DISCURSO DE CONTESTACIÓN

DEL

ILMO. SR. D. BORJA SÁNCHEZ GARCÍA

Consejero de Ciencia, Innovación y Universidad del Principado de Asturias

GOBIERNO DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS
CONSEJERÍA DE CIENCIA, INNOVACIÓN Y UNIVERSIDAD

ÍNDICE

I. Laudatio 69

II. La sociedad y su participación en el diseño de una estrategia científica 71

III. Recepción 97

Sr. Rector Magnífico de la Universidad de Oviedo
Sras. y Sres. Académicos
Señoras y señores

I. Laudatio

Vaya por delante el honor que supone para mí, como Consejero de Ciencia, Innovación y Universidad del Principado, ser el encargado de ofrecer el discurso de contestación en la incorporación del primer académico de número de la Academia Asturiana de la Ciencia e Ingeniería. Y me complace que esta andadura comience de la mano de Mario Díaz, Catedrático de Ingeniería Química de la Universidad de Oviedo y presidente de esta nueva Academia.

A Mario Díaz debemos reconocerle como punto de partida que haya cubierto un hueco casi inexplicable, ya que una comunidad como Asturias debería haber contado con una Academia de Ciencia desde hace décadas, al igual que ha ocurrido en las Comunidades Autónomas de nuestro entorno.

Pero nunca es tarde si la dicha es buena, por ello, permítanme que haga una breve introducción antes de pasar a relatar los méritos de nuestro académico para poner en contexto qué nos ha traído hasta aquí. Lo primero que quiero destacar es que la Academia Asturiana de Ciencia e Ingeniería cubre un vacío, una asignatura pendiente en Asturias, ya que son muchas las comunidades autónomas que cuentan con instituciones equivalentes a la que hoy presentamos desde hace muchas décadas. He tenido la suerte de vivir de cerca su gestación y que ha visto la luz para acoger en su seno a destacados representantes de nuestra ciencia.

Justo cuando comenzábamos los trámites legislativos para crear la agencia de ciencia e innovación asturiana, una representación muy destacada de nuestra comunidad científica, encabezada por el profesor Mario Díaz, daban el paso de impulsar la Academia ante la necesidad de crear una entidad corporativa que integrase a aquellas personas que contribuyen de forma tan decisiva al desarrollo de la ciencia e ingeniería. El aval proporcionado por esa serie de miembros fundadores y destacados en sus propios ámbitos de investigación a nivel internacional, vinieron a refrendar la rápida tramitación de una institución que, impulsándose en abril de 2021, ya cuenta con asignación presupuestaria por parte de la Consejería de Ciencia en 2022. Por ello, he de reconocerle al profesor Díaz la decisión de impulsar este nuevo foro, que será clave para el desarrollo del sistema científico tecnológico del Principado de Asturias. Y es que, con esta Academia, damos un paso importante para fomentar la investigación multidisciplinar, la comunicación y colaboración entre los agentes del Sistema Asturiano de Ciencia e Innovación.

Paso ya a dar respuesta a nuestro candidato a primer académico de la AACI de quien quiero destacar sobre todo una trayectoria que ha sabido cumplir con esas tres misiones que Ortega y Gasset atribuía a la Universidad y, por extensión, al buen

universitario y que se traducen en una docencia de calidad para la formación de los mejores profesionales, la excelencia en la investigación y la transmisión de la cultura, entendida en nuestro tiempo como la transferencia de conocimiento.

A todas ellas ha atendido el profesor Mario Díaz desde los distintos puestos que ha ocupado en su carrera, que inició como estudiante de Ciencias Químicas en la Universidad de Oviedo, donde comenzó a ejercer la docencia en 1979 como profesor adjunto numerario. La vida académica le llevaría a Las Palmas, primero y al País Vasco, unos años más tarde, donde obtuvo la plaza de catedrático y permaneció durante varios años hasta su traslado a la Universidad de Oviedo en 1987.

Más de 45 años de docencia avalan su trayectoria profesional, si bien ha compatibilizado su magisterio en las aulas con distintos cargos de gestión. Fue Director del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad del País Vasco (1982-1987), Director del Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Oviedo (2012-2016) y Vicerrector de Investigación de la Universidad de Oviedo (2000-2004).

En paralelo, sentó las bases de la formación en el campo alimentario en la Universidad de Oviedo, con la puesta en marcha de un Master en Biotecnología Alimentaria, primero como título propio y luego como oficial, además de un Master Propio en Gestión y Desarrollo del Sector Alimentario. Como contribución al sector alimentario, destaca su papel como Director de la Cátedra de Industria y Procesos Agroalimentarios de la Universidad de Oviedo, cargo que desempeña desde 2019.

Si nos adentramos en el laboratorio, veremos que el profesor Mario Díaz ha dirigido durante más de 40 años el grupo de Tecnología de Bioprocesos y Reactores (TBR), con investigaciones en diversas áreas: tratamiento de gases y de aguas residuales, procesos de fermentación, de separación y preparación de materiales biológicos y alimentarios, etc.

Es autor de más de 450 publicaciones en revistas científicas y libros, de ellas más de 300 en revistas SCI (en los últimos 10 años una media de 12-15 publicaciones SCI/ año), y ha dirigido 47 tesis doctorales. Cuenta con siete valoraciones positivas de sexenios de investigación y el primer sexenio de transferencia creado por la ANECA.

Pero si las cifras que rodean su trayectoria académica e investigadora nos dan una idea del perfil de nuestro primer miembro de la Academia Asturiana de la Ciencia e Ingeniería, no es menor su labor en esa "tercera misión" universitaria. Siete patentes sobre proceso de aguas residuales y aprovechamiento de residuos, dos de ellas licenciadas, y dos empresas de base tecnológica (EBT) avalan su esfuerzo en el ámbito de la transferencia de conocimiento y su talante emprendedor.

No quiero tampoco dejar de mencionar algunas distinciones en el ámbito profesional como Presidente de la Sociedad Española de Biotecnología, o de la Red Española de Tratamiento de Aguas, cargo este último que todavía ostenta, o galardones como el Premio Asturias de Medio Ambiente (1995), Premio de Ingeniería Química de la Real Sociedad Española de Química (2013), Premios del Instituto Español del Huevo (2000, 2007, 2015, 2020); o el *Award for Excellence in Engineering Design*, de DuPont. A todo ello hay que añadir la organización y dirección de congresos y la publicación de libros y artículos de divulgación.

II. La sociedad y su participación en el diseño de una estrategia científica

Coincidirán conmigo en que el Profesor Mario Díaz ha tratado de mantener en su trayectoria una fórmula equilibrada entre la docencia, la investigación y su compromiso con acercar la ciencia a la sociedad, un ámbito en el que me gustaría pararme unos minutos para compartir algunas reflexiones con ustedes desde un punto de vista bidireccional, porque tan importante es que la sociedad se acerque a la ciencia, como que la ciencia se acerca a la sociedad. Por ello, considero adecuado centrar mi discurso de contestación sobre un aspecto que emana de uno de sus apartados, y es aquel dedicado a las necesidades sociales y su interrelación con los programas y estrategias científicas.

Es deseable comenzar aclarando qué entiendo por ciencia, puesto que del alcance de su definición derivará el diseño y la implementación de dichos programas. Me gusta manejar un concepto amplio de ciencia, que tomo del libro "Consejos a un joven científico", escrito por el premio Nobel Peter Medawar[1]. La ciencia sería el resultado de todas aquellas actividades de carácter más o menos explorador que tienen como objetivo obtener un mejor, más amplio y más exhaustivo conocimiento del mundo que nos rodea. De esta forma el concepto no solo engloba la investigación, sino a toda otra lista de actuaciones científicas como la transferencia, la divulgación, la difusión, la gestión o la implementación de procesos industriales y aplicados que tienen a la ciencia como base.

