostenida y la recuperación de la fatiga cognitiva. Caminar por un parque, escuchar el agua o ver una masa vegetal no son gestos estéticos: son experiencias neurofisiológicas restauradoras. Proyectos como el High Line en Nueva York, Madrid Río o Superkilen Park en Copenhague ilustran el poder de la naturaleza urbana como agente de salud.

Otro aspecto central es la seguridad perceptiva, entendida no sólo como ausencia de violencia, sino como capacidad del entorno para transmitir legibilidad, cuidado e inclusión. La

iluminación adecuada, la visibilidad transversal, el mobiliario mantenido y los accesos abiertos generan una atmósfera que reduce la ansiedad urbana, especialmente en mujeres, niños y personas mayores.

El control de la sobrecarga sensorial es igualmente clave. El exceso de estímulos visuales, acústicos o lumínicos genera fatiga y disociación. Por ello, ciudades como Friburgo han integrado variables neuroperceptivas como la modulación lumínica, la secuencia de recorridos o la alternancia de espacios abiertos y protegidos para construir lo que podríamos llamar un urbanismo restaurativo.

Por último, la participación sensorial y el co-diseño emocional del espacio público emergen como estrategias eficaces para reforzar el vínculo afectivo entre el ciudadano y su entorno. Iniciativas como el mapeo emocional en Montreal o la *placemaking* táctil en Rotterdam demuestran que las ciudades pueden diseñarse también con y desde los sentidos.

La ‘neuroarquitectura urbana’, en suma, nos recuerda que el cerebro también es peatón. Habitar la ciudad es una experiencia sináptica continua. Y diseñarla con esta conciencia es un acto de salud pública de altísima precisión ética.

Algunas líneas de acción concretas derivadas del enfoque aquí desarrollado pueden orientar tanto a instituciones públicas como a profesionales del proyecto hacia una práctica transformadora, rigurosa y sensible:

1. *Reconocer el entorno construido como infraestructura sanitaria:* Incorporar la promoción de la salud mental y física como variable explícita en normativas urbanas, planeamiento general y concursos públicos.
2. *Establecer indicadores de salud urbana y arquitectónica:* Medir de forma sis-

temática el impacto del entorno sobre el bienestar mediante herramientas mixtas (objetivas y subjetivas), como sensores, encuestas, mapeo emocional y evaluaciones post-ocupación.

3. Fomentar la proximidad, la movilidad activa y el acceso equitativo a naturaleza: Priorizar modelos de ciudad compacta, caminable y ‘verde’. Priorizar el diseño del espacio público e implementar soluciones basadas en la naturaleza (regla 3-30-300) que favorezcan la regulación térmica, la biodiversidad y la salud comunitaria.

4. Reorientar los criterios de diseño arquitectónico hacia la calidad sensorial: Garantizar luz natural, ventilación cruzada, materiales no tóxicos, buena acústica, vistas agradables y escalas humanas. Promover atmósferas afectivas en espacios públicos y privados.

5. Impulsar la formación interdisciplinar: Integrar contenidos de neurociencia, salud pública y psicología ambiental en los programas de arquitectura, urbanismo e ingeniería.

6. Incluir la belleza como criterio técnico de diseño: Entendida no como ornamento, sino como armonía funcional, simbólica y perceptiva. Establecer pautas proyectuales que promuevan calidad estética en todos los estratos urbanos, con atención a la diversidad cultural.

7. Evaluar la rentabilidad social y sanitaria del diseño urbano-arquitectónico: Incorporar estudios de coste-beneficio que consideren ahorros en salud pública, mejora de productividad, reducción del absentismo y aumento del bienestar general.

Estas directrices, lejos de constituir un catálogo cerrado, deben ser adaptadas a cada con-

texto sociocultural, climático y político. Pero sí comparten una premisa común: los ‘entornos urbanos preventivos’ podrán enriquecer todo el ciclo vital prolongando un envejecimiento saludable, verdadera herramienta de deshospitalización y desmedicalización. En la elección del entorno que queramos construir reside gran parte de la responsabilidad ética del diseño.

Epílogo

Nos hacemos más mayores y vivimos en ciudades.

Tras esta simple afirmación se esconde un amplio abanico de repercusiones que atañe a muy diversos campos profesionales de nuestro tiempo. Hemos visto cómo la Arquitectura, el Urbanismo y la Medicina, pueden trabajar conjuntamente para transformar los entornos urbanos en lugares saludables y enriquecedores para el ‘florecimiento humano’.

Una mirada retrospectiva a las primeras ciudades de la antigüedad nos recuerda que éstas fundamentalmente ‘se caminaban’. Pese a las evidentes ventajas que nos ha proporcionado la evolución del transporte rodado, el legado urbano del siglo XX ha relegado ‘al que camina’ a un rango muy inferior respecto ‘al que conduce’, favoreciendo fenómenos de sedentarismo y obesidad alarmantes para nuestra salud.

En paralelo a los paradigmas de longevidad y población urbana que dan origen a este trabajo, existe un acuciante calentamiento global y una recurrente contaminación atmosférica, de momento, imparables. Si ya se vislumbran nuevos modelos de movilidad urbana que serán menos invasivos, agresivos y más limpios que los actuales, no hay excusas para no avanzar hacia entornos urbanos preventivos y terapéuticos, como auténticas infraestructuras sanitarias.

En el mundo desarrollado de espacios residenciales cada vez más reducidos, la ciudad debe ofrecer una prolongación natural de nuestro ámbito privado. Es en el ‘espacio público’, a través de herramientas como el ‘neourbanismo’, donde podemos realizar la gran transformación urbana en las ciudades del siglo XXI. Las nuevas tecnologías y las cotas de digitalización que hemos alcanzando no invitan a vivir la ciudad, más allá del desplazamiento funcional entre un punto y otro. El ‘entorno restaurativo’ que antes encontrábamos en nuestro hogar se ha contaminado de una hiperconectividad que cuestiona la necesidad de salir al mundo exterior, generando aislamiento y soledad.

Es necesario labrar una reconquista del espacio público, a través de un ‘diseño preventivo’ para promover ciudades activas, en las que los verbos ‘pasear’ o ‘estar’ tengan un significado existencial, y no meramente virtual. Donde el objetivo no sea llegar más rápido al destino, o fluir en una ‘masa líquida y autómata’ para atravesar un territorio hostil lo antes posible.

Esa manera contemporánea de consumir la ciudad es propia de “una sociedad del rendimiento, supuestamente libre, donde lo que cuenta presuntamente son las capacidades”. Tal y como lo describe el filósofo alemán Byung Chul Han, “nos convertimos en instrumentos de la digitalización, esclavos de nuestra propia creación, que nos anestesia frente al mundo físico por el que discurrimos sin memoria, concentración, curiosidad o deseo”.

Necesitamos una decidida voluntad política para abordar una humanización de los entornos urbanos, que favorezcan vínculos genuinos, en todas las etapas vitales, desde la niñez hasta la vejez. La herencia de un liberalismo exacerbado ha convertido los entornos urbanos en gigantescos almacenes donde todo se

vuelve consumible, todo está disponible al instante. Es necesario recuperar unos ideales y valores que reconfiguren una ‘cultura de la ciudad’ que nació en ‘la polis’ griega, para sentar las bases de los ‘entornos preventivos’.

Si en el siglo XX cristalizaban epidemias silenciosas como el sedentarismo, el estrés, o la soledad, en el siglo XXI nos invade otra gran epidemia llamada ‘ansiedad’, característica de esa vida contemporánea descrita anteriormente. Así como en el siglo XX la ‘medicalización’ de los problemas resolvería todos nuestros males, los problemas de salud mental que inundan nuestra sociedad en el siglo XXI han encontrado una palabra mágica llamada ‘resiliencia’, que emplaza las soluciones en nosotros mismos. Aunque muchos de nuestros males están ahí fuera, parece más sencillo o interesado achacarlo a un fallo individual, lo que nos devuelve en espiral que se retroalimenta a futuros de medicalización y hospitalización.

Uno de los mayores retos socioeconómicos en el mundo desarrollado es la sostenibilidad de los ‘estados del bienestar’. El aumento de los costes sanitarios, la reducción de los servicios públicos y una retórica individualista establecen una consideración de la salud, cada vez más, como una responsabilidad individual. Es por eso que debemos poner el énfasis en la prevención y los cuidados, con la amplia experiencia de la medicina para identificar afecciones físicas y psíquicas, y en la capacidad de la arquitectura, el urbanismo y el paisajismo para modelar una experiencia existencial encarnada en un entorno urbano saludable.

El riesgo sería caer en la ‘retórica del cuidado’ que nos acecha. Reconfortados con la dopamina que nos aporta el uso de las tecnologías emergentes, se empieza a inculcar de manera acrítica ‘la resiliencia’ como herramienta

sanadora. En lugar de ofrecer herramientas para transformar contextos, la mayor parte de aplicaciones digitales —incluidas las basadas en IA— han promovido soluciones de autoseguimiento emocional, autoayuda automatizada, autodiagnóstico permanente. Todo comienza y termina en uno mismo, nunca en el entorno.

La alternativa, sin embargo, no pasa por abandonar la tecnología, sino por reclamar su diseño y orientación política: pasar del ‘coaching digital individual’ a la ‘infraestructura pública del cuidado’. Son herramientas que pueden ayudarnos a identificar y situar patrones de soledad crónica en entornos urbanos, identificar desiertos de servicios —barrios sin centros de salud, sin acceso a atención psicológica, sin espacios comunes—, y ayudar a priorizar políticas con criterios de equidad territorial. Pueden ofrecer análisis predictivos, desde riesgos climáticos hasta brechas digitales.

No podemos estar en la capacidad de soportarlo todo, sino en la posibilidad de transformarlo todo, entre todos. No necesitamos una IA que nos diga cómo ser felices, sino una aliada del cuidado compartido, que nos permita construir entornos donde desarrollar una ‘buena vida’. Eso también implica cambiar nuestra relación con la tecnología. De poco servirá un asistente virtual que nos diga cómo dormir mejor mientras ignoramos por qué no podemos descansar. Necesitamos sistemas que comprendan que el bienestar no es solo un dato biométrico, sino un derecho ‘político’.

La tarea colectiva que aquí nos ocupa es la transformación del principal entorno donde el hombre desarrolla su vida. Más que de resiliencias individuales, debemos hablar de lo que Harmut Rosa ha llamado la ‘resonancia’ de nuestros actos en la sociedad.

Sobre los autores

Diego Moreno de Cala. Arquitecto y CEO de Melius Architects. Profesional destacado en el ámbito del desarrollo empresarial, cuenta con una amplia experiencia y trayectoria en el sector de la arquitectura y la planificación.

Manuel Martínez-Sellés. Jefe de Sección de Cuidados Cardiológicos Agudos del Hospital Universitario Gregorio Marañón. Presidente del Ilustre Colegio Oficial de Médicos de Madrid. Catedrático de Medicina de la Universidad Europea de Madrid y profesor Asociado de la Universidad Complutense de Madrid.

