E.M. nº 79 Enero-Abril 2025

LA CIENCIA COMO BIEN COMÚN Y LA SOCIEDAD CIENTÍFICA Xi

Juan José de Miguel *(Universidad Autónoma de Madrid)*
Francisco Alonso *(Universitat de València)*
Gemma Piella *(Universitat Pompeu Fabra)*
Rosa María Martínez-Espinosa *(Universidad de Alicante)*
Jorge Crespo *(Universidad Europea del Atlántico)*
Mar Comas *(Universidad de Granada)*
Raquel Cumeras *(Institut d'Investigació Sanitària Pere Virgili)*
Olimpio Montero *(Instituto de Biofísica y Genética Molecular – CSIC)*

RESUMEN

En el presente artículo se lleva a cabo en primer lugar una introducción histórica sobre determinados aspectos relativos a la evolución de la Ciencia y algunos científicos punteros en el contexto internacional. Se hace igualmente referencia a la sociedad científica Xi y a su capítulo ibérico, y al papel que trata de desarrollar esta sociedad de cara a hacer frente a situaciones delicadas en el mundo científico internacional y nacional en la actualidad, tanto en lo relativo a la escasez de recursos financieros como a distintas corrientes negacionistas y escépticas con el propio papel de la Ciencia en nuestra sociedad. La obligación actual de los científicos es intensificar los esfuerzos dedicados a divulgar sus trabajo e investigaciones, explicando su utilidad y los beneficios sociales que se derivan del progreso científico, así como ayudar al grueso de la población a apreciar las diferencias esenciales que existen entre las teorías científicas bien fundamentadas y las creencias injustificadas o los bulos interesados.

1. INTRODUCCIÓN HISTÓRICA

Hacia el año 240 a.e.c. Eratóstenes de Cirene, por aquel entonces director de la Biblioteca de Alejandría, calculó el tamaño de la circunferencia terrestre con una precisión de aproximadamente un 2% midiendo la sombra proyectada por una barra vertical durante el solsticio de verano y aplicando un ingenioso procedimiento trigonométrico. De este modo confirmó la forma esférica de la Tierra y sentó las bases de la Geografía moderna, un saber fundamental para facilitar los desplazamientos humanos y el comercio.

En 1796, el médico inglés Edward Jenner observó que las campesinas que contraían la variedad benigna de la viruela bovina no se contagiaban de la mucho más peligrosa viruela humana. A partir de esta constatación, desarrolló un procedimiento de inoculación de fluidos procedentes de las pústulas provocadas por la viruela bovina para inmunizar respecto de la humana, dando inicio de este modo a la era de las vacunas que han salvado la vida desde entonces a centenares de millones de seres vivos, tanto humanos como animales.

En 1838 otro científico inglés, el naturalista y biólogo Charles Darwin, concibió su teoría sobre la evolución biológica basándose en las observaciones que acumuló durante su viaje alrededor del mundo a bordo del buque HMS Beagle, y que finalmente publicaría en 1859 en su famosa obra *"El origen de las especies"*. Este concepto revolucionó nuestra comprensión de la vida y los mecanismos que la hacen

posible y que controlan las distintas funciones biológicas. Ello dio lugar a la aparición de otras áreas del saber como la biología molecular, la genética y la bioquímica, que a mediados del siglo XX irrumpieron en el panorama científico-técnico mundial y sentaron las bases para comprender las bases moleculares de la vida y la evolución de las especies gracias a investigadores como Erwin Chargaff, Rosalind Franklin, James Watson, Francis Crick y Severo Ochoa. Estas disciplinas se han incorporado al estudio de los seres vivos aportando su arsenal de técnicas y conocimientos, lo que ha permitido con el tiempo desarrollar medicamentos, terapias contra enfermedades y diagnóstico precoz de patologías, entre otros muchos beneficios prácticos.

Por último, aunque no menos importante, con escasos medios, sacrificando tiempo y medios económicos personales y en un entorno más bien hostil hacia la ciencia hecha en España, nuestro premio Nobel Santiago Ramón y Cajal estableció a principios del siglo XX las bases de la neurociencia moderna, lo cual permitió empezar a entender que determinados comportamientos no se debían a "influencias demoníacas" sino a defectos en la fisiología de las células neuronales.