Vemos, por tanto, recapitulando el discurso del Prof. Díaz, que la ciencia y la investigación están muy relacionadas, como no podía ser de otra manera, pero estas a su vez lo están con otras muchas actividades. Así, la docencia está íntimamente relacionada con el seguimiento de los avances científico tecnológicos fruto de la actividad investigadora, la investigación los está con los campos aplicados a los desarrollos industriales, notablemente en este tiempo de transición hacia modelos productivos más sostenibles y digitales, y por supuesto, ambas están relacionadas con la divulgación y la difusión de los avances hacia la sociedad.

Estas redes de interrelación son determinantes a la hora de que las diferentes estrategias científicas calen y consigan atender tanto las necesidades sociales como asegurar el avance del conocimiento, por lo que, a continuación, reflexionaré sobre algunas de las cuestiones clave que atañen a los diferentes elementos que constituyen esta red, presentando en el primer apartado una perspectiva histórica, para continuar con los dos siguientes capítulos donde se discutirá la utilidad de la ciencia, y sus dos caras: la ciencia básica y la aplicada. Por último, daré alguna de las claves, desde la perspectiva asturiana, del cambio de paradigma que está suponiendo la participación, cada vez más activa, de la sociedad en el diseño de la programación y de los proyectos científicos.

[1] Medawar, P. (1989). Consejos a un joven científico.

II.1 Perspectiva histórica de la ciencia en España.

Todo trabajo de reflexión, requiere un cierto conocimiento previo de qué acontecimientos y proceso nos han traído hasta aquí, al ser estos determinantes para comprender la configuración actual de nuestro ecosistema de ciencia e innovación. Es también imprescindible tener este bagaje histórico para poder transmitir y orientar nuestras propuestas con un criterio, cualesquiera que sea el punto en el que operemos dentro del sistema de ciencia y tecnología.

No es mi intención retrotraerme a los inicios históricos de la ciencia en general y de la ciencia española en particular, pero sí que es cierto que Asturias, por su tradición y cultura, tiene asociada una serie de personajes mitológicos y creencias que poco tienen que ver con nada científico. Durante siglos, historias, leyendas y confabulaciones fueron creciendo en torno a esos personajes: el trasgu, la xana, el cuélebre… cuya intención no era otra que entender el mundo que les rodeaba, cosa difícil a la luz del notable avance científico de los últimos 200 años. No es que sea esta una característica única al Principado, pero sí que nos hace pensar en ese tránsito que las sociedades pasadas hicieron desde las supersticiones, los mitos, a otra iluminada por el espíritu ilustrado, donde triunfa la ciencia, la lógica y la razón.

Como digo no es mi intención extenderme en este tema, en cambio considero justo, a la vista de los numerosos trabajos realizados por intelectuales como el Profesor Emilio Muñoz[2], comenzar este trayecto histórico con un hito muy relevante: el momento en el que los gobiernos de las sociedades industrializadas son conscientes de la necesidad del desarrollo de una política científica; posteriormente abundaré más en el caso concreto de España.

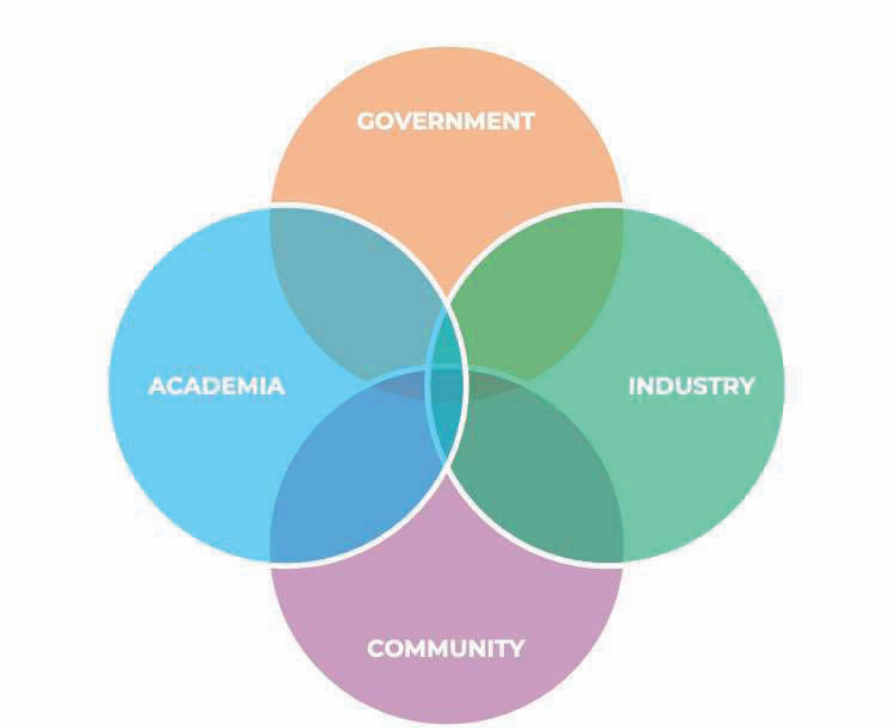
El concepto de política pública de ciencia, se refiere a los esfuerzos intencionados, preconcebidos y diseñados por los gobiernos, con los que pretenden influir en la dirección y en el ritmo de desarrollo del conocimiento científico-tecnológico, mediante una serie de acciones que movilizan recursos financieros e instrumentos administrativos[3]. Esto moviliza, a su vez, a la denominada como cuádruple hélice[4], concepto que viene a atender esa demanda social asociada a los cambios culturales, creativos y a los valores que se representan y encarnan en la sociedad civil organizada. De esta forma, la cuádruple hélice comprende la interacción entre cuatro partes, las cuatro palas de la hélice, que a su vez hace de concentrador de cuatro perspectivas, la de la universidad, la de las empresas, la del gobierno y la de la sociedad. El diseño de las estrategias de especialización inteligente, una condición necesaria que la Comisión Europea impone a las regiones a la hora de acceder a los fondos de cohesión, fondos que son clave para el impulso de los programas de

[2] Emilio Muñoz Ruiz (2018) Las disfunciones en la política científica de la ciencia y el desarrollo tecnológico a la I+D+I. Sistema: revista de ciencias sociales, Nº 249-250, pp. 21-44.

[3] Shils, E. (1968): Criteria for Scientific Development: Public Policy and National Goals, Cambridge (Mas.)-London: MIT Press.

[4] https://eu-macs.eu/outputs/livinglabs/panelmanagement/

innovación regional, fomenta la participación de la cuádruple hélice, tal y como ha sido implementado en Asturias[5].



Modelo de Innovación de cuádruple hélice implicado en el desarrollo de redes colaborativas con la participación activa de la sociedad, que genera nuevas áreas de oportunidad con el resto de agentes implicados. Fuente: Proyecto GRRIP (https://grrip.eu/).