Mercedes Díez Menéndez. Arquitecta y socia fundadora en Pesquera y Asociados arquitectos, cuenta con más de 30 años de trayectoria internacional en España, Europa y América Latina. Especializada en estrategia urbana, sostenibilidad, patrimonio arquitectónico y gobernanza corporativa.

Eduardo Pesquera González. Arquitecto socio fundador en Pesquera y Asociados arquitectos. Profesor asociado en la Universidad Politécnica de Madrid desde 1995. Ha sido profesor invitado en la Universidad de Navarra (2012/2013) y Bolonia (2014/2015).

LA CIVILIZACIÓN **DIGITAL**

Por JUAN LUIS SUÁREZ

El profesor Juan Luis Suárez desarrolla en este artículo algunas ideas de la civilización digital, una nueva era de base tecnológica y computacional que afecta no solo a la condición humana, sino a la forma en la que concebimos y nos relacionamos con la propia realidad.

LES PROONGO PENSAR los acontecimientos del presente a partir de la idea de que hemos creado y estamos viviendo en el meollo de una civilización digital o, si se quiere y vamos hacia atrás en nuestra Historia, hasta Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) y su fabricación de la máquina de calcular y la invención del cálculo infinitesimal, en la fase digital de una civilización computacional.

Si aceptamos esta propuesta, entenderemos que la digital es solo un tipo específico de computación que se ha ido desarrollando por la confluencia de la solución de una serie de problemas científicos, técnicos, de ingeniería y también sociales y políticos, en diversos momentos de los últimos tres siglos. Estos momentos se nos aparecen dispersos e inconexos y, sobre todo, separados de otros ámbitos de la historia moderna, por lo que tendemos a pensar que la computación es solamente lo que hacen los más actuales de nuestros ordenadores y, en especial, lo que hacen los ordenadores que computan según el paradigma de la inteligencia artificial, otra de las formas de la computación digital. Sin embargo, la historia de la computación es mucho más larga que los hitos ocurridos a partir de la publicación de la primera versión de ChatGPT en 2022. Por el contrario, esta aplicación de IA es uno de los momentos de llegada de una serie de olas filosóficas, matemáticas, tecnológicas y políticas que podemos rastrear, por lo menos, hasta la biografía de Leibniz y sus contemporáneos.

La computación digital que nos permite vivir en esta época tecnológica se desarrolla a partir de los avances científicos que ocurren en un periodo relativamente corto que va desde 1936 hasta 1950. Se trata de apenas quince años en los que las urgencias de la guerra conducen a la resolución de varios asuntos que serán clave para poner los cimientos de la fase digital de la civilización computacional. Estos avances consistieron en la reformulación –y en la

aceptación social de estas soluciones– de una serie de problemas que llevaban preocupando a la comunidad científica mucho tiempo y que en este periodo encuentran soluciones aceptables en lo teórico y maleables en lo tecnológico, de manera que las mismas se pueden “encarnar” en herramientas computacionales y, al final, en ordenadores de uso general como los que presiden nuestra existencia en la tercera década del siglo XXI.

El lenguaje que se utiliza hoy para hablar de la tecnología utiliza términos como disrupción, innovación o revolución para dar a entender que existen rupturas radicales en la historia o, incluso, en la condición misma de la reali-

LA COMPUTACIÓN HA RELEGADO A LA FILOSOFÍA, LA RELIGIÓN O LA IDEOLOGÍA POLÍTICA COMO EL PARADIGMA A TRAVÉS DEL CUAL SE DETERMINA QUÉ ES REAL Y CÓMO ES LA REALIDAD

dad. Y creo que no las hay por cuestiones matemáticas, filosóficas y también históricas. Hay cambios, hay transiciones, y una mirada serena sobre la realidad nos permite observar las dinámicas que dirigen estas transiciones que, como las olas, se van formando, alcanzando la cresta de su desarrollo y, al llegar a su punto álgido, rompiendo e inundando la playa a la que arriban. Las incompletas ideas de la civilización que, de manera sucinta, les presento aquí contribuyen a entender por qué ha sido posible el rompimiento de la ola de computación digital y su distribución en todo el mundo durante los últimos 25 años. Hay otras olas, conectadas con ésta, causantes de forma diferente pero también decisiva de la cristalización de la civilización digital en que toda la humanidad vive hoy.



Filosofía de la computación: lo real

La característica fundamental de la civilización actual sería su condición computacional o digital que afecta no solo a la condición humana, sino a la concepción material de la realidad. No es la única, pero sería una de las primeras, porque la computación, y no digo la programación, proporciona la base tecnológica y organizativa de todas las infraestructuras humanas, de la economía, los transportes, el comercio, la educación, la salud y, por supuesto, las relaciones humanas. Pero no solo eso, también proporciona el prisma a través del que ahora entendemos nuestra propia condición humana. ¿Dónde no hay una computadora hoy? ¿Qué tecnología no depende de una tecnología computacional?

La computación constituye el paradigma a través del cual se determina qué es real y cómo es la realidad. No son la filosofía ni la religión ni la ideología política las que establecen lo que es real, sino que es la computación la que nos

dice si esto o aquello son reales, en qué grado los son y cuáles son las leyes de su realidad. Como lo digital, o lo computacional, es lo real, conocemos el mundo a partir de la experiencia computacional que tenemos y en función de los paradigmas políticos y económicos que se derivan de un entendimiento de la realidad en virtud de la computación. La medida de la realidad de una cosa o de un ser es su computabilidad. Si no es computable, entonces no existe en este paradigma. A mayor computabilidad, mayor nivel de realidad y, en muchos casos, mayor valor económico.

Pero no solo eso, sino que casi todos los movimientos ideológicos relacionados con la computación y la economía digitales han establecido que la realidad se puede cambiar, por más que parezca casi imposible a veces hacer modificaciones mínimas en nuestra situación política y social. La realidad se puede cambiar por medio de la computación, lo que lleva a ésta a ocupar un lugar especial y destacado en la ontología de nuestra civilización digital. La

computación es parte de la realidad, es real, y a la vez es la herramienta, la llave para transformar el resto de la realidad. Estirando un poco esta imagen se podría explorar la idea de que la realidad es un gran ordenador, la realidad es computación.

Eso es muy importante desde el punto de vista metafísico, pero más aún a la vista de los sistemas políticos y éticos que se pueden proponer a partir de una concepción de la realidad como la que parece vertebrar nuestra civilización digital. Al menos dos consecuencias parecen derivarse de ello. La primera es que los movimientos ideológicos y las propuestas éticas de esta civilización tendrán éxito si parten de, o integran fuertemente, el principio computacional de la realidad en sus sistemas de

LA METÁFORA CENTRAL DE LA CIVILIZACIÓN DIGITAL ES MUY SENCILLA: EL CEREBRO ES UN ORDENADOR Y, DE MANERA PARALELA, UN ORDENADOR ES UN CEREBRO

transformación social, política, económica y medioambiental. La segunda consecuencia, cada vez más clara en el mundo de la IA, es que computar es conocer. La computación es la forma privilegiada del conocimiento porque es la forma de acceso a la realidad. Así pues, la cognición será tanto mejor cuando más se asemeje o se pueda modelar como computación.

El cerebro es un ordenador

Una definición mínima de computación establecería que computar consiste en el cálculo de la conversión de lo que es posible en lo que es actual o real. La computación sería, entonces,

el cálculo de cómo lo posible, todas las posibilidades que en cada momento singular hay en el universo en términos metafísicos, se convierten o no, devienen o no en cosas reales, en acontecimientos, en personas, en periodos, en cosas.

La computación al fondo de un ordenador es sobre todo cálculo, aunque no solo cálculo. El cálculo son las cuatro operaciones aritméticas básicas: sumar, restar, dividir y multiplicar. Más muchas otras operaciones que se hacen por la transformación de números y de estructuras de pensamiento en sistemas simbólicos. La operación con símbolos es muy importante, pero cuando piensas eso, esa es la raíz de lo que estaba haciendo Leibniz y de muchos de los problemas posteriores, te das cuenta, por una parte, de la simplicidad del asunto y, por otra parte, del poder que tiene la operación sobre números. La operación sobre números cambia la realidad porque, aunque nivel es mucho más complejo, eso es lo que se hace desde abajo hasta arriba cuando se produce cierta forma de procesamiento y de computación. Entonces, bueno, esas son las ideas principales de esta civilización digital con algunos apuntes simplemente para tener un marco de referencia.

Al adoptar esa forma de entender la realidad, estamos también asumiendo que de todas las formas de cognición que la evolución ha creado, la computación sería la mejor. Pero para sostener esto, se necesita de una potente metáfora que nos permita saltar desde nuestro conocimiento personal del ser humano al de la realidad a la que podemos acceder por medio de la computación.

La metáfora central de la civilización digital es muy sencilla: el cerebro es un ordenador y, de manera paralela, un ordenador es un cerebro. El cerebro es un ordenador y el ordenador es lo más parecido o el mejoramiento de un cerebro humano que hay. Esta metáfora se ha incrustado de manera permanente en los desarrollos



científicos y tecnológicos de nuestra sociedad, así como en toda la metafísica acerca de qué es un ordenador, qué es la computación, qué es la tecnología y qué es un cerebro.

La tecnologización de la realidad

En 1955, en un famoso texto titulado *Sobreviviremos a la tecnología*¹, John von Neumann, una de las mentes más preclaras del siglo XX, matemático, ingeniero, tecnólogo, un hombre realmente brillante, determinó que en las décadas siguientes habría tres tipos de tecnología que se desarrollarían completamente, una de las cuales sería el control del clima como arma de guerra. Las estimaciones de von Neumann sobre la mejora de las comunicaciones y el control del comportamiento humano se han verificado si tenemos a la vista el diseño del universo digital de teléfonos móviles, redes sociales y plataformas digitales.

La predicción de von Neumann sobre el control del clima no ha sido tan acertada. Pero lo inte-

resante de ésta es que, cuando habla del control del clima, no se referirá tanto al cambio climático, no porque no hubiera ya algunas señales de ello, sino porque él creía que el control del clima iba a convertirse en una de las armas fundamentales de la segunda mitad del siglo XX y que, si la Unión Soviética era capaz de desarrollar la tecnología para controlar el clima antes que el bloque occidental, tendríamos graves problemas. El control del clima era para von Neumann otra dimensión de lo que se conocería como la Guerra Fría. Aquel que pudiera crear maremotos, tsunamis o huracanes y localizarlos en los sitios deseados tendría una ventaja estratégica inigualable a la que solo se llegaría por medio de la tecnología.

Lo que me gustaría destacar de la forma de pensar de von Neumann sobre la guerra y la tecnología es que la tecnología comienza a concebirse como algo que el ser humano crea para modificar la realidad no como un accidente de la misma, sino al penetrarla y convertirse en parte de ella. A partir de este marco, en el que vivimos desde los años cincuenta y cuya culminación

digital estamos experimentado hoy, la realidad biológica, social y cultural es tecnológica. Realidad y tecnología no se pueden separar.