Estos son solamente unos pocos ejemplos representativos de la multitud de casos en los que, a lo largo de la historia de la humanidad, la aplicación del ingenio y el método científico de observación, inferencia y comprobación han resultado en avances del conocimiento que han proporcionado grandes mejoras en las condiciones de vida de todos, integrando más recientemente otros valores como el aseguramiento de la calidad de vida y el desarrollo de la misma en condiciones de sostenibilidad y solidaridad en busca de un bien común global. Pero los logros citados comparten también algunos rasgos preocupantes: siglos después de haber sido enunciados y a pesar de haber sido repetida y consistentemente demostrados, están siendo hoy en día cuestionados e incluso rechazados por una fracción creciente de la población. Esta situación, que es motivo de honda preocupación para toda la clase científica en la actualidad a nivel mundial, nos ha motivado a manifestarnos con el fin de resaltar algunas claves que, aunque bien conocidas por parte de la comunidad científica, no parecen estar permeando adecuadamente hasta el resto de la sociedad.

Quienes firmamos este artículo formamos parte de la Junta Directiva del Capítulo Ibérico de Sigma Xi, una sociedad científica honoraria y sin ánimo de lucro fundada en 1886 en la universidad de Cornell, en EE.UU. con el propósito de promover, difundir y defender la investigación, premiar la excelencia y fomentar la colaboración entre académicos e investigadores de todos los campos, y que en el casi siglo y medio transcurrido desde entonces ha llegado a establecerse en un buen número de países por todo el mundo.

2. LA CIENCIA ANTE UNA ENCRUCIJADA

En estos momentos vemos con alarma cómo nuestros colegas estadounidenses se enfrentan a recortes en la financiación, cancelación de líneas de investigación e incluso despidos por motivos ideológicos. Un reciente estudio del Pew Research Center[1] muestra cómo en el país que durante las últimas décadas ha ostentado el liderazgo científico y tecnológico mundial y que ha atraído a muchos de los mejores investigadores internacionales, se han extendido entre amplias capas de la población teorías de la conspiración que fomentan la desconfianza respecto de la ciencia y quienes la practican. Un número muy significativo de personas pone en duda o niega directamente hechos demostrados y ampliamente consensuados dentro de la comunidad científica como por ejemplo el calentamiento global del planeta, con posibles consecuencias catastróficas para todos, o la utilidad de las vacunas, lo que está dando lugar a la reaparición de enfermedades que se daban ya por erradicadas en determinadas regiones del mundo. Muchos investigadores con presencia pública en los medios de comunicación y en las redes sociales reciben amenazas, no por expresar sus opiniones individuales, sino simplemente por llevar a cabo su labor y transmitir a la sociedad lo que ya es objeto de amplio consenso dentro de la comunidad investigadora.

1 "*Public Trust in Scientists and Views on Their Role in Policymaking*", Pew Research Center (2024), https://www.pewresearch.org/science/2024/11/14/public-trust-in-scientists-and-views-on-their-role-in-policymaking/

Esta situación no se da únicamente fuera de nuestras fronteras: en nuestro propio país hemos vivido situaciones similares. Aun cuando la confianza en la ciencia y en las personas que la ejercen se mantiene relativamente alta en España en comparación con otros países, como muestra un reciente estudio internacional realizado con la participación de la Fundación Española para la Ciencia y Tecnología (FECYT),[2] se constata sin embargo un aumento significativo de las opiniones que cuestionan sin ninguna base argumental sólida la validez de las ideas científicas o bien sitúan a estas en un plano de igualdad con otros postulados carentes de demostración. Y lo que es peor: se observa un creciente protagonismo en los medios de comunicación y en las redes sociales de posiciones críticas, el denominado "*populismo científico*", que busca enfrentar a la población general con la clase investigadora, a la que se representa a menudo como una élite guiada por intereses espurios y alejada de la realidad de la sociedad en su conjunto. Recientemente hemos vivido un ejemplo representativo con ocasión de las inundaciones en la región de Valencia, obviando el hecho de que instituciones científicas como la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) o la Confederación Hidrográfica del Xúquer proporcionaron información adecuada y a tiempo, permitiendo con ello a otras entidades como la Universidad de Valencia anticiparse eficazmente al riesgo de inundación.

3. EL PAPEL DE SIGMA Xi

Desde el Capítulo Ibérico de Sigma Xi consideramos que la mejor manera de combatir esta deriva que podríamos denominar acientífica es explicar y difundir de forma sencilla y comprensible para toda la ciudadanía, pero sin pérdida de rigor, la manera de trabajar de los investigadores, cuáles son las claves del método científico, cómo se construyen las hipótesis, se contrastan con los hechos observados y se busca alcanzar el grado más alto posible de certidumbre en nuestra comprensión de la naturaleza, así como los grandes beneficios que se derivan para toda la humanidad de esta manera de proceder, desarrollada a lo largo de los siglos.