Existen dos tesis acerca de qué desencadena el nacimiento del concepto moderno de política científica. La primera, apoyada por el mayor número de autores, defiende que fue dentro del ámbito europeo, a principios del s. XX, muy en línea con el proceso bélico que a principios de siglo azotaba el mundo, me refiero a la Primera Guerra Mundial. Antes de entrar en harina, permítanme la oportunidad de citar un ejemplo histórico de retraso tecnológico que, ya a finales del s. XIX, suponía diferencias entre naciones. Me refiero a la derrota que sufrió España en la Guerra de Cuba, en 1898, donde una obsoleta, decrépita y anticuada flota española cayó en Santiago de Cuba ante una armada estadounidense muchísimo más moderna. De hecho, no llegó a haber ni batalla, ya que los navíos españoles fueron hundidos a distancia mientras trataban de salir del puerto[6]. Volviendo a la Primera Guerra Mundial ¿Dónde estaba España científicamente en aquellos momentos? Pues estábamos en una línea muy avanzada, en una posición vanguardista, con la presencia de la Junta de Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE), a cuyo frente se situaba la excelsa

[5] https://s3platform.jrc.ec.europa.eu/en/w/s3-design-learning-workshop
[6] https://www.despertaferro-ediciones.com/2017/batalla-naval-de-santiago-de-cuba/

figura de Santiago Ramón y Cajal, quien con tanto ahínco reclamó el reconocimiento del término "política científica" y reclamó para ella su aplicación y su desarrollo.

Permítanme detenerme durante unas líneas sobre la figura de Ramón y Cajal. Soy uno de los pocos afortunados de haber podido recuperar, impreso en papel, el libro escrito por Enriqueta Levy, la que fuera secretaria y colaboradora del gran científico, la que conocía como nadie su día a día y que de forma tan grácil recogió en dicho libro. [7] En un primer término y de la lectura de los primeros capítulos, cabe resaltar la gran figura del Nobel, su pensamiento multifacético, su personalidad con diferentes aristas, pero sobre todo su obra. Cabe destacar que Don Santiago rechazó varias veces ser Ministro de Instrucción Pública, lo que hoy sería equivalente a ser Ministro de Educación, pero no rechaza presidir la Junta de Ampliación de Estudios. Se trata por tanto de una persona que ha sido clave en la actual configuración de la ciencia española, quizás ha sido la más influyente y significativa, pero sobre todo ha sido la más completa. España fue el lugar donde se desarrolló su genio y de él, otro Nobel como Severo Ochoa escribiría años más tarde que: *«Aquí salió una estrella solitaria, como Ramón y Cajal, pero eso fue un milagro»*[8].

Destrucción de la flota del almirante Cervera en la batalla naval de Santiago de Cuba, 3 de julio de 1898, cromolitografía por Xanthus Russell Smith (1839-1929) publicada por J. Hoover & Sons. Consultada en la web de Ediciones DespertaFerro

[7] Santiago Ramón y Cajal (1987) Enriqueta Lewy. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
[8] Gómez Santos, Marino. Severo Ochoa no era de este mundo. Editado por renacimiento editorial.

Es interesante seguir recuperando muchos de los valores y principios que alumbran la gran obra del sabio navarro-aragonés, así como su trayectoria vital, ya que no solo sus trabajos en la neurohistología, sino su vertiente humanista y su implicación social, hacen de él –y por extensión de las personas herederas de la Escuela Neurológica Española- un ejemplo para todos aquellos que nos dedicamos a la ciencia, en alguna de sus diferentes facetas. A mayores de sus descubrimientos y de su rechazo a ser Ministro de Educación, es muy probable que muchas personas no sepan que su formación la realizó íntegramente en España, es decir, su vanguardista investigación es, por así decirlo, un producto 100% español. Es también poco probable que la gente sepa que tres de sus discípulos también estuvieron a punto de alcanzar el premio Nobel, me refiero a Fernando de Castro, a Pio del Río Hortega y a Rafael Lorente de Nó. Y por supuesto es mucho menos probable que sepan que este último fue el precursor del exilio científico, fenómeno que desgraciadamente explotaría en España durante la guerra civil y que nos sumiría, como país, en un retraso en cuanto a la evolución científico tecnológica se refiere. Otros, como Fernando de Castro, permanecieron en España con el fin de garantizar la continuidad del trabajo y obra de Ramón y Cajal[9].

Autorretrato tomado por Santiago Ramón y Cajal en su laboratorio de Valencia (España) cuando tenía poco más de treinta años, c. 1885-1887. Fuente: Legado Cajal. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

[9] Reconocimiento a cinco siglos de medicina española. José A. Gutiérrez Fuentes (Coord.), Fundación Ramón Areces.

Dice Enriqueta Levy en el libro citado anteriormente, refiriéndose a otros escritos de Ramón y Cajal, que este confesaba a Unamuno como *«España debe desarrollar su genio propio, su personalidad original en arte, filosofía, literatura, hasta en el modo de consolidar la vida… hay escuelas filosóficas, literarias, artísticas, pero solo hay una ciencia, la cultivada desde Galileo a Pasteur y Claude Bernard. Todo nos urge, pero sobre todo la ciencia que es de lo que vamos peor»* (página 176). Posteriormente, en la página 203 recoge que, en opinión del sabio –es decir de Ramón y Cajal- *«la dependencia de otras naciones y la pérdida de la soberanía la sufren aquellos países que no cuentan con economía y ciencia propia»*. Y termino esta alusión a la figura de Don Santiago con una cita de otra de sus grandes obras, "Los Tónicos de la voluntad" donde afirma aquello de que *«tengo a gala renovarme»* y lo otro de que *«el culto a la consecuencia* […] *en ciencia resulta casi siempre señal inequívoca de orgullo o cortedad de luces. La variabilidad es uno de los rasgos que mejor traducen la honradez del investigador»*[10]. Son dos claras alusiones a la visión a largo plazo y a la cultura innovadora cuyo fomento impregna como nunca antes nuestros días y nuestras actuaciones.

Siguiendo con mi recorrido por la historia de la ciencia, existe una segunda opción para el surgimiento del concepto de política científica, y que defiende que esta arranca en los Estados Unidos a través del lanzamiento del programa *Science: The Endless Frontier*, que fue puesta en marcha bajo el mandato de los presidentes Roosevelt y Truman e implementada por el asesor Vannevar Bush. Este programa es, aún hoy, un excelente documento para iniciarse en algunas de las cuestiones más críticas a la hora de pensar en una estrategia política, se esté en el ámbito científico que se esté[11].

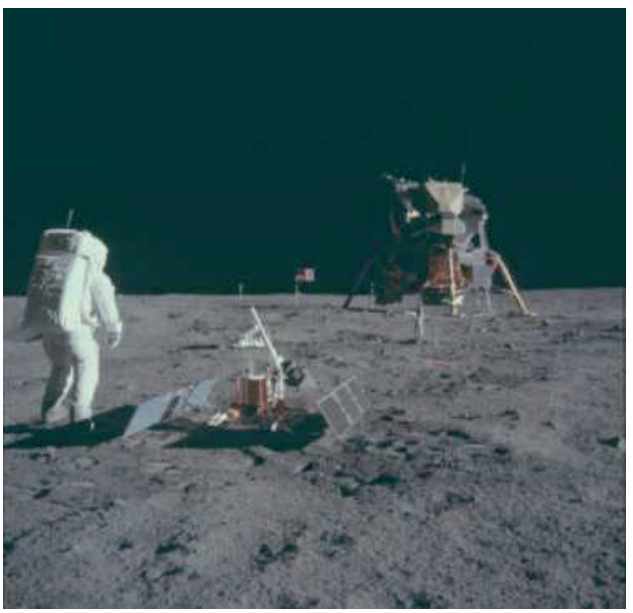
Esta tesis orbita entorno al ambiente de victoria que se respiraba en los Estados Unidos tras la II Guerra Mundial, y en los que gran parte del reconocimiento de tal victoria se atribuía a la ciencia y a la tecnología. Es interesante recoger que este reconocimiento siguió impregnando el discurso de los presidentes posteriores, y exceptuando a JFK y su misión científica con la que consiguió llegar a la luna, Barak Obama afirmaba que *«La ciencia y la tecnología han conseguido que Estados Unidos sea el mejor país sobre la Tierra»*[12]. Desgraciadamente esto pasó a través de unos desarrollos que perseguían poner ciencia y tecnología al servicio de la destrucción masiva y de la muerte, como fue el caso de la bomba atómica, aunque hay otros casos, como el sonar y el radar, desarrollados ambos por los británicos, que proporcionó una ventaja competitiva frente al ejército alemán y permitió salvar muchísimas vidas a través de la detección y anticipación al enemigo.