Para concretar esta visión tecnológica de la realidad, también de la naturaleza o realidad natural, era preciso dar dos pasos. Brian Arthur los articula de manera efectiva en su libro *La naturaleza de la tecnología*². Arthur realiza un desplazamiento conceptual desde la consideración de las tecnologías como fenómenos (u objetos) discretos hacia su entendimiento como sistemas. Para ello necesita remover la muy extendida concepción de la tecnología como fruto de una invención casi milagrosa, para certificar que todos los casos de tecnologías con los que se ha topado responden en realidad a constelaciones de elementos, grupos de otras tecnologías, que ya existían previamente. Las tecnologías estarían hechas de otras tecnologías y surgirían a partir de otras tecnologías. Este movimiento conceptual constituye una apuesta decidida por la idea de una continuidad en la evolución de las tecnologías y, además, desplaza el marco conceptual y el lenguaje hacia el terreno de los sistemas, en este caso, de los sistemas complejos, en los que la idea de la “emergencia” de unos niveles a partir de los anteriores será fundamental para entender la concepción de la realidad inherente al mundo tecnológico y digital en que vivimos.

Si las tecnologías proceden de otras tecnologías, si surgen por combinación de tecnologías anteriores, entonces, concluye Arthur, eso quiere decir que en cuanto fenómeno colectivo, mirado desde cierta distancia, la tecnología se crea a sí misma. Esto es, la tecnología es un sistema complejo y este sistema sería también autopoietico, se crearía a sí mismo.

Por último, Arthur continúa su aproximación a la tecnología como sistema autopoietico para llegar a la idea de recursividad. Si aceptamos que las tecnologías son combinaciones de

otras tecnologías, podemos considerar estas tecnologías como partes que funcionan como los postes de un andamio que se construye a sí mismo y en el que los pisos superiores del andamio se van haciendo con los resultados anteriores, es decir, con lo que hay en los pisos inmediatamente inferiores. Nada surge de la nada ni hay agentes inteligentes en el andamio lanzando materiales hacia arriba, sino que este andamio autopoietico se va construyendo a sí mismo a partir de un fenómeno peculiar pero identificable y explicable en muchos otros sistemas: la utilización del producto de un proceso como base o insumo para comenzar otro proceso, de manera que todo o casi todo se usa constantemente en los niveles superiores que van emergiendo, gracias a los resultados producidos en los inferiores.

Si todo procede de algo que ya existe y esto funciona de manera recursiva, ¿cómo empieza un proceso tecnológico? No empieza, sino que siempre ha estado en proceso, como la realidad. Tecnología y realidad siguen las mismas reglas de la evolución.

La máquina universal

En su artículo de 1936 titulado “On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem”³, Alan Turing se enfrenta al problema de los números computables y su relación con la “decibilidad” computacional. El problema de la decisión o la de la “decibilidad” es un problema lógico de los que David Hilbert plantea como problemas claves a resolver para las matemáticas del siglo XX en su discurso durante la exposición universal de París de 1900.

En términos simples, se puede decir que este problema se refiere a cómo decidir que algo es computable o no. Y lo que hace Turing para resolverlo es crear una formalización matemática



ca y conceptual para determinar no solo qué es computable o qué no es computable, sino para crear lo que se llama posteriormente una máquina universal. En este sentido abstracto, una máquina es una operación mental que permite dar forma algorítmica a cualquier problema y establecer los pasos para poder resolverlo. Pero estamos todavía en procesos matemáticos, conceptuales y lógicos. No hay ninguna máquina física, pero sí hay ya el germen de una tecnología. No hay en el artículo de Turing un ordenador de metal y silicio, pero sí una máquina que, además de establecer qué se puede computar, es universal y esto quiere decir que se puede emplear para determinar la computabilidad de cualquier fenómeno, de cualquier problema, sin tener que cambiar su diseño para cada problema, como era el caso de los ordenadores que se utilizaban en estos años.

Una de las características fundamentales de todos los ordenadores que tenemos en la actualidad es que hacen de todo de manera controlada, pero hacen prácticamente casi de

todo, son universales. Y esto se debe a la invención de la máquina universal de Turing. A partir de ahora el problema de la computabilidad en parte se transforma en otro problema, el que se genera al intentar implementar esta construcción abstracta de Turing en un aparato, un objeto, o sistema de objetos que permitan computar de manera más rápida y eficaz de lo que lo hace el cerebro humano.

Otra cosa muy importante acerca de la solución de Turing, aparte de formalizar y resolver un problema inmenso de una manera magnífica y relativamente sencilla, es que para hacerlo lleva a cabo un ejercicio de antropología, de autoetnografía. Aunque no lo dice, lo que hace Turing es ver qué hacen los operarios de las computadoras disponibles en los años treinta en sus interacciones con esas máquinas concretas. Estos operarios eran normalmente señoras que se dedicaban a calcular en papel antes de que un técnico revisara todos los cálculos previos y proporcionar el resultado de esos cálculos como input al ordenador. Es decir,

LA CARRERA PARA MEJORAR Y SUPERAR LA COMPUTACIÓN DIGITAL ESTÁ EN MARCHA, COMO MUESTRAN LAS INVERSIONES EN NUEVOS DESARROLLOS COMO LA CUÁNTICA

Turing hace un proceso de análisis antropológico del comportamiento humano y abstrae los diferentes pasos, borrando a las personas durante ese proceso de abstracción, para diseñar el proceso en que consiste computar y decidir acerca de la computabilidad de los números. Turing se olvida de que había señoras “computadoras”, se olvida de que había papeles, que había máquinas y crea una construcción completamente abstracta que funciona muy bien para establecer un modelo de la inteligencia computacional del cerebro humano.

El sistema de las neuronas

Una vez se ha abstraído la inteligencia humana de su base corporal y cultural se hace más fácil continuar el proceso de abstracción que nos ha llevado hasta el cerebro. En este caso, la abstracción a nivel cerebral nos lleva a la consideración del funcionamiento aparentemente binario de las conexiones neuronales.

No hay que esperar mucho para dar este paso, que se concreta en el artículo “A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity” de Warren McCulloch y Walter Pitts.⁴ En este texto, McCulloch y Pitts llevan el diseño del cálculo lógico a la modelación del cerebro humano, de manera que se valen de la lógica, fundamental en el desarrollo de la aritmética moderna y de la computación, para determinar cuáles son las ideas inmanentes en las actividades neuronales.

Lo que hacen McCulloch y Pitts es aplicar los conocimientos existentes sobre las conexiones neuronales y modelar en un proceso abstracto cómo reciben los inputs, se determinan los pesos de las señales eléctricas y químicas y producen un resultado a partir de cierto umbral.

Al poder modelar este proceso y hacerlo a partir de un paradigma binario o digital, según neuronas específicas o conjuntos de ellas se disparen en función de las entradas que han recibido y los grupos de neuronas que están a su alrededor, McCulloch y Pitts están también mostrando que el cálculo lógico se puede utilizar en otros contextos, es decir, se puede transportar, desde la materialidad característica del cerebro hasta la materialidad característica de un ordenador hecho de metales, plásticos y vidrios. La abstracción cuya utilidad había mostrado Turing tiene en el artículo de McCulloch y Pitts una nueva realización mediante la universalidad del cálculo lógico para transportar la tecnología desde la máquina del sistema de neuronas en el cerebro a la máquina del sistema de metales, plásticos y vidrios que será un ordenador digital.

Hay muchas otras formas de procesar información, pero el sistema neuronal básicamente indica que una neurona está disparando o no está disparando. Esos son sus dos estados fundamentales y eso en términos formales se traduce de una manera muy sencilla. O es un cero o es un uno. Es decir, el sistema neuronal del cerebro humano es un sistema digital o, si se quiere binario, ya que digital se refiere a cualquier tipo de dígito. Esta modelación tan efectiva del sistema neuronal, que permitirá también su encarnación en los aparatos computacionales⁵ que conocemos como ordenadores digitales, muestra el poder de un sistema que era digital, binario y electrónico, para con la codificación de todos los números en un sistema de ceros y unos. Este es uno de los grandes poderes de la computación que tenemos



hoy, así como una de sus limitaciones. Pero sobre todo es una de las características de la fase digital, binaria, de nuestra civilización digital.

¿Qué es ser inteligente?

La inteligencia artificial hereda no solo estas ideas sino también la forma de pensar los problemas de computabilidad de la realidad a partir de la abstracción de los procesos que se designan como inteligentes, la tecnologización de la realidad y la ubicación de la inteligencia en una unidad central y separada del entorno como la del cerebro.

Esto último tiene también su origen en un artículo de Turing, en este caso de 1950, titulado “Computer Machinery and Intelligence”⁶, en el que se desarrolla otro ejercicio mental que se hará famoso con el nombre de “test de Turing”.

El test de Turing constituye uno de los pilares básicos en toda la ideología que soporta hoy

tanto el desarrollo técnico como la expansión socioeconómica de la inteligencia artificial. Turing se plantea una pregunta aparentemente sencilla y vuelve a sacar lo mejor de la abstracción matemática y el cálculo lógico para intentar responderla. ¿Cómo sabemos si una máquina es inteligente o no? Eso es básicamente lo que plantea en este artículo que, como se ve en el título, utiliza de nuevo una palabra de la familia semántica de “máquina”, en este caso “maquinaria”. Esto es fundamental por la idea de las máquinas, de la maquinaria, que permea todo este desarrollo de las tecnologías computacionales desde Leibniz hasta nuestros días y que tiene en las ideas de la evolución sobre las máquinas de la vida y en la genética dos pilares fundamentales.

Para intentar resolver su pregunta sobre qué es inteligente, Turing se imagina que, llegados a una habitación cerrada, tenemos un método para entregar mensajes por una ranura a alguien que está en el otro lado y que no sabemos quién es. La persona que entrega el men-



saje por la ranura o por debajo de la puerta, no sabe si quien va a responder a su mensaje es una persona o un ordenador. Pero si por medio de sus respuestas este agente, ya sea humano o computacional, me convence de que estas son inteligentes y adecuadas, es decir, si sus respuestas son satisfactorias, entonces tendré que admitir que estoy comunicándome con alguien que es inteligente. Como se puede observar, este efecto de inteligencia por medio del diálogo con una habitación cerrada o una caja negra es el mismo que hoy experimentamos en nuestras interacciones con sistemas de “chat” como el de ChatGPT. Cuando éste responde, al menos en un gran porcentaje de casos, ChatGPT lo hace de manera satisfactoria y efectiva, de manera que nos parece que es inteligente, tanto o más que los seres humanos.

Parece claro que esta inteligencia basada en la abstracción de los elementos efectivos de la comunicación dialógica constituye un tipo de

inteligencia, pero quizás no responda a todos los tipos de inteligencia que seres biológicos u orgánicos insertados en ecosistemas son capaces de utilizar como parte de sus procesos de supervivencia y adaptación. La identificación entre un solo tipo de inteligencia abstracta y la inteligencia en general constituye uno de los pilares conceptuales fundamentales de la inteligencia artificial.