El primer punto que deseamos resaltar es que la ciencia es una tarea esencialmente *colectiva*. Todos los avances en el conocimiento alcanzados por la humanidad se han producido de un modo incremental. Contrariamente a lo que el cine acostumbra a mostrarnos, los grandes descubrimientos no son el producto de una única mente brillante, sino que son el resultado de las contribuciones de muchos investigadores que previamente allanaron el camino, descartaron hipótesis erróneas y aportaron pruebas e indicios para guiar a sus sucesores. En palabras del propio sir Isaac Newton: "Si he sido capaz de ver más lejos, ha sido por apoyarme sobre los hombros de gigantes".

Desde la antigüedad, el avance de la ciencia y la búsqueda del conocimiento en general se han desarrollado a escala mundial, sin respetar fronteras. En el siglo IV a.e.c. Aristóteles acumuló una gran biblioteca personal de papiros de múltiples autores y temáticas. En el siglo siguiente, III a.e.c., se fundó la Biblioteca de Alejandría como un instrumento para recopilar todo el saber existente en el mundo entonces conocido. Más tarde, en la Edad Media, los árabes contribuyeron en gran medida a conservar y difundir las obras clásicas y provenientes de culturas orientales, traduciéndolas y fomentando su estudio.

La cadena de transmisión del conocimiento se ha mantenido así, con altibajos e interrupciones, a lo largo de toda la historia de la humanidad y a través de todas las civilizaciones. Pero para que los hallazgos obtenidos en otro momento y otro lugar puedan ser aprovechados por otros investigadores, hay dos condiciones básicas: la *reproducibilidad* y la *generosidad* compartiendo los hallazgos alcanzados. Las ciencias naturales avanzan mediante la realización de observaciones y experimentos en condiciones cuidadosamente controladas y descritas de tal modo que puedan ser repetidos y confirmados o desmentidos por otras personas en cualquier lugar del mundo. A partir de los resultados obtenidos, la aplicación del razonamiento hipotético-deductivo permite avanzar nuevas propuestas que deben ser comprobables (falsables). Sólo en caso de ser validadas por otros experimentos, esas teorías se incorporan a lo que se ha dado en llamar el paradigma científico, y que representa la punta de lanza del

2 "*Confianza en la ciencia y populismo científico en Españ*a", FECYT (2024) https://doi.org/10.58121/a3wy-2444

conocimiento colectivo. Así pues, en estos momentos en los que en sectores de la sociedad se extiende la tendencia a otorgar tanta o más validez y credibilidad a opiniones, creencias o simples rumores que a la ciencia convencional, se hace necesario recordar que, para poder ser considerados válidos, los nuevos resultados y los modelos que los interpretan y explican han debido ser obtenidos mediante la aplicación del método científico, lo cual asegura que los mismos fenómenos se produzcan siempre que se establezcan idénticas condiciones.

Estos principios son los que inspiran el movimiento de la *Ciencia Abierta*, que defiende el acceso libre para todos, a nivel mundial, no sólo a los resultados finales de las investigaciones sino también a los métodos y códigos empleados, los datos obtenidos y los análisis realizados. De esta manera se busca alcanzar la máxima transparencia en el trabajo científico, fomentar su evaluación crítica por parte de toda la sociedad, alentar la colaboración entre investigadores de todas las áreas y naciones y favorecer la aparición de nuevas ideas. Este modo de proceder contrasta radicalmente con la "falsa ciencia" que se propaga por foros y redes sociales y habitualmente se apoya en axiomas o creencias arbitrarias, procedimientos ocultos y testimonios individuales imposibles de contrastar y de reproducir.

Otro requisito básico para la generación de avances científico-técnicos en la frontera del conocimiento es la *interdisciplinariedad*. En línea con lo expuesto anteriormente, los grandes descubrimientos no pueden producirse concentrando los esfuerzos en una única dirección o área de investigación, sino que necesitan incorporar aportaciones de muchos campos, algunos incluso muy alejados temáticamente. Un ejemplo representativo de cómo múltiples investigaciones han confluido gradualmente para acabar creando toda una nueva área de la ciencia es el de las terapias génicas, que se encuentran actualmente en pleno desarrollo y que permiten afrontar el tratamiento de una amplia variedad de enfermedades, incluyendo múltiples variedades de cáncer, mediante actuaciones específicas sobre el material genético de cada persona.