En realidad, soy más partidario de la primera de las tesis, ya que este segundo relato alternativo, que pospone casi 40 años la idea de un desarrollo científico tecnológico organizado y orientado, parece obedecer más bien a la intención de los vencedores

[10] Santiago Ramón y Cajal, Los tónicos de la voluntad: reglas y consejos sobre investigación científica. Editorial Gadir.
[11] https://www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm
[12] https://www.youtube.com/watch?v=k5-MgZD5IMc

a la hora de contar con un mejor modelo de desarrollo científico tecnológico, tal y como defienden los autores Robert Merton y Norman Storer[13].

Nótese que, además y en el caso de esta segunda tesis, nos encontramos con una situación en nuestro país dramáticamente diferente a la anterior. En la primera, contábamos con la Junta de Ampliación de Estudios (JAE) y un ecosistema científico floreciente. En la segunda, nos aparece una España devastada por una guerra civil, ya no se cuenta con la Junta de Ampliación de Estudios, totalmente desmantelada, la comunidad científica, docente, cultural, política, la sociedad en general sufre un importante exilio. En esos momentos se asiste al nacimiento del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, que si bien lo hace con la gran carga ideológica imperante en la época, responde a modelos europeos gracias al empuje –para bien o para mal– de José María Albareda. El que hoy es el organismo de investigación pública más importante de España, el tercero a nivel europeo, ha discurrido a través de un camino no sin sobresaltos incluidas amenazas de cierre. Para empezar con su creación, si bien el CSIC toma el relevo de la JAE tanto a nivel organizativo como de infraestructuras, las imposiciones ideológicas lo hacen depender del por aquel entonces Ministerio de Educación Nacional, y cuyo titular, el ministro Ibáñez Martín, era su Presidente a efectos de representación de la institución. Quedaba Albareda como Secretario General y por tanto como la máxima autoridad ejecutiva.



Un momento de los experimentos realizados durante el Programa Apolo en la superficie lunar. Este programa supuso un impulso definitivo a la ciencia e innovación estadounidenses, de la mano de las agencias gubernamentales y de ambiciosos programas. Imagen libre de derechos de autor.

[13] Robert K. Merton, Norman W. Storer (1977) La sociología de la ciencia investigaciones teóricas y empíricas. Editorial Alianza.

Con estos mimbres se afrontaba la tarea de volver a desarrollar una suerte de política científica en España. Insisto que, para bien o para mal, hay que reconocerle a este científico y sacerdote su lucha frente a las reacciones adversas provenientes de otros departamentos ministeriales, como los de agricultura e industria, así como el diseño del primer intento por conseguir un modelo de carrera investigadora, una actividad sin duda arriesgada en aquellos tiempos[14].

Fueron intentos, no obstante, que no rindieron los frutos esperados y en el año 1959 se crea la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica (CAICYT), de tal forma que su mandato consistió en suplir –y asumir– aquellas cuestiones que el CSIC no pudo –o no se le dejó– desplegar en lo que a términos de estrategia científica se refería. Una diferencia muy relevante de la CAICYT con respecto al CSIC, es que la primera dependía directa y jerárquicamente de la Presidencia de Gobierno aunque, cosa curiosa, sus dependencias se localizaron en la misma sede central del CSIC.

Al frente de CAICYT se ubicó Manuel Lora-Tamayo, a la postre ministro en 1962, primero de Educación Nacional y después de Educación y Ciencia a partir del cambio de denominación ministerial producido en 1966 y por iniciativa del propio Lora-Tamayo. Siendo ya ministro, consigue que las escalas del CSIC fueran reconocidas dentro del sector público estatal, y este es un paso clave hacia la integración del consejo en la administración pública española. Un camino no exento de dificultades, pugnas, desacuerdos y, por qué no, contradicciones.

Portada del Seminario "Ciencia en transición. De la CAICYT a la Ley de la Ciencia", coordinado por Santiago M. López y Lorenzo Delgado, del IH y del CCHS del CSIC, respectivamente, donde se analiza el tránsito desde la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica en 1959, hasta la aprobación de la Ley 13/1986, de 14 de abril, de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica.

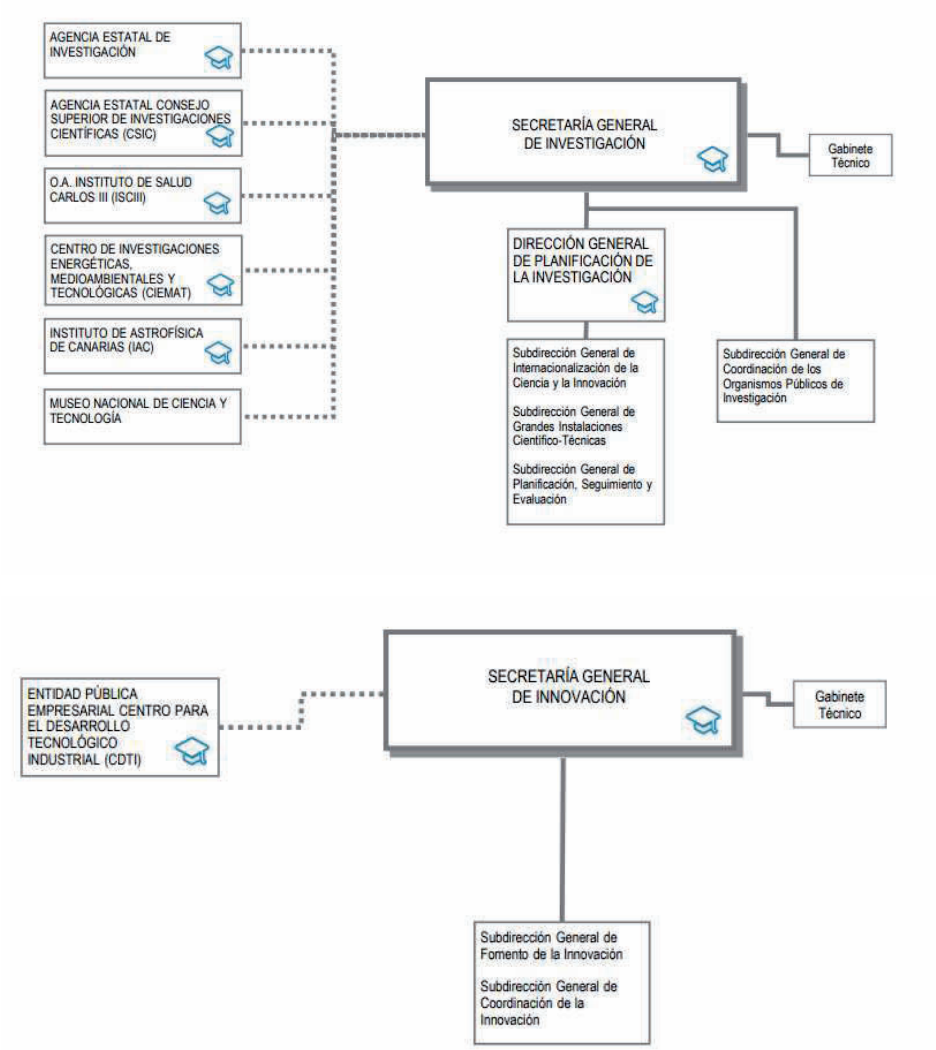
[14] Pérez-López, P. "San Josemaría y José María Albareda (1935-1939)" Studia et Documenta, 6 (2012) pp. 13-66.