Conclusión

Estos artículos y algunos otros de los mismos años que no he citado aquí pudieron solucionar los mayores o alguno de los mayores problemas científicos y técnicos que impedían la construcción de las primeras máquinas digitales efectivas y comercializables a escala en el siglo XX.

Estas primeras máquinas digitales, así como el ambiente espiritual en que se desarrollan y fabrican, están muy bien descritas en un librito de 1955 sobre el cerebro y el ordenador que John von Neumann escribe poco antes de morir⁷. En la novela de Benjamín Labatut, titulada *Maniac*, el escritor chileno refleja muy bien la ebullición mental y la actividad política y científica que existía en la época y que se materializa en la actividad científica y político-militar de von Neumann, en torno a los ordenadores, la teoría de juegos y la disuasión atómica.

En este libro, que iba a ser una serie de conferencias en la Universidad de Yale, lo que hace von Neumann es un análisis detallado de los ordenadores digitales, cómo funcionan, qué hacen bien, qué velocidades tienen, cuáles son sus partes principales. En la segunda parte hace algo parecido con el cerebro, sin decir directamente que el cerebro es un ordenador y el ordenador es un cerebro, pero con muchas analogías y puntos de diferencia respecto a cuál es la velocidad, cuál es el límite de veloci-

dad del cerebro humano y en qué aspectos es superior a los ordenadores de la época.

Los ordenadores en muchos casos hacen cosas mucho más rápidas y de manera más eficaz que el cerebro humano. En otros casos el cerebro humano las hace mucho mejor, pero una de las cosas que hacen ya los computadores hace mucho tiempo es procesar de una manera mucho más rápida. En el libro de von Neumann parece que se consagra la idea de la máquina digital, creada como un sistema en el que participan el ordenador y el cerebro, y que funcionaría a partir de una lógica digital, binaria y electrónica.

Lo importante de este paradigma digital es la idea tan sencilla, pero tan importante desde el punto de vista lógico y matemático, de que para procesar la información es necesario codificarla. Hay que codificarla en ceros y unos, pero no solo la información, sino también la computación, de manera que las operaciones computacionales y el control sobre ellas –porque los ordenadores son fundamentalmente máquinas de control– se realiza de manera binaria. Es decir, solo hay dos estados, ceros y unos. Esta es la base de la fase digital de nuestra civilización computacional.

Lo digital no va a desaparecer. Las interfaces con las que los seres humanos interactuamos van a seguir siendo digitales porque es muy complicado imaginar sistemas para manipular objetos cuánticos en tiempo real. Sin embargo, la carrera para mejorar y, quizás, superar la computación digital está en marcha hace tiempo como muestran las inversiones

para desarrollar formas alternativas de computación, como la computación cuántica.

Si alguna forma de computación acaba imponiéndose sobre la computación digital, muchos de los principios de ésta se habrán integrado en las soluciones científicas, técnicas y económicas de la nueva computación. La ola de la computación digital que acaba de llegar a nuestra orilla y que está inundando todos los aspectos de la vida humana y de la concepción de la realidad habrá roto y, en su reflujo, el agua habrá vuelto al mar para formar parte de la siguiente ola. Entonces, la fase digital de nuestra civilización computacional habrá dado paso a una nueva fase en la que la computación seguirá siendo la clave para concebir y relacionarnos con la realidad.

REFERENCIAS

¹ John von Neumann. "Can we survive technology?". 1 de junio de 1955. <https://fortune.com/article/can-we-survive-technology/>.

² W. Brian Arthur. *The Nature of Technology. What It Is and How It Evolves*. Penguin, 2010.

³ Alan Turing. "On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem". *Proceedings of the London Mathematical Society*, 12 noviembre 1936. <https://doi.org/10.1112/plms/s2-42.1.230>.

⁴ McCulloch, Warren S.; Pitts, Walter (December 1943). "A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity". *The Bulletin of Mathematical Biophysics*. 5 (4): 115–133.

⁵ La encarnación de estas ideas en sistemas tecnológicos específicos, en ordenadores, se resuelve a partir de lo que se conoce como "la arquitectura de von Neumann", un diseño de los sistemas informáticos que se basa en tres componentes (la unidad central de procesamiento, la unidad de control y la unidad lógica-aritmética) y que concentra en una sola memoria tanto las instrucciones del programa como los datos que procesa.

⁶ Alan Turing. "Computer Machinery and Intelligence". *Mind*, LIX (236): 433–460, October 1950).

⁷ John von Neumann. *The Computer and the Brain*. Yale UP, 1958.

Sobre el autor Juan Luis Suárez

Catedrático de Humanidades Digitales en la Western University de Canadá y director de The Cultureplex Lab, un laboratorio de investigación sobre humanidades digitales de la Western University. Su investigación lo sitúa como uno de los principales expertos mundiales en cultura digital.



DEL TRILEMA ENERGÉTICO *A LA RESTAURACIÓN PLANETARIA*

Por M. MERCEDES MAROTO-VALER

Con esta contribución, la investigadora invita al lector a abordar la transición energética no solo como un desafío técnico o económico, sino como un proyecto colectivo de largo plazo, coherente con los valores de rigor, visión y responsabilidad intergeneracional que han guiado a la Fundación Ramón Areces desde su origen.

ESTE DOCUMENTO se ha preparado con motivo del 50º aniversario de la Fundación Ramón Areces, una efeméride que invita no solo a celebrar medio siglo de compromiso con el conocimiento, la investigación y el progreso social, sino también a reflexionar sobre los grandes desafíos que definirán los próximos cincuenta años.

A lo largo de este artículo propongo una mirada de largo plazo sobre la transición energética y la descarbonización, entendidas no como un simple cambio de tecnologías, sino como una transformación estructural que afecta a la economía, la industria, el territorio y la gobernanza global. En los próximos cincuenta años,

LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA NO SOLO ES UN IMPERATIVO DE SOSTENIBILIDAD, SINO TAMBIÉN UNA OCASIÓN PARA REDISEÑAR LOS SISTEMAS ENERGÉTICOS DE MANERA RESILIENTE Y DENTRO DE LOS LÍMITES PLANETARIOS

se prevé que este proceso propiciará la mayor transferencia de talento, capital y tecnología registrada hasta ahora. He optado por un enfoque temporal, organizado por décadas desde 2026 hasta 2075, que permite comprender la naturaleza dinámica, asimétrica y profundamente sistémica de este proceso, así como identificar qué decisiones serán críticas en cada etapa y en cada sector.

Mi argumento central es claro: alcanzar el cero neto de emisiones de gases de efecto invernadero no debe entenderse como un punto de llegada, sino como el umbral de una nueva fase del desarrollo humano. Si conseguimos alinear innovación, inversión, equidad social y respeto por los límites del planeta, la transición energética puede convertirse en

la mayor oportunidad de crecimiento sostenible del siglo XXI. Más aún, puede sentar las bases de lo que denomino una posible *era de la restauración planetaria*, en la que los sistemas energéticos, industriales, transporte, edificios y agrícolas no solo reduzcan su impacto, sino que contribuyan activamente a regenerar los ecosistemas y reforzar la resiliencia global.

1. Introducción

A veces, el futuro no es más que un reflejo, un eco persistente, del pasado. En energía, hoy más que nunca, esta idea adquiere una fuerza particular. El sistema energético de 1976 estaba todavía marcado por la fragilidad derivada de la crisis del petróleo de 1973. El de hoy está inmerso en una transformación sin precedentes; y el de dentro de 50 años dependerá, de forma crítica, de las decisiones que adoptemos (o pospongamos) en esta década. Comprender el futuro energético nos exige entender la complejidad del sistema: flujos energéticos, demanda creciente, crisis globales y por supuesto sin olvidarnos de la interacción con los límites del planeta.

Corría el año 1976, cuando se establece la Fundación Ramón Areces, y el mundo energético estaba dominado por los combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural). La crisis del petróleo de 1973 había puesto de relieve la vulnerabilidad de las economías modernas ante la dependencia de fuentes fósiles concentradas geopolíticamente. La respuesta fue reforzar la seguridad energética mediante diversificación de suministros fósiles, construcción de infraestructura nuclear y consolidación de sistemas centralizados. Si consideramos los tres pilares del trilema energético, la visión de entonces priorizaba la disponibilidad (seguridad energética) y asequibilidad (equidad energética) sobre la sostenibilidad ambiental.

Desde el punto de vista de las emisiones, el contraste con la actualidad es muy evidente. En 1976, las emisiones globales de dióxido de carbono (CO₂) se situaban alrededor de las 18 mil millones de toneladas (o gigatoneladas, Gt) anuales; y a día de hoy se han más que duplicado, superando las 38 Gt anuales, según la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2025). Si sumamos todos los gases de efecto invernadero, no solo el CO₂, sino también el vapor de agua, el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), el ozono (O₃), los gases fluorados y las variaciones relacionadas con el uso de la tierra, el total supera las 53 Gt de CO₂ equivalente (CO₂e).

Pero un dato aún más ilustrativo es la acumulación de CO₂ en la atmósfera, que en 1976 era 332 partes por millón (ppm), frente a las 280 ppm pre-industriales que se mantuvieron estables durante casi 6000 años antes de la Revolución Industrial (alrededor de 1750). Actualmente, superan ya los 430 ppm, lo que implica un aumento de casi un 50% respecto a la era preindustrial y que evidencia la presión acumulativa de los sistemas energéticos fósiles sobre la atmósfera (NOAA GML, 2025).

Este incremento no únicamente pone de manifiesto una problemática climática, sino que también evidencia la transgresión de diversos límites planetarios, que nos indican la capacidad de la Tierra para sustentar la sociedad humana (Richardson et al., 2023). De los nueve límites planetarios, hemos sobrepasado seis: el cambio climático (reflejado en la concentración de CO₂ en la atmósfera), la integridad de la biosfera (que incluye la biodiversidad), la disponibilidad de agua dulce, el uso del suelo, la contaminación por nutrientes (nitrógeno y fósforo) y las nuevas entidades como los microplásticos y los residuos radiactivos. Solamente hay tres categorías que no hemos sobrepasado: acidificación de los océanos, contaminación del aire y agotamiento de la capa de ozono.

La advertencia sobre los riesgos de sobrepasar los límites de sostenibilidad no es nueva. De hecho, hace un poco más de 50 años, más concretamente en 1972, que se publicó el informe ‘Los límites del crecimiento’, también citado como el Informe Meadows (Meadows *et al.*, 1972). Aunque no es ampliamente conocido, este documento fue pionero en destacar la interdependencia entre energía, economía y medio ambiente. Sin embargo, fue décadas más tarde que, en la COP21 de 2015, se adoptó el Acuerdo de París como un tratado internacional vinculante sobre el cambio climático. Este acuerdo reconoce oficialmente la necesidad de lograr emisiones netas cero de CO₂ para mantener la estabilidad del sistema climático global. Además, plantea como objetivo limitar el incremento de la temperatura global promedio a 1.5 grados Celsius con el fin de evitar los impactos climáticos más severos e irreversibles, incluyendo la mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos, el incremento del nivel del mar y daños significativos a los ecosistemas.