Este tipo de enfoques se hizo posible a partir de la secuenciación del genoma humano, un gran proyecto colaborativo a escala mundial que se llevó a cabo durante la década de 1990 combinando la labor de miles de investigadores. Esa primera determinación de la secuencia de nucleótidos que conforma el ADN humano, y que posteriormente ha permitido identificar los genes y las funciones que éstos codifican, requirió en su momento del desarrollo de técnicas novedosas y altamente sofisticadas no sólo desde el campo de la bioquímica o la genética, sino también desde la computación y la bioinformática. Así pues, estas modernas terapias que hoy en día nos permiten tratar con éxito muchas enfermedades (sirva de ejemplo más reciente la edición del material genético a través de la tecnología CRISPR-Cas) no habrían podido aparecer sin que antes lo hicieran tecnologías tan aparentemente alejadas como la electrónica, basada a su vez en la mecánica cuántica cuyo origen podemos fijar en los estudios de Max Planck sobre la radiación del cuerpo negro hacia 1900.

Similares argumentos se pueden aplicar a la eterna controversia entre *ciencia básica y aplicada:* ninguna es viable por separado, y primar a una de ellas en detrimento de la otra siempre conduce a corto o medio plazo a soluciones ineficaces o callejones sin salida. Las tecnologías punta se desarrollan siempre como aplicaciones derivadas de descubrimientos fundamentales, y estos a menudo se producen como resultado de nuevas observaciones más precisas que las anteriores proporcionadas por instrumentación más avanzada. La carrera espacial de los años 60 contribuyó a desarrollar las tecnologías de computación y telecomunicaciones entre otras muchas, e incluso acabaría reflejándose en nuestra vida diaria con la popularización de electrodomésticos como el horno de microondas. El protocolo de internet en el que hoy se basan nuestras comunicaciones y el comercio mundial nació en el Centro Europeo de Investigaciones Nucleares (CERN) como una herramienta para la comunicación entre sus investigadores. Como siempre, la empresa de la ciencia avanza gracias a las aportaciones de una gran cantidad de personas, cada una contribuyendo con sus conocimientos y experiencias al objetivo común del progreso de la humanidad en su conjunto.

Una última consideración que nos parece muy relevante en estos momentos: la ciencia de calidad no se improvisa, y las soluciones a las crisis de todo tipo que una y otra vez golpean a la humanidad sólo

las puede aportar un sistema investigador consolidado, equipado y en pleno funcionamiento. Como hemos expuesto en lo anterior, los avances llevan tiempo y requieren de las contribuciones de muchos actores, cada uno con sus conocimientos y su especialización. Los ejemplos son múltiples. En los años 80 del pasado siglo, las observaciones de la atmósfera terrestre detectaron una reducción en la densidad de la capa de ozono que nos protege de las radiaciones ultravioleta, y que podría dar lugar a incrementos significativos en el riesgo de cáncer entre otras afecciones. Rápidamente, y con aportaciones provenientes de diversas áreas (química, física de la atmósfera, ingeniería) se pudo determinar que la causa de esta disminución eran las emisiones de unos compuestos químicos halogenados, los clorofluorocarbonos (CFC) empleados en la industria como refrigerantes.

A partir de este diagnóstico fue posible prohibir el uso de ese tipo de materiales, encontrar otros sustitutivos y conseguir una recuperación de la concentración de ozono que se estima que será completa para 2045. Más recientemente, las vacunas contra el virus de la Covid-19, una de las pandemias más devastadoras que ha sufrido la humanidad en tiempos modernos, pudieron obtenerse en un tiempo récord gracias a las investigaciones sobre el ARN mensajero que habían venido realizándose durante casi dos décadas, con otros fines. Y hace poco más de dos años hemos sido testigos de la primera misión espacial dedicada a ensayar métodos para desviar asteroides y evitar posibles impactos catastróficos sobre la Tierra. Ninguno de estos remarcables logros habría sido posible sin contar con un sistema científico potente y diversificado, producto de muchos años de trabajo e inversión continuada. El coste de desmantelar centros y cerrar líneas de investigación lo paga toda la sociedad en su conjunto, y su recuperación lleva décadas.

4. UNA CONCLUSIÓN

Por nuestra parte, consideramos que en estos momentos es obligación de los científicos intensificar los esfuerzos dedicados a divulgar nuestro trabajo, explicar su utilidad y los beneficios que se derivan de él, así como ayudar al grueso de la población a apreciar las diferencias esenciales que existen entre las teorías científicas bien fundamentadas y las creencias injustificadas o los bulos interesados. Debemos llamar la atención sobre los peligros de la desinformación en materia científica, resaltar el papel de la investigación como motor de avance material y tecnológico para la sociedad y seguir contribuyendo al progreso de la humanidad.