Avanzamos rápido y nos situamos en los últimos coletazos y bocanadas de la dictadura, caracterizado desde el punto de vista científico por la llegada de un conjunto de tecnócratas con una misión clara: transformar un sistema económico español, lastrado y aquejado de importantes trabas competitivas tras tantos años de autarquía. Con los tecnócratas aparecen los Planes de Desarrollo, una estrategia, la de dichos planes, que se desmorona con la fuerte crisis económica y social que se establece en el país tras la muerte del dictador. Fue la transición un período de cambios, de avances, si bien a partir de entonces la ciencia española ha experimentado diferentes sacudidas y un camino parecido al tránsito por picos y valles, situaciones que han resultado a veces positivas pero otras veces muy negativas. Los primeros años de la democracia comprenden una época de avances con la creación del Plan Nacional de Investigación o de la ley de Ciencia de 1986, pero es también una época donde la gestión científica se ve todavía domeñada y perimetrada por un ambiente administrativo complicado, propio de una Administración Pública que, en la época, poco conocía acerca de las peculiaridades de gestionar investigación, desarrollo e innovación.

A partir de aquí, los picos y valles que sufre la ciencia aparecen como un recorrido de evoluciones (éxitos) y contra-evoluciones (errores). Durante los años 80 los éxitos se resumen en una estrategia clara de partida, con una conformación y selección muy cuidada de los equipos y una selección de los liderazgos a los diferentes niveles que permitían cierta capacidad de interrelación entre los diferentes departamentos ministeriales. Un hecho recurrente es que, durante las sucesivas crisis económicas y energéticas, se constatarán recortes en investigación y desarrollo tecnológico, con la feliz excepción que estamos viviendo actualmente tras la crisis de la COVID19 de la mano del Ministerio de Ciencia e Innovación. Mientras se sucedían los cambios de gobierno popular se produjo, de forma generalizada y con muy honrosas excepciones, una falta de cultura científica en los equipos de gobierno, aunque se crean instituciones innovadoras como la OCYT (Oficina de Ciencia y Tecnología de la Presidencia) o del Ministerio de Ciencia y Tecnología. De todas formas, la falta del sustrato necesario a partir del conocimiento de los diferentes sectores, y la falta de liderazgo no consolidaron su efecto positivo para con la ciencia española.

Tendremos que esperar hasta el segundo milenio para, siguiendo los movimientos de reforma que se establecen en la Administración Pública de la mano de Jordi Sevilla, comience a preconizarse el sistema de agencias estatales, tan importante para comprender el sistema de gestión científica que tenemos hoy en día ya no con no una, sino con cuatro agencias ministeriales financiando programas de I+D+i: CSIC, AEI, CDTI y el Instituto de Salud Carlos III. Si bien la creación de dichas agencias permitió comenzar a caminar hacia modelos administrativos de gestión ágiles recordemos, sin embargo, que estas agencias estuvieron a punto de desaparecer de la mano de la ley 40/2015, una ley que ya en su exposición de motivos habla de la limitada eficacia de este modelo de ente público, de su escaso desarrollo posterior, y de la imposibilidad de haber conseguido una autonomía financiera. Esa ley nace en un período donde España se encuentra inmersa en una época de control de gasto, donde el propio CSIC estuvo a punto de entrar en quiebra técnica en 2012, y donde

lo que quería imponerse era un sistema de fiscalización previa que, a la postre, ha terminado desapareciendo en el resto de organismos públicos de investigación[15]. Tras estos años de impulso a partir del año 2000, la ciencia es de nuevo la gran perjudicada tras la crisis de 2008 y no es tras la recuperación del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades en 2018, cuando la ciencia española entra de nuevo en una dinámica de apoyo y crecimiento por parte de las más altas instancias gubernamentales.



Organigramas de las dos Secretarías Generales de Investigación y de Innovación, según consta en el Portal de la Transparencia de la Administración General del Estado. https://transparencia.gob.es/

[15] https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2015-10566

Como sinopsis, decir que España ha tenido, en los últimos 120 años, cuatro periodos de particular importancia en la apuesta estratégica de unas políticas por y para la ciencia. La primera coincidente con el final del s. XIX y primer tercio del s. XX, el más largo y al que los historiadores de la ciencia españoles han definido como "la edad de plata de la ciencia española"; el segundo, la época tecnocrática durante el franquismo con los Planes de Desarrollo y que se extiende a lo largo de una década hasta la muerte de Franco. Por último, la primera parte de la transición que se extiende desde 1977 hasta la crisis del principio de la los noventa, con la creación del Ministerio de Universidades e Investigación en 1980 la subsiguiente apuesta de los primeros gobiernos democráticos por la modernización de nuestro país. A partir de ese momento los periodos de apoyo a la ciencia y la investigación han sido más personalistas que estratégicos y más cortos y sincopados, y muchos de sus desarrollos no tuvieron continuidad por notables carencias en la estrategia de puesta en marcha y seguimiento. Tras la recuperación del Ministerio de Ciencia e Innovación, y con el catalizador de la crisis social y económica de la pandemia, se vislumbra un quinto periodo que probablemente sea, el que definitivamente, nos coloque en sintonía con Europa.

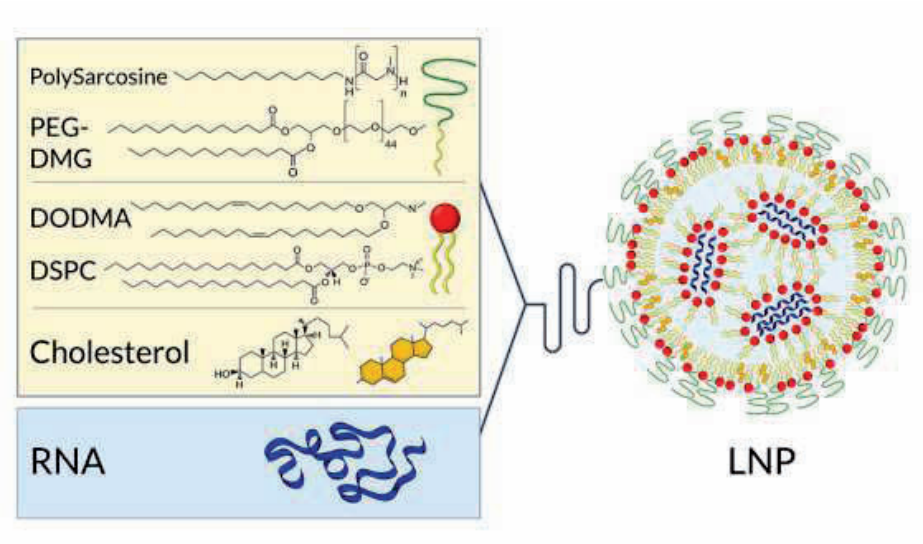
Como finalización de este apartado, me gustaría citar un trabajo que lleva por título: "La investigación: una prioridad a prueba", que fue editado por el Círculo Cívico de Opinión en diciembre de 2012. En dicho trabajo se argumenta que, si en España se hubiera invertido en ciencia lo mismo que nuestros vecinos de la OCDE desde 1970, en el año 2005 habríamos sido un 20% más ricos "por cabeza".