La transición energética que tenemos por delante no es solo un imperativo de sostenibilidad, sino también una oportunidad histórica para rediseñar nuestros sistemas energéticos de manera resiliente y dentro de los límites planetarios. El conocido informe de Stern publicado en 2006 concluyó que el coste de la inacción ante el cambio climático (hasta el 20% del PIB mundial) supera drásticamente el coste de actuar que sería cerca del 1% del PIB (Stern, 2006). Recientemente tuve la oportunidad de escuchar a Lord Stern presentar su último libro en la COP30 en Belén, Brasil: ‘La historia del crecimiento del siglo XXI’. En su obra, rechaza la idea de que haya que escoger entre actuar en favor del clima y fomentar el desarrollo, y argumenta convincentemente que es posible transformar la sociedad de manera que se logre simultáneamente la prosperidad y la protección ambiental (Stern, 2025). Por lo tanto, cada

inversión en la transición energética constituye una apuesta por un crecimiento económico compatible con la estabilidad ambiental, lo que convierte esta transición en la oportunidad de crecimiento de este siglo.

De cara a los próximos cincuenta años, el mensaje es claro. La transición energética es inevitable, pero su éxito dependerá de nuestra capacidad de actuar sobre el sistema en su conjunto. Si logramos alinear desarrollo económico, talento, innovación y límites planetarios, la transición energética se convertirá en la mayor oportunidad de crecimiento sosteni-

LA TRANSICIÓN DEPENDE NO SOLO DE LA TECNOLOGÍA, SINO DE LA RAPIDEZ CON QUE REGULACIONES, INCENTIVOS Y FINANCIACIÓN SE AJUSTEN A LAS NECESIDADES CLIMÁTICAS

ble del siglo XXI. Si en 1976 predominaba la seguridad de suministro, y posteriormente la urgencia climática, el futuro exigirá el equilibrio del trilema energético: sostenibilidad, resiliencia y equidad. Este equilibrio será, en última instancia, el verdadero indicador del éxito de la transición energética.

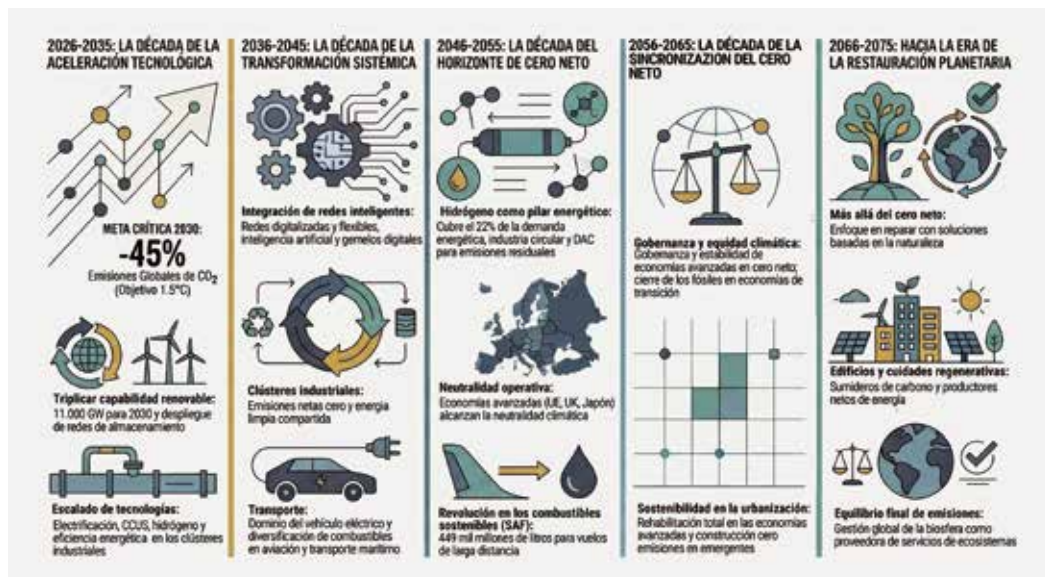
2. La descarbonización en los próximos cincuenta años

La descarbonización, en el contexto de la transición energética, se refiere al proceso de disminución o eliminación de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂). Este procedimiento resulta fundamental en la mitigación del cambio climático, dado que el CO₂ constituye uno de los principales gases causantes del calentamiento global.

Nos encontramos en una coyuntura histórica significativa. Debemos reducir las más de 38 Gt de CO₂ que la economía global emite cada año y asegurar que la transición sea justa para todas las partes involucradas. Pero debemos tener claro que la descarbonización no será un simple cambio de combustibles o una transición lineal hacia energías renovables. Más que sustituir tecnologías, se trata de optimizar cómo se produce, distribuye y consume la energía. La descarbonización de la economía global en los próximos 50 años se perfila como uno de los procesos de transformación estructural más significativos desde la Revolución Industrial. La reducción de emisiones deberá avanzar al mismo tiempo que se garantiza la seguridad energética, la competitividad industrial, la equidad social y la resiliencia ante las crecientes variaciones climáticas.

Una característica fundamental de la descarbonización es que es un proceso dinámico que integra la gestión del carbono, la energía y el capital de forma simultánea. En este contexto, la descarbonización significa una transformación sistémica, que implica rediseñar sistemas completos: tecnologías, infraestructuras, cadenas de suministro, modelos financieros y marcos reguladores. En términos macroeconómicos, esta transformación ocurre en medio de varias tensiones. Aunque es urgente reducir las emisiones globales para cumplir los objetivos climáticos, el sistema financiero sigue favoreciendo *en muchos casos* activos con alta huella de carbono y la inversión en tecnologías limpias aún es insuficiente. Por lo tanto, la transición depende no solo de la tecnología disponible, sino también de la rapidez con que regulaciones, incentivos y financiación se ajusten a las necesidades climáticas.

Es fundamental comprender la situación actual respecto a las emisiones de CO₂. Si miramos desde el punto de vista de la generación, es importante considerar que el sector eléc-



Esta imagen ha sido generada con NotebookLM

trico es responsable del alrededor del 40% de las emisiones. Pero si analizamos el uso final, aproximadamente el 35% de estas emisiones provienen del sector industrial, el 24% del transporte y el 27% de los edificios, mientras que al menos 14% corresponde al uso del suelo (IEA, 2025). Esta distribución nos dice algo importante: la descarbonización no seguirá una curva uniforme, en cambio será asimétrica, profundamente dependiente del tipo de actividad económica y geográficamente desigual.

Por consiguiente, una forma útil de analizar esta evolución consiste en dividirla en cinco décadas (2026-2075), examinando dentro de cada una de ellas cómo se comportarán los sectores de electricidad, industria, transporte, edificios, agricultura y uso del suelo. Esta segmentación en decenios no es arbitraria, sino que también representa las principales orientaciones estratégicas previstas para cada periodo.

- 2026-2035: La década de la aceleración tecnológica.
- 2036-2045: La década de la transformación sistémica.

- 2046-2055: La década del horizonte de cero neto.
- 2056-2065: La década de la sincronización del cero neto.
- 2066-2075: Hacia la era de la restauración planetaria.

Además, este enfoque en décadas que procederé a describir proporciona una visión clara sobre la evolución temporal de las tecnologías que serán implementadas, los sectores que impulsarán la transformación y aquellos que afrontarán los desafíos más significativos.

2026-2035: la década de la aceleración tecnológica

Estamos en la década (2026-2035) más decisiva de la transición climática y esto no es una exageración. Para lograr la ambiciosa meta del Acuerdo de París, es imprescindible disminuir las emisiones de CO₂ al menos en un 45% antes de 2030, lo que nos permitirá alcanzar la neutralidad para el 2050. La Unión Europea se ha comprometido legalmente a reducir sus emisiones netas al menos en un 55% para el año

2030, tomando como referencia los niveles de 1990, en línea con el Acuerdo de París. Por lo tanto, o aceleramos ahora, o arriesgamos cerrar la ventana de oportunidad para limitar el calentamiento global a niveles seguros.

La ciencia y la tecnología ya han hecho gran parte de su trabajo, tal y como reconoce la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2023). Para cumplir los objetivos de 2030, prácticamente todas las reducciones necesarias provienen de tecnologías que ya están disponibles comercialmente en el mercado hoy en día. En otras palabras, sabemos qué hay que hacer y, en muchos casos, sabemos cómo hacerlo en esta década

CERCA DEL 30% DE LAS REDUCCIONES DE EMISIONES PARA LOGRAR EL OBJETIVO DE CERO NETO EN 2050 PROVIENEN DE TECNOLOGÍAS TODAVÍA EN FASE DE DEMOSTRACIÓN O PROTOTIPO

crucial. Por lo tanto, el reto no es demostrar que la transición es posible, sino ejecutarla a la velocidad y escala necesarias.

Sin embargo, según la IEA, cerca del 30% de las reducciones de emisiones necesarias para lograr el objetivo de cero neto en 2050 provienen de tecnologías que actualmente todavía se encuentran en fase de demostración o prototipo. Esta cifra representa una mejora respecto al 50% estimado previamente, principalmente gracias a avances en campos como las baterías de sodio (Na-ion) y los electrolizadores de hidrógeno para uso comercial. Por lo tanto, esta década también será crucial para innovar, desarrollar y madurar toda la gama de tecnologías que necesitamos para alcanzar nuestros objetivos climáticos en las próximas décadas.

El eje central de esta transformación en esta década será la electricidad limpia. Según la IEA para el 2030 debemos triplicar la capacidad renovable global hasta alrededor de 11.000 GW, y países como el Reino Unido han puesto como objetivo alcanzar un sistema de energía limpia para el año 2030 ('Clean Power 2030') que implica que al menos el 95% de la electricidad generada provenga de fuentes bajas en carbono (renovables y nuclear). En España, el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (2023-2030) ha elevado las metas de descarbonización y uso de energías limpias para el final de la década, con el 81% de la electricidad producida de fuentes renovables frente al 74% del plan anterior. A nivel europeo, el paquete Fit for 55, reforzado por el plan REPowerEU, busca reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de la UE en al menos un 55 % para 2030 y encaminar a la UE hacia la neutralidad climática para 2050 garantizando una transición justa y socialmente equitativa.

En cuestión de tecnologías, la solar, la eólica terrestre y marina, el almacenamiento en baterías y la digitalización de las redes se convertirán en la columna vertebral del sistema energético. Con respecto a sectores, las opciones más rápidas y eficientes incluyen movilidad urbana, calefacción mediante bombas de calor, usos urbanos de energía y algunos procesos industriales (media y baja temperatura). Pero debemos dejar claro que electrificar no es solamente instalar renovables, ya que también exige rediseñar el sistema eléctrico para que sea estable, flexible y resiliente. Esto conlleva expandir las redes e interconexiones, así como opciones de almacenamiento necesarias debido a la intermitencia de las energías renovables. Además, el protagonismo de los prosumidores, que producen y consumen su propia energía, tomará cada vez más relieve, ya que reducirán la dependencia de proveedores tradicionales y ayudarán a estabilizar las redes locales, especialmente gracias a la adopción de tarifas dinámicas.