II.2. ¿Para qué sirve la ciencia?

La pandemia causada por la COVID19 ha venido a inducir un cambio cualitativo en la percepción que la sociedad española tiene sobre la importancia de la ciencia. La ciudadanía ha visto cómo en cuestión de meses se ha transferido el trabajo de miles de científicos, hablamos de trabajos de más de 30 años, en forma de vacunas de ARN mensajero. Posteriormente, y según fue avanzando la vacunación, la ciudadanía ha sido testigo de cómo las muertes primero y los casos graves después sufrieron un acusado descenso. La ciencia evitó por tanto lo que parecía inevitable: que los sistemas sanitarios colapsasen. Pero la relación entre ciencia y sociedad no ha sido siempre fácil –y previsiblemente no lo será–. Recuerdo documentos, como el primer informe sobre ciencia y tecnología de la Fundación Alternativas[16], que referían datos tan preeminentes como que solo el 20% de la población española se interesaba por noticias científico-tecnológicas, mientras que la media para el conjunto de países de la Unión Europea era del doble. Según la última encuesta prepandemia de Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología en España, publicada por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, el 14% de los españoles declaraba estar interesado en la ciencia y tecnología, frente a un 25% que no lo

[16] https://www.fundacionalternativas.org/las-publicaciones/informes/informe-sobre-la-ciencia-y-la-tecnologia-en-espana

estaba[17]. Ese bajo interés por la ciencia respondía sin duda al recorrido histórico que de forma breve esbozaba en el apartado anterior, que ofrecía resultados curiosos como que la profesión de científico era de las más valoradas.



Componentes necesarios para la creación de nanopartículas lipídicas (LNP), base de las vacunas basadas en RNA mensajero. Polyethyleneglycol-Dimyristoyl glycerol (PEG-DMG), 1,2-Dioleyloxy-3-dimethylaminopropane (DODMA), 1,2-distearoyl-sn-glycero-3-phosphocholine (DSPC). Creador: Cristina Sala/BioNTech. Copyright: CC-BY-NC-ND 4.0

Son innumerables los trabajos que enumeran los beneficios que reporta la ciencia a las sociedades que apuestan por ecosistemas de conocimiento. La ciencia, el conocimiento científico tecnológico, son nuestra única garantía de futuro y adaptación ante ambientes cada vez más variables, inciertos, complejos y ambiguos. Protegen cuestiones tan básicas como la salud, la alimentación, la energía, nuestra seguridad y la calidad de vida de la que disfrutamos.

En un ambiente y ante futuros volátiles, la ciencia se desempeña actualmente de una forma cada vez más multi- y transdisciplinar, colaborativa e internacional. Los avances científicos se producen en cualquier lugar del mundo y son aprovechados en cualquier otro lugar a través de su publicación en abierto. El funcionamiento de la ciencia actual viene a ser más bien como el caudal de un río, donde los conocimientos se empujan unos a otros y hacen avanzar el estado del arte, es decir, hacen fluir al río.

La ciencia muchas veces resulta en aplicaciones inesperada; de la misma manera que no podemos prever qué parte del caudal de un río va a ser aprovechada, por ejemplo, para consumo humano, y qué parte va a acabar en el mar. Aquí tenemos innumerables ejemplos, como es el caso del teorema sobre los números primos

[17] https://www.fecyt.es/es/noticia/encuestas-de-percepcion-social-de-la-ciencia-y-la-tecnologia-en-espana

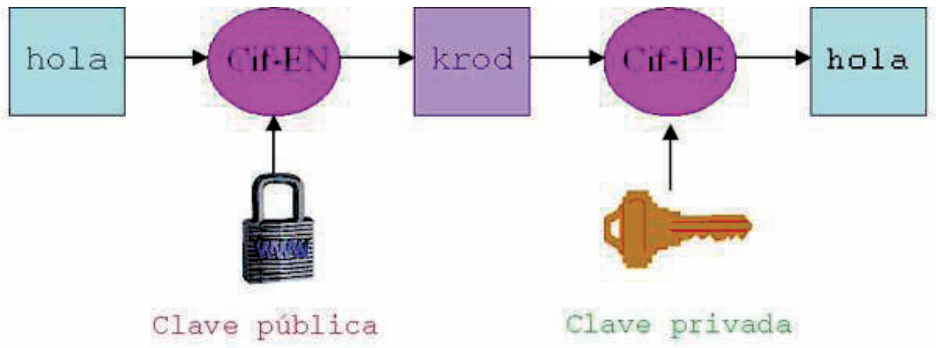
desarrollado por el matemático francés Pierre de Fermat allá por el s. XVII y que, si bien tenía como objetivo comprender mejor este subconjunto propio de los números naturales, fue transformado en el conocido como test de Miller-Rabin, en 1974, por parte de los matemáticos Gary Miller (Canadá) y Michael Rabin (Israel). Este test fue a su vez la base del sistema criptográfico RSA (siglas correspondientes a Rivest, Shamir y Adleman). Dicho sistema, basado en claves consistentes en grandes números primos, es el que nos permite cifrar nuestras comunicaciones o proteger nuestras transacciones bancarias en la actualidad. Nadie pudo haber previsto estas aplicaciones en el s. XVII.

Otro ejemplo de aplicación no buscada es un artículo del matemático británico Alan Turing, quién estableció en 1936 que no toda proposición lógica es susceptible de ser probada o refutada mediante un procedimiento mecánico, y que tuvo como efecto colateral el establecimiento de las bases a partir de las que, gracias a los algoritmos y a las máquinas programables, surgirían posteriormente los ordenadores personales.

Durante los últimos 20 años se han venido realizando esfuerzos cada vez mayores con los que la comunidad científica ha tratado de ir acercando la ciencia a la sociedad, y donde se ha puesto de relieve el gran y positivo impacto de invertir de forma estable, ambiciosa y ordenada en ciencia. Estos esfuerzos han ayudado a muchas personas a entender mejor la importancia de la ciencia, y también está estimulando el interés de los más jóvenes por la misma, despertando y manteniendo vocaciones a lo largo de las diferentes etapas educativas. Estamos comprobando que, como región, como país y, en definitiva, como sociedad, una mayor cultura científica es clave para adaptarnos a las diferentes crisis y condiciones cambiantes de nuestro entorno.

El conocimiento en general y el conocimiento científico tecnológico en particular son factores decisivos para nuestro desarrollo económico y social. Todas las palas que conformamos esa cuádruple hélice tenemos el deber de participar como agentes activos en el desarrollo de las estrategias científicas y fomentando la cultura científica, cada uno desde su nivel. Así lo exponía, de forma magistral, el genetista Ginés Morata en una de sus conferencias, donde afirmaba que *«La cultura del siglo XXI que acaba de comenzar va a ser una cultura científico-técnica, ya lo ha sido en gran parte la del siglo XX. Si aspiramos a formar parte del grupo de los países avanzados, la sociedad en general y nuestros políticos en particular, deben concienciarse de la gran importancia de este hecho y consecuentemente promocionar el desarrollo científico-tecnológico.»*[18]

[18] Tomado del discurso para el nombramiento como doctor Honoris Causa por la Universidad Pública de Navarra de Pedro Miguel Echenique en 2008.



Sistema de encriptación asimétrica donde un mensaje, en este caso "hola", es encriptado a través de una clave pública. Este mensaje solo podrá ser desencriptado por un usuario que tenga en su poder una clave privada complementaria a la clave pública. El algoritmo RSA es uno de los más utilizados para utilizar este tipo de esquemas. Fuente: Departamento de Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial de la Universidad de Alicante.