Ahora bien, no todo puede electrificarse. La industria pesada, como el cemento, el acero o la química, representa un reto climático, pero también una oportunidad estratégica. Son sectores donde las emisiones no proceden solo de la energía, sino de los mismos procesos industriales. Por ejemplo, en el sector cementero, aunque se use energía renovable, la mitad de las emisiones aún provienen de la producción misma. La solución en el sector industrial requiere un enfoque integrado más que una sola tecnología, donde el modelo de clúster industrial es esencial. En el Reino Unido hemos impulsado clústeres industriales, donde innovación (a través del Industrial Decarbonisation Research and Innovation Centre, IDRIC), tecnologías (electrificación, hidrógeno, eficiencia energética y captura y almacenamiento de CO₂), e infraestructuras se integran en un ecosistema (Maroto-Valer, 2025a and 2025b). Estos clústeres concentran el 50% de las emisiones industriales en el Reino Unido y permiten reducir los costes de infraestructura, especialmente en redes de CO₂, alrededor del 25-30%. A nivel global, el Foro Económico Mundial (WEF, por sus siglas en inglés) ha identificado más de 10.000 clústeres industriales, donde las emisiones de solo los 100 más grandes suponen más del 15% de las emisiones globales procedentes de industria (World Economic Forum, 2023).

Además, los clústeres brindan posibilidades para aumentar la eficiencia y disminuir el consumo energético. Por ejemplo, en un informe reciente de la Royal Society que hemos publicado, identificamos que procesos térmicos industriales representan alrededor del 14 % de las emisiones en el Reino Unido, y cerca de la mitad de la energía utilizada por la industria se pierde como calor residual. Este calor, en lugar de ser liberado, podría capturarse y aprovecharse nuevamente, por lo tanto, *disminuyendo el consumo energético total* (Royal Society, 2026).

Es también en este contexto que la captura, utilización y almacenamiento de CO₂ (CCUS, por sus siglas en inglés) e incluyendo la bioenergía con el almacenamiento de CO₂ (BECCS, por sus siglas en inglés) es crítica para descarbonizar sectores donde no existen alternativas. No obstante, la capacidad global de CCUS deberá multiplicarse de forma radical en la próxima década, ya que ha tenido un historial de "bajo despliegue" y necesita un impulso masivo para alcanzar las 4Gt de CO₂ capturadas anualmente para 2035, estimadas por la IEA.

Durante esta década, el hidrógeno, especialmente el hidrógeno verde obtenido por electrólisis, desempeñará un papel cada vez más relevante en ciertos sectores, como el químico, o donde la electrificación resulta difícil, como los procesos de alta temperatura. Además, será fundamental para el almacenamiento estacional de energía renovable y la producción de combustibles sintéticos en medios de transporte donde el uso de baterías no es viable. No obstante, su aplicación será estratégica y limitada a áreas esenciales que carecen de alternativas para la descarbonización, debido al elevado coste frente a los combustibles fósiles y a la falta de infraestructura adecuada.

El transporte refleja las asimetrías que podemos anticipar en esta década (2026-2035). El vehículo eléctrico avanza con rapidez y, previsiblemente, en torno a 2035 representará cerca de la mitad de las ventas globales de coches. Pero la aviación y el transporte marítimo cuentan otra historia.

En aviación, los combustibles sostenibles (SAF) son el cuello de botella. Hoy su producción es insignificante frente a lo que necesitaremos (0,1% del nivel requerido para 2050). Sin mandatos de mezcla, rutas piloto y señales claras de demanda, el escalado no ocurrirá. Para vuelos de larga distancia, no hay una alternativa realista al SAF en el corto y medio

plazo. Los combustibles derivados de biomasa o residuos (como aceites usados) son los más comunes, pero tienen límites en cuanto a su escalabilidad. Este decenio será determinante para incrementar la producción de PtL (Power-to-Liquids) o e-fuels, que son combustibles sintéticos obtenidos mediante hidrógeno verde y CO₂. Una forma de potenciar la producción de SAF en esta década (10% de los combustibles para el 2030) es mediante el establecimiento de “rutas de vuelo verdes” (GFP-Green Flight Paths, por sus siglas en inglés) que impulsen la implementación generando las economías de escala necesaria (Griffiths *et al.*, 2024).

En el sector marítimo, la incertidumbre es aún mayor, ya que no existe un “combustible ganador” y el metanol, amoníaco, hidrógeno o biocombustibles competirán durante años en función de costes, infraestructura, seguridad y regulación. En el corto plazo, se puede anticipar que el gas natural licuado actúa como combustible de transición, y la adopción de nuevos combustibles requiere adaptaciones en el almacenamiento y la infraestructura portuaria. También hemos identificado que empezarán a establecerse a escala los Corredores Marítimos Verdes (Green Shipping Corridors) que estructuran la adopción tecnológica, reducen el riesgo sistémico y permiten la optimización energética por tipo de ruta (Diamantakis *et al.*, 2026).

Los edificios también protagonizarán una transición decisiva, aunque quizás no tan visible como en los sectores descritos anteriormente. En lo que respecta a los edificios, será fundamental reducir el consumo energético, realizar mejoras de eficiencia, implementar bombas de calor y electrificar el suministro de calor.

En las áreas de agricultura y uso del suelo, es importante recordar que aquí el desafío no son solo los combustibles, ni el CO₂, sino principalmente el metano (CH₄), que a corto

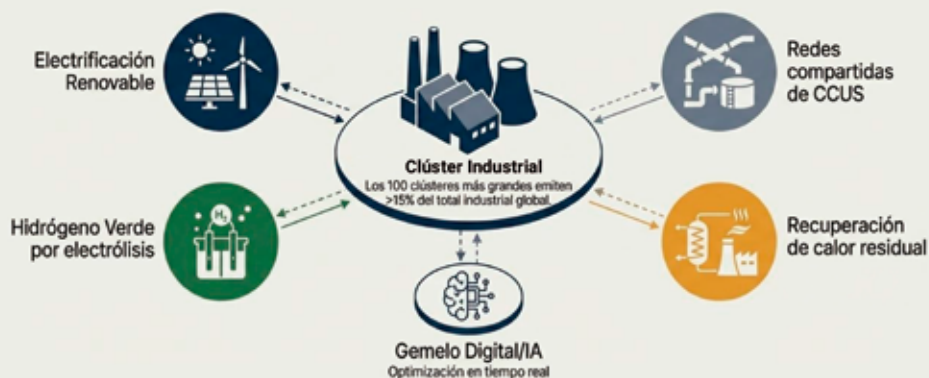
plazo tiene un poder de calentamiento más de 80 veces superior al del CO₂. La agricultura, por su parte, deberá integrarse de forma plena en la política climática, no solo como fuente de emisiones, sino ganando cada vez más fuerza como proveedor de sumideros de carbono y servicios de ecosistemas.

2036-2045: la década de la transformación sistémica

La década 2036-2045 representará un verdadero punto de inflexión de la descarbonización, ya que será el periodo que nos permitirá evaluar si la transición climática ha avanzado desde la fase de ambición hacia una transformación sistémica efectiva. Por ejemplo, esta década determinará si los planes Fit for 55 y REPowerEU se están traduciendo en una economía descarbonizada, competitiva y justa en la Unión Europea. Además, para lograr la neutralidad climática, debemos adoptar un enfoque sistémico en vez de centrarnos en medidas aisladas por sectores. Por lo tanto, a lo largo de esta década será esencial que las tecnologías se integren de manera eficiente en sistemas cada vez más complejos.

La electrificación seguirá creciendo, pero su éxito dependerá de la capacidad de la red eléctrica para manejar fluctuaciones, almacenamiento, conexiones e incluso adaptar la demanda con flexibilidad. La intermitencia de las energías renovables, que seguirán expandiéndose, dejará de ser una limitación significativa gracias a avances en almacenamiento, que incluyen baterías de nueva generación, almacenamiento térmico y soluciones basadas en hidrógeno. A nivel europeo, este enfoque de integración está apoyado por el Reglamento de Redes Transeuropeas de Energía (TEN-E) que se centra en la interconexión energética a través de la modernización y descarbonización de las redes transfronterizas, promoviendo la infraestructura de hidrógeno, redes inteligentes y electricidad renovable. A

Anatomía del Clúster Industrial: Ecosistemas de cero emisiones



Esta imagen ha sido generada con NotebookLM

finales de este decenio, las redes eléctricas serán inteligentes, interconectadas y altamente digitalizadas.

La industria representará quizás el mayor desafío en la descarbonización de esta década, ya que se habrá tenido que adaptar y ser productiva bajo sistemas de comercios de emisiones como el Régimen de Comercio de Derechos de Emisión (EU ETS), junto con la eliminación progresiva de derechos gratuitos y del Mecanismo de Ajuste en Frontera por Carbono (CBAM, por sus siglas en inglés) en la década anterior. Cabe destacar que una proporción significativa de los activos industriales relacionados con siderurgia, cementeras o refinerías, entre otros sectores, estará próxima a alcanzar el final de su vida útil, lo que requerirá decisiones clave de inversión. Por lo tanto, esta década representa una ventana estratégica para el sector industrial. La adopción de iniciativas como la electrificación de procesos, el uso de hornos de arco eléctrico y tecnologías basadas en hidrógeno contribuirá a la transición hacia modelos productivos más sostenibles, en el contexto de una competencia global cada vez más exigente.

Resulta fundamental, en este período, fortalecer la infraestructura industrial a largo plazo, incluyendo clústeres industriales de emisiones netas cero que se convierten en centros de energía limpia compartida (World Economic Forum, 2025). Sobre la base de los avances logrados por los clústeres en años previos, se desarrollarán redes de CO₂ e hidrógeno. Las plantas de acero utilizarán hidrógeno y hornos de arco eléctrico, el cemento incorporará procesos alternativos junto con captura de CO₂ y la producción de combustibles sintéticos y productos químicos a partir de CO₂ capturado comenzará a adquirir una escala mayor, integrándose en una lógica de economía circular del carbono. También se empezarán a desplegar tecnologías de captura directa del CO₂ del aire (DAC, por sus siglas en inglés) como complemento para emisiones residuales. La economía circular irá más allá del carbono, y por ejemplo se recuperarán desechos mineros para extraer metales críticos que antes se perdían, limpiando simultáneamente suelos contaminados y eliminando depósitos de residuos peligrosos que han existido por generaciones. El papel de la inteligencia artificial se habrá consolidado, incluyendo no solo la optimiza-

ción de procesos, sino también la gestión de forma autónoma de las cadenas de suministro para optimizar el uso de energía y materiales en tiempo real a través de gemelos digitales ('digital twins').

El transporte se segmentará tecnológicamente de manera más clara en esta década. Por una parte, el vehículo eléctrico será dominante en el transporte por carretera y el reto de la descarbonización se desplazará hacia los segmentos difíciles de abatir: transporte pesado, marítimo y aviación, donde veremos una diversificación tecnológica.