Ciencia, tecnología e innovación han sido, son y serán decisivas para el desarrollo económico y social de la humanidad. El avance en el conocimiento científico y su transferencia, divulgación y difusión hacia la sociedad y hacia el tejido productivo, van a ser cruciales a la hora de resolver rápidamente procesos complejos, ya sean económicos, sociales o éticos, y también de superar crisis. En esta ecuación, la sociedad debe participar activamente en la definición de sus fines y retos, contribuyendo a que aquella frase de Einstein que afirmaba como la "perfección en los medios y confusión en los fines caracterizan nuestra época" no sea nunca más una realidad. Los grandes problemas y crisis a los que se enfrenta y enfrentará la humanidad –imaginemos un cambio climático que afectase a los equilibrios en los entornos naturales impactando sobre agua, salud, alimentación y energía– no encontrarán solución sin una aproximación donde exista un componente científico. Se le atribuye a Churchill la siguiente frase *«Scientists should be on tap, but not on top»*, que podría ser traducida como que tenemos que tener a la comunidad científica a mano, pero no dejarla estar en puestos de decisión. Ni negro ni blanco, la ciencia –y las personas que la hacen posible– son indispensables para contribuir no solo a resolver problemas y a retos de gran complejidad técnica, sino a una sociedad más inclusiva y justa, a luchar contra lacras como la intolerancia, la violencia o el fundamentalismo, a reducir las brechas y las desigualdades y a anticipar consecuencias indeseables y perniciosas del cada vez más rápido cambio tecnológico. El conocimiento científico tecnológico es una herramienta muy poderosa, es la única garantía de progreso para una sociedad que no debe dejar a nadie atrás.

Tras la crisis socioeconómica provocada por la COVID19, podemos afirmar que, de forma general, la sociedad comparte con la comunidad científico-tecnológica la importancia de invertir tanto en I+D como en innovación. Si bien es sencillo explicar la importancia de investigar en aquellos mecanismos que se piensa van a proporcionar una cura a una enfermedad, o en la creación de nuevos modelos de negocio, esto se torna más difícil en el caso de explicar aquella investigación básica

que no está orientada hacia un uso o aplicación concreta. Es paradójico que este tipo de investigación puede igualmente resultar en cambios y aplicaciones disruptivas, como ha sido el tan reciente caso de la tecnología CRISPR o de la tecnología de ARN mensajero. Si hoy se le preguntase a cualquier persona de la calle si considera importante o no que existan grupos de investigación sobre los coronavirus, y por azar no escogemos a un negacionista, la respuesta será totalmente distinta a la que esa misma persona hubiera emitido hace 4 años, antes de la irrupción del virus en nuestras vidas.

Está firmemente establecido que existe una correlación positiva entre la ciencia y la riqueza de las sociedades[19], pero bien es sabido que la correlación no implica causalidad, y de hecho no es difícil llegar a cuestionarse si una sociedad es más rica porque invierte más en investigación y desarrollo o, viceversa, si invierte más porque se lo puede permitir. La economía viene estudiando los factores de producción desde tiempos de Adam Smith[20]. El nexo entre inversión en investigación y crecimiento macroeconómico es a veces muy sutil, pero ha sido establecido repetidamente a lo largo del tiempo a partir de fuentes muy diversas. Una forma relativamente sencilla es fijarse en la evolución del PIB per cápita, que generalmente ha crecido en todas las sociedades industrializadas a lo largo del s. XX. De entre los diferentes factores de producción, podemos distinguir entre aquellos denominados "clásicos", como el trabajo y el capital, pero que por sí solos explican el 50% de esa evolución de la riqueza en términos de PIB per cápita[21]. La introducción de otros factores de producción "alternativos" –entiéndase que la denominación de alternativos solo pretende diferenciarlos de los anteriores–, como la ciencia, la tecnología o la innovación, sí que permiten explicar esos porcentajes no explicados. Si bien ante esta explicación, resultaría tentador pensar en beneficiarse de la inversión en I+D de otros países para aprovecharnos nosotros de ella, ya que el conocimiento científico tecnológico es público, internacional y por lo tanto colectivo, no es aconsejable caer en esta suerte de vuelta al "que inventen ellos", puesto que los mayores esfuerzos en I+D suelen ir asociados a estrategias para proteger la propiedad intelectual e industrial de los ulteriores desarrollos, así como a un anclaje territorial de los ecosistemas universitarios, tecnológicos y de conocimiento, que a su vez condicionan la eficacia y eficiencia de las redes donde se plasma esa transferencia de conocimiento[22]. Por eso el establecimiento de instituciones científicas vanguardistas, estables, la presencia de políticas sostenibles y sostenidas en el tiempo, la visión a largo plazo y el fomento de la cultura científica en todos los estamentos de la sociedad son indispensables para que la ciencia responda a nuestras necesidades sin descuidar el esencial avance en el conocimiento.

---

[19] https://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?end=2018&locations=IL-KR-CH-SE-JP-AT-DE-DK-US-BE-ES&most_recent_value_desc=true&start=1996&type=shaded&view=chart

[20] Smith, Adam. La riqueza de las naciones.

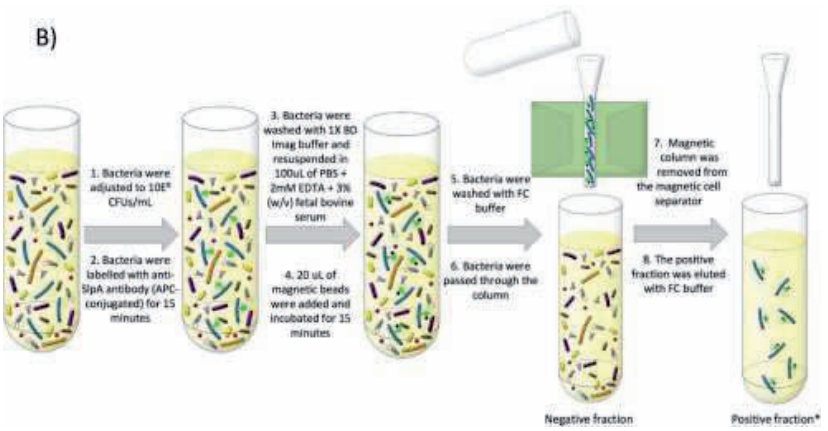
[21] W.H. Press, Science 342, 817. 2013.

[22] G. Hardin, Science 162, 1243. 1968.

II.3. Ciencia básica versus ciencia aplicada

He querido dedicarme a la investigación y a la música desde que descubrí los libros de ciencia ficción de Julio Verne, de HG Wells, y la misión Apolo, y desde que comencé a tocar la flauta dulce en el colegio y posteriormente descubrí la armonía y el contrapunto con el estudio de las obras de JS Bach. El sistema que imperaba en la Asturias de 1998 hizo imposible poder seguir con la música de forma oficial, y me hizo decantarme por la carrera científica.

Creo que este bagaje me habilita para afirmar que solo el investigador entiende la inmensa satisfacción personal que ocurre cuando se encuentra explicación a un fenómeno desconocido y que, por insignificante que nos parezca, representa un pequeño avance para el progreso y la mejora de la humanidad, una pequeña molécula más de agua en el caudal del río. Durante muchos años, estudié el mecanismo de acción de aquellos microorganismos que componen la microbiota intestinal sobre el sistema inmunitario, y me centré en las proteínas de su superficie y de los péptidos que se liberan a partir de ellas a partir del fenómeno conocido como proteólisis. Siempre me ha interesado la enfermedad inflamatoria intestinal, enfermedad en la que cada paciente es único, y en la que nuestras defensas atacan a esa comunidad de microorganismos que, entre otras cosas, producen sustancias esenciales o nos protegen contra patógenos. Siempre me ha llamado la atención el debate sobre la ciencia básica y la aplicada, base a su vez de la fórmula I+D+i. Decía Bernardo Alberto Houssay, Premio Nobel de Medicina en 1947, que "no hay ciencia aplicada sin ciencia que aplicar". La distinción entre ciencia básica y aplicada ya ha sido abordada en alguna de las referencias citadas en este discurso de contestación, notablemente por Santiago Ramón y Cajal y por Peter Medawar.