El transporte pesado por carretera requerirá baterías de alta capacidad, hidrógeno o sistemas híbridos, dependiendo de las distancias, cargas y accesibilidad a infraestructura. En los sectores de aviación y marítimo, la transición será más gradual debido a las elevadas demandas energéticas. Durante esta etapa, el uso de combustibles sostenibles (SAF) producidos a partir de electricidad renovable, hidrógeno y CO₂ capturado cobrará relevancia, aunque permanecerá asociado a elevados costes comparado con combustibles fósiles.

En edificios, la rehabilitación energética seguirá siendo clave como en la década anterior, y el parque construido comenzará a reconfigurarse a gran escala, impulsado por normas más exigentes, programas de financiación, electrificación térmica y ciudades más densas y eficientes. Aquí jugará un papel importante reducir la pobreza energética, mejorar el confort y disminuir la dependencia de combustibles importados para poder reforzar la resiliencia económica y social. A diferencia del decenio anterior, la adaptación y la mitigación tenderán a integrarse progresivamente debido al aumento de temperaturas y la mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos, como olas de frío y de calor. Esto provocará una disminución en la demanda energética

para calefacción, que se verá contrarrestada por el aumento en el consumo de sistemas de refrigeración. Además, los edificios de nueva construcción serán positivos para el clima, lo que significa que no solo compensarán su huella de carbono, sino que también generarán beneficios ambientales netos, como producir más energía de la que utilizan o capturar más carbono del que generan.

Durante esta década, la agricultura y el uso del suelo tendrán un papel creciente en la gestión climática global, especialmente en estrategias de retirada del CO₂, como por ejemplo, la reforestación, la agroforestería, la restauración de ecosistemas y la bioeconomía sostenible. No obstante, también aumentará el nivel de escrutinio sobre la integridad ambiental de estas soluciones y la importancia de los créditos de carbono, demandándose pruebas cada vez más rigurosas sobre su permanencia, adicionalidad y verificación, mediante procesos sistemáticos de monitoreo, reporte y verificación (MRV, por sus siglas en inglés).

2046-2055: la década del horizonte de cero neto

Entre 2046 y 2055, la neutralidad climática se habrá convertido en una realidad operativa en gran parte de las economías avanzadas. A día de hoy, aunque alrededor del 85-90% de las emisiones están cubiertas en compromisos de cero neto, no todos son para el 2050. En total, cerca de 100 países han fijado metas para alcanzar el cero neto de emisiones en 2050 o antes, entre ellos la Unión Europea, Reino Unido, Japón, Canadá y Brasil. Sin embargo, esto cubre solo el 55% de las emisiones globales, ya que grandes emisores como China, Rusia, India y Arabia Saudí no se suman a la meta para 2050. Además, en algunos casos hay incertidumbre sobre el cumplimiento o renuncia a objetivos definidos, como es el caso de Estados Unidos en estos momentos y que es responsable del alrededor del 7% de las emisiones globales.

Esto quiere decir que a escala global, aunque el ritmo será desigual, un número creciente de países habrá entrado en la misma dinámica del horizonte de cero neto. Durante esta década, se prevé una transformación irreversible en la estructura del sistema energético. Las tecnologías bajas en carbono predominarán en el suministro global de energía, mientras que los desafíos principales estarán relacionados con las emisiones residuales en sectores difíciles de mitigar.

La electricidad se habrá consolidado como el vector central del sistema energético y la generación será mayoritariamente renovable a nivel global. Esto exigirá gestión flexible de la demanda, interconexiones transfronterizas y almacenamiento a gran escala. En determinados contextos, también tendremos energía nuclear avanzada (como reactores modulares pequeños, SMR por sus siglas en inglés) y bioenergía con captura de CO₂. Pasarán a un primer plano, la resiliencia y seguridad de suministro, sobre todo frente a eventos climáticos extremos.

La industria operará cada vez más bajo principios de circularidad, donde el CO₂ dejará de concebirse exclusivamente como una emisión y aumentaran significativamente las cadenas de valor basadas en el uso del CO₂ capturado para producir combustibles sintéticos, materiales y productos químicos. En este sentido, los clusters industriales se convertirán en motores de la neutralidad climática, transformándose de simples concentraciones geográficas a ecosistemas de cero emisiones netas que integran infraestructura, tecnologías y gobernanza (Maroto-Valer, 2026). A medida que han ido desapareciendo las emisiones “fáciles” en las décadas anteriores, las emisiones residuales cobrarán más relevancia. Tecnologías de CCUS pasarán a ser pilares del sistema industrial, así como el despliegue de procesos de emisiones negativas, como la captura directa del aire. La IEA ha es-

timado que escenarios de emisiones netas cero para 2050 exigirán capturar y almacenar entre 4 y 7,6 Gt de CO₂ al año, y CCUS contribuirá entre el 8% al 10% de las reducciones de emisiones acumuladas (IEA, 2023).

Se proyecta que el hidrógeno cubra hasta el 22% de la demanda energética mundial, evitando la emisión de unas 80Gt de CO₂ acumuladas para mediados de siglo, debido a estimulación de la demanda, infraestructura y economías de escala para reducir los costes en las décadas anteriores (Hydrogen Council and McKinsey & Company, 2021). Se convertirá también en el principal sustituto de los combustibles fósiles en sectores considerados difíciles de descarbonizar, como la siderurgia (acero verde), la producción de cemento, vidrio y fertilizantes (amoníaco verde), además de desempeñar un papel fundamental en el almacenamiento energético a gran escala para compensar la intermitencia de las energías renovables.

El transporte continuará mostrando una transición asimétrica. Por una parte, la electrificación del transporte por carretera estará prácticamente completada sobre todo en países con objetivos cero neto para el 2050. Sin embargo, la aviación y el transporte marítimo transoceánico seguirán representando un desafío global. Estos sectores evidenciarán de forma clara la interdependencia entre electricidad renovable, hidrógeno y gestión del carbono, ya que alcanzar la neutralidad climática dependerá de combustibles sostenibles (SAF) producidos a partir de CO₂ capturado e hidrógeno. En aviación, los e-fuels serán indispensables para vuelos de largo recorrido debido a las restricciones físicas de las baterías. SAF se considera la única solución tecnológica factible para vuelos de larga distancia (más de 4.000 km), ideales para implementar “rutas de vuelo verdes”. Por otro lado, se espera que el hidrógeno sea utilizado principalmente en tra-

yectos cortos y medianos (de 500 a 1.500 km y de 1.500 a 4.000 km, respectivamente), mientras que para trayectos inferiores a 500 km la electrificación podría volverse común hacia el año 2050. Esto implicaría alcanzar una producción de 449 mil millones de litros de SAF en 2050, cuando hoy día se produce menos del 0,1% de esa cifra. Hemos estimado que para lograr este nivel de producción de SAF, será necesario construir entre 5.000 y 7.000 nuevas plantas (Griffiths *et al.*, 2024).

En el transporte marítimo, para lograr el objetivo de cero emisiones netas a 2050, se requieren cadenas de suministro de combustibles alternativos maduras y sistemas portuarios descarbonizados integrados, en consonancia con los objetivos de cero emisiones netas de la Organización Marítima Internacional. Por lo tanto, de manera similar a la aviación, veremos el papel clave de los Corredores Marítimos Verdes, que pasan a representar una red global interconectada (Department for Transport, 2021). También veremos que la elección del combustible depende casi totalmente del tipo de ruta (distancia y operación). Para rutas de larga distancia (>3.000 millas náuticas) dominará el amoniaco verde, mientras que corta y media distancia (<500-600 millas náuticas), el combustible principal será el etanol verde y las baterías quedaran restringidas a distancias muy cortas limitadas por autonomía. El hidrógeno jugará un papel como vector energético complementario en rutas específicas donde hay infraestructura disponible o integración directa con sistemas energéticos locales (Diamantakis *et al.*, 2026).

Gracias a los esfuerzos realizados en décadas anteriores, los edificios habrán logrado disminuir notablemente su consumo energético. El desafío en este decenio será llevar a cabo una rehabilitación integral del parque inmobiliario actual, implementar tecnología digital y adaptarse al clima, manteniendo la mitigación y la

resiliencia como prioridades, tal como se hizo anteriormente. De este modo, los edificios serán resilientes tanto a las amenazas climáticas como la inestabilidad energética.

Las emisiones generadas por la agricultura y el uso del suelo continuarán reduciéndose debido a la optimización de los procesos productivos, el cambio en los patrones alimentarios, la gestión eficiente de residuos y la adopción de avances biotecnológicos. Además, estos sectores aumentarán su relevancia estratégica al consolidarse como herramientas fundamentales para la compensación de emisiones residuales dentro del sistema económico.

2056-2065: la década de la sincronización del cero neto

Entre 2056 y 2065, la descarbonización global dejará de ser un reto tecnológico para convertirse en una prueba de gobernanza, equidad y liderazgo internacional. Para entonces, las principales soluciones técnicas, como energías renovables, y electrificación, almacenamiento masivo, hidrógeno limpio, CCUS, y combustibles sostenibles, estarán plenamente desarrolladas y disponibles. Sin embargo, su existencia no garantizará una transición justa ni sincronizada a nivel global. De hecho, en esta década el mundo estará marcado inicialmente por una profunda asimetría hacia la madurez del cero neto.

Por una parte, las economías que alcanzaron el cero neto hacia 2050, principalmente en Europa, parte de Asia avanzada, habrán consolidado sistemas energéticos limpios, resilientes y altamente digitalizados. Aquí, los esfuerzos se enfocarán en el mantenimiento, regulación y gobernanza; como por ejemplo la gestión de redes eléctricas complejas o de residuos de las primeras generaciones de infraestructuras verdes. Estas regiones utilizarán, además, su peso económico para exportar estándares climáticos, condicionando el comercio interna-

cional mediante ajustes de carbono en frontera (CBAM) y normas ambientales cada vez más exigentes. En el otro extremo tendremos grandes economías emisoras que seguirán inmersas en fases críticas de la transición, representando alrededor del 35% de las emisiones globales. Entre ellas destaca China, responsable a día de hoy de alrededor del 25% de las emisiones y que tiene como compromiso alcanzar el pico de emisiones de CO₂ para 2030 y lograr la neutralidad para 2060. Por lo tanto, en esta década será crucial lograr una sincronización a nivel global para evitar que esta asimetría inicial de lugar a una nueva forma de desigualdad climática. Para ello es imprescindible que la financiación climática, los mercados de carbono, la transferencia tecnológica y la cooperación internacional se conviertan en elementos centrales en este decenio.

En el sector eléctrico, los países que ya han alcanzado el cero neto seguirán usando renovables, respaldados por almacenamiento, interconexión e inteligencia artificial para gestionar la demanda. El reto seguirá siendo garantizar estabilidad, resiliencia climática y seguridad cibernética. En economías en transición, deberán cerrar capacidad fósil y operar exclusivamente renovables sin causar apagones o inestabilidad, lo que requerirá gran inversión y planificación.

La descarbonización industrial de esta década definirá la competitividad global. La implementación de tecnologías como el hidrógeno limpio, la electrificación para procesos a altas temperaturas o CCUS, dependerá del acceso a energía limpia a bajo coste, así como de financiación y regulaciones sólidas. En este contexto, las economías avanzadas liderarán la producción competitiva de materiales “verdes” y crearán estándares internacionales, mientras que otras regiones podrían enfrentarse a desafíos como la fuga de carbono, reducción de competitividad o incluso posibles tensiones comerciales.

Esta década verá el transporte urbano y ligero electrificado globalmente, mientras que el transporte pesado, marítimo y aviación seguirán en transición. Los países que han completado su proceso de descarbonización habrán reestructurado sus cadenas logísticas y flotas, mientras que otras naciones continuarán dependiendo de los combustibles fósiles durante más tiempo en rutas comerciales claves.

En el ámbito de los edificios, las economías avanzadas ya habrán completado la rehabilitación de su parque inmobiliario. Por otro lado, en zonas que experimentan un rápido proceso de urbanización como Asia, África y América Latina, la prioridad será construir evitando replicar modelos que generen altas emisiones, con el fin de prevenir la creación de fuentes de contaminación que persistan durante décadas.

En agricultura y uso del suelo, el criterio diferenciador estará determinado por cuánta demanda haya en el uso de la tierra para fines alimentarios en cada país. La agricultura, en general, desempeñará un papel fundamental para contrarrestar las emisiones residuales de otros sectores económicos. Sin embargo, en los países donde la presión sobre la tierra es menor, será posible priorizar la restauración ecológica y la captura natural de CO₂. Por el contrario, aquellas naciones con mayor presión tendrán que encontrar un balance entre garantizar la seguridad alimentaria, mitigar las emisiones y adaptarse al cambio climático.

2066-2075: hacia la era de la restauración planetaria

Como he comentado anteriormente, alcanzar el cero neto no es el destino final, sino el punto de partida para que vivamos en armonía con los límites planetarios. Entre estos límites que hemos superado recordemos que se encuentran el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la modificación de los ciclos biogeoquímicos (nitrógeno y fósforo), la acidifica-

ción de los océanos y el uso del suelo y de agua dulce. Es importante considerar aquí que estos límites no representan puntos sin retorno.

Es necesario también tener en cuenta que probablemente no todas las naciones hayan alcanzado el cero neto, con una estimación de aproximadamente el 15% de las emisiones todavía por mitigar. En consecuencia, será fundamental encontrar el equilibrio entre las economías que ya han alcanzado el cero neto y aquellas regiones que aún se enfrentan a una transición incompleta, como India que tiene como objetivo 2070. Por lo tanto, la restauración del planeta establecerá un nuevo equilibrio entre los sistemas humanos y naturales. Este proceso necesitará el uso de tecnología, mecanismos de financiación a largo plazo, una gobernanza responsable y el cumplimiento de principios de equidad internacional.

Los sectores económicos evolucionarán hacia estrategias de regeneración ambiental, social y económica. Por ejemplo, el sector eléctrico que estará prácticamente descarbonizado no solamente alimentará la economía limpia, sino que también proveerá la infraestructura habilitadora de procesos industriales, urbanos y agrícolas regenerativos.

La industria tomará cada vez un papel más importante en convertirse en parte de la solución climática. Esto implicará que la industria pasa de minimizar su huella a reparar activamente el daño acumulado a través de Soluciones Basadas en la Naturaleza (NbS, por sus siglas en inglés). Por ejemplo, se restaurarán ecosistemas completos, creando corredores biológicos y recuperando cuencas hídricas degradadas para devolver la biodiversidad original, en lugar de solo reforestación.

El aporte del transporte a la restauración climática no vendrá del uso de combustibles sostenibles, sino de una reorganización profunda

de la movilidad y la logística que será clave para la reducción de demanda, optimización de cadenas de valor y cambios en patrones de comercio.

Durante esta década, se prevé que los edificios desempeñen un papel creciente en el balance climático positivo mediante la incorporación de sistemas de generación activa (como fachadas fotovoltaicas y mini-eólica), la implementación de soluciones de flexibilidad energética y el uso de materiales de construcción sumideros (por ejemplo, hormigón verde).

Finalmente, la agricultura y el uso del suelo serán centrales en este decenio, ya que serán imprescindibles no solo para equilibrar emisiones residuales, pero también como pilar activo de la restauración planetaria mediante la recuperación de suelos, ecosistemas y sumideros naturales.

3. Observaciones finales

En este artículo he propuesto una visión estructurada y de largo plazo de la transición energética. Sin embargo, quiero recalcar que debe entenderse necesariamente como un ejercicio prospectivo que sin lugar a dudas está sujeto a incertidumbre. Prever la evolución de sistemas energéticos, económicos y sociales a un horizonte de cincuenta años implica asumir que el futuro no seguirá trayectorias lineales. Sabemos que shocks globales, como crisis geopolíticas, pandemias, guerras, disrupciones financieras o eventos climáticos extremos, pueden alterar de forma abrupta prioridades, mercados y ritmos de inversión, como ya ha demostrado la historia reciente. Del mismo modo, la eventual aparición o maduración de tecnologías disruptivas, como la fusión nuclear, nuevos materiales o avances en la inteligencia artificial, podría redefinir significativamente los escenarios aquí descritos.

Quiero concluir resaltando que estas incertidumbres no invalidan la necesidad de actuar; sino que al contrario, refuerzan todavía más la importancia de construir sistemas energéticos flexibles, resilientes y adaptables. La planificación de la transición debe combinar dirección estratégica con capacidad de corrección,

incorporando aprendizaje continuo y gobernanza robusta. En este sentido, más que predecir un único futuro, este documento ofrece un marco de referencia que permita ayudar la toma de decisiones responsables en un mundo que hoy como hace cincuenta años sigue siendo inevitablemente dinámico.

BIBLIOGRAFÍA

Department for Transport (2021) *COP26: Clydebank Declaration for green shipping corridors*. London: UK Government. Available at: <https://www.gov.uk/government/publications/cop-26-clydebank-declaration-for-green-shipping-corridors> (Accessed 14 April 2026).

Diamantakis, N., Xynopoulos, N., Sheth, J., Andresen, J., Maroto-Valer, M. (2026) 'Alternative Maritime Fuels for Net-Zero Shipping: A Comprehensive Operational, Techno-Economic and Regulatory Review'. *Hydrogen*, 7, 36. <https://doi.org/10.3390/hydrogen7010036>. Available at <https://www.mdpi.com/2673-4141/7/1/36> (Accessed 14 April 2026).

Griffiths, S., Uratani, J.M., Ríos Galván, A., Andresen, J.M. and Maroto Valer, M.M. (2024) 'Green flight paths: a catalyst for net zero aviation by 2050', *Energy & Environmental Science* (perspective article). Available at: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2024/ee/d4ee02472a> (Accessed 14 April 2026).

Hydrogen Council and McKinsey & Company (2021) *Hydrogen for Net Zero*. Brussels: Hydrogen Council. Available at: <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2021/11/Hydrogen-for-Net-Zero.pdf> (Accessed 14 April 2026).

International Energy Agency (2023), *Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach*. Paris: IEA. Available at: <https://www.iea.org/reports/net-zero-roadmap-a-global-pathway-to-keep-the-15-c-goal-in-reach>. (Accessed 14 April 2026).

International Energy Agency (2025), *World Energy Outlook 2025*. Paris: IEA. Available at: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2025> (Accessed 14 April 2026).

Maroto-Valer, M.M. (2025a) *Decarbonising UK industry: IDRIC's transformative impact*. Energy Institute. Available at <https://knowledge.energyinst.org/new-energy-world/article?id=139524> (Accessed 14 April 2026).

Maroto-Valer, M.M. (2025b) *Whole-system frameworks for advancing industrial decarbonisation*. Industry on the Road to 2050. A report prepared for the Climate Club. Available at <https://climate-club.org/wp-content/uploads/2025/11/Industry-on-the-road-to-2050.pdf> (Accessed 14 April 2026).

Maroto-Valer, M.M. (2026) *Industrial Clusters: Implementation Engines of the Energy Transition and Economic Growth*. United Nations - Council of Engineers for the Energy Transition (CEET). Available at <https://www.unsdn.org/news/industrial-clusters-implementation-engines-of-the-energy-transition-and-economic-growth/> (Accessed 14 April 2026).

Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J. and Behrens, W.W. (1972) *The Limits to Growth: A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*. New York: Universe Books. Digitised edition available at: <https://dn721702.ca.archive.org/0/items/TheLimitsToGrowth/TheLimitsToGrowth.pdf> (Accessed 14 April 2026).

NOAA Global Monitoring Laboratory (2025) *Trends in Atmospheric Carbon Dioxide – Mauna Loa CO₂ record*. Boulder, CO: NOAA. Available at: <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends> (Accessed 14 April 2026).

Richardson, K. et al. (2023) 'Earth beyond six of nine planetary boundaries', *Science Advances*, 9(37), eadh2458. Available at: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adh2458> (Accessed 14 April 2026).

Royal Society (2026) *Unlocking thermal energy: capture, storage and re use of industrial waste heat*. London: The Royal Society. Available at: https://royalsociety.org/-/media/policy/projects/thermal-energy-efficiency/thermal-energy-efficiency-in-industry_policy-report.pdf (Accessed 14 April 2026).

Stern, N. (2006) *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511817434>

Stern, N. (2025) *The Growth Story of the 21st Century: The Economics and Opportunity of Climate Action*. London: LSE Press. Available at: <https://openbookcollective.org/books/book/5965485> (Accessed 14 April 2026).

World Economic Forum (2023) *Transitioning Industrial Clusters towards Net Zero*. Geneva: WEF. Available at: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Transitioning_Industrial_Clusters_2023.pdf (Accessed 14 April 2026).

World Economic Forum (2025) *Unleashing the Full Potential of Industrial Clusters: Infrastructure and Investment Priorities*. Geneva: WEF. Available at: https://reports.weforum.org/docs/WEF_Unleashing_the_Potential_of_Industrial_Clusters_2025.pdf (Accessed 14 April 2026).

Sobre la autora M. Mercedes Maroto-Valer

M. Mercedes Maroto-Valer es catedrática, directora del Centro de Investigación e Innovación de Descarbonización Industrial del Reino Unido (IDRIC) y vicerrectora (Sostenibilidad Global) en la Universidad de Heriot-Watt. Referente internacional en transición energética, su trabajo se centra en sistemas de energía, captura, uso y almacenamiento de CO₂, tecnologías de hidrógeno y combustibles solares.



FUNDACIÓN
RAMÓN ARECES



FUNDACIÓN
RAMÓN ARECES

Tenemos muchas historias que contarte

Descubre en nuestro canal de podcast los misterios de la ciencia y del universo. Los desafíos de la economía y de la medicina. O los últimos retos de la sociedad.

Escucha las reflexiones de relevantes científicos, historiadores, matemáticos, físicos, filósofos o economistas. Cuando y dónde quieras.

Porque tenemos muchas historias que contarte, accede a nuestros podcast escaneando el código QR.



www.fundacionareces.es



FUNDACIÓN
RAMÓN ARECES



Vitruvio, 5
28006 Madrid
España

www.fundacionareces.es