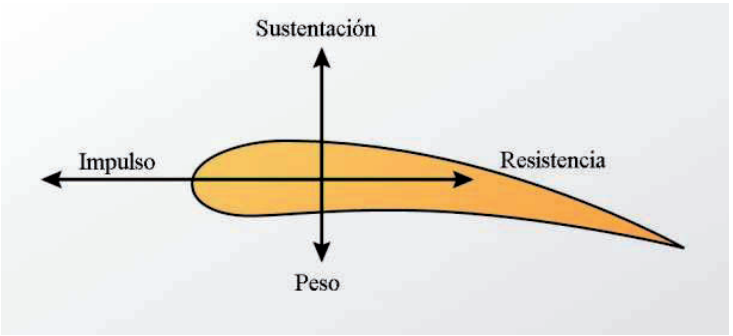
Representación esquemática del protocolo de enriquecimiento o eliminación de una especie objetivo de la microbiota intestinal. Este método combina conocimiento sobre las moléculas presentes en la superficie de los microorganismos, así como sistemas de citometría de flujo y medios de cultivo adecuados.
En "Marcos-Fernández, R., Ruiz, L., Blanco-Míguez, A. et al. Precision modification of the human gut microbiota targeting surface-associated proteins. Sci Rep 11, 1270 (2021)".

Las innovaciones que provienen de la I+D en forma de nuevos productos o servicios, pueden ser graduales o disruptivas. Normalmente, una estrategia que solo busque la aplicación en el corto plazo suele venir acompañada de innovaciones graduales y de una pérdida del músculo disruptivo, que requiere de fases de investigación y de desarrollo mucho más largas. Esto es muy similar a la teoría de la evolución de Charles Darwin, la cual es muy eficiente explicando la microespeciación, es decir, los pequeños saltos que hacen ir adaptándose a las especies a las condiciones cambiantes del entorno, pero que no explica el surgimiento de nuevas especies, cuestión para la que parecen estar mejor amoldadas otras teorías como la deriva génica o el efecto fundador. Si miramos al registro fósil, la tónica habitual es que una especie cambie muy poco desde que aparece hasta que se extingue.

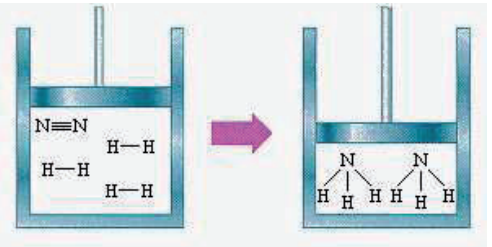
El primer reto al que me enfrenté como investigador predoctoral, fue el de responder a esa pregunta que seguramente nos han hecho a todas las personas que nos dedicamos a la ciencia: ¿y eso que investigas, para qué sirve? Esta es una pregunta que puede ser más o menos difícil de responder dependiendo del ámbito o de la rama del saber en la que se desarrolle nuestro trabajo. De hecho, puede ocurrir que ni siquiera se tenga pensada una aplicación a corto para esa cuestión a la que le llevas dedicando meses o años de estudio. Mis temas de investigación siempre se han caracterizado por entender el funcionamiento de fenómenos o procesos, no por buscar aplicaciones inmediatas ¿Por qué nuestro sistema inmunitario reacciona frente a nuestra microbiota intestinal? ¿Qué mecanismo desencadena la enfermedad inflamatoria intestinal? Sin embargo, esos fenómenos y procesos, una vez convenientemente explicados, dominados y modificados, han resultado de aplicación en diferentes ámbitos (agroalimentario y biomédico principalmente) y ha llevado a la licencia de varias patentes y a la creación de una empresa de base tecnológica que dentro de poco contará con 11 trabajadores. Soy un firme defensor de que la generación de conocimiento, en equipos de un fuerte carácter multidisciplinar, es una fuente inagotable de generación de aplicaciones. Pero esto requiere de una serie de características para el científico y para la científica que, si bien pueden estar ausentes, son muy fáciles de desarrollar: me refiero a la capacidad de escucha activa, empatía, humildad y generosidad.

La aparente diferencia entre investigación básica o aplicada, depende más bien del enfoque con el que nos aproximemos a ambos términos, y no tanto de su desempeño. Si buscamos solucionar un problema o atender un reto de forma práctica y rápida hablaremos de ciencia aplicada, mientras que si tratamos de entender el mecanismo o proceso que hace que surja ese problema o reto, lo cual puede llevarnos mucho más tiempo, hablaremos de investigación básica. Nótese aquí el absurdo, puesto que una vez identificado y controlado el mecanismo que origina dicho problema, tendremos a nuestra disposición toda una fuente de aplicaciones. Además, y por norma general, la mayor parte de estas soluciones a corto plazo se apoyan en una gran y creciente cantidad de datos teóricos, fruto del trabajo de miles de científicos, es decir de nuevo apuntamos a la investigación básica. Las vacunas basadas en ARN mensajero son un claro ejemplo. Que una investigación no busque una aplicación no quiere decir que no la tenga, y de hecho la historia está plagada de grandes ejemplos de aplicaciones no buscadas, piensen en ello la próxima vez que se suban a un avión

(efecto Bernoulli[23]), que compren hortalizas en el supermercado (producción de amoníaco a través del proceso de Haber-Bosch[24]). Buscarle el lado aplicado a una investigación de la denominada básica no es complicado, simplemente hay que complementar esa observación que explicamos de forma minuciosa y, una vez conocidas las condiciones experimentales que la originan, ser capaces de recrearla, modificarla y amplificarla en alguno de nuestros procedimientos cotidianos. Esto es aplicable a cualquier tipo de disciplina científica.



Fuerzas implicadas en el vuelo de un avión, representadas a través de una sección transversal del ala. El efecto Bernoulli participa en la generación de la fuerza de sustentación, de tal forma que el diseño combado de las alas hace que el aire circule mucho más deprisa por arriba que por la parte recta inferior. Esta mayor velocidad hace que el aire tenga una presión más baja, de tal forma que la menor presión en la parte superior del ala genera una fuerza bajo la misma que empuja el ala hacia arriba.



$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + \Delta H$$

$$\Delta H = -92 kJ\ mol^{-1}$$

El proceso de Haber-Bosch consiste en la reacción de nitrógeno e hidrógeno gaseosos para producir amoníaco a nivel industrial, que al oxidarse forma nitritos y nitratos que son la base de los fertilizantes sintéticos. La importancia de la reacción radica en la dificultad de producir amoníaco a un nivel industrial. La reacción natural es muy lenta, pero en presencia de hierro como catalizador, alta presión y altas temperaturas, se consigue desplazar la reacción química hacia la formación de amoníaco. Se estima que los fertilizantes sintéticos, producidos a partir de 1909, han

[23] https://blogthinkbig.com/los-principios-que-hacen-volar-a-un-avion
[24] https://es.wikipedia.org/wiki/Proceso_de_Haber

salvado 2.700 millones de vidas, siendo la innovación que más vidas ha salvado en la historia de la humanidad (https://www.medigo.com/blog/infographics/lifesaving-innovations/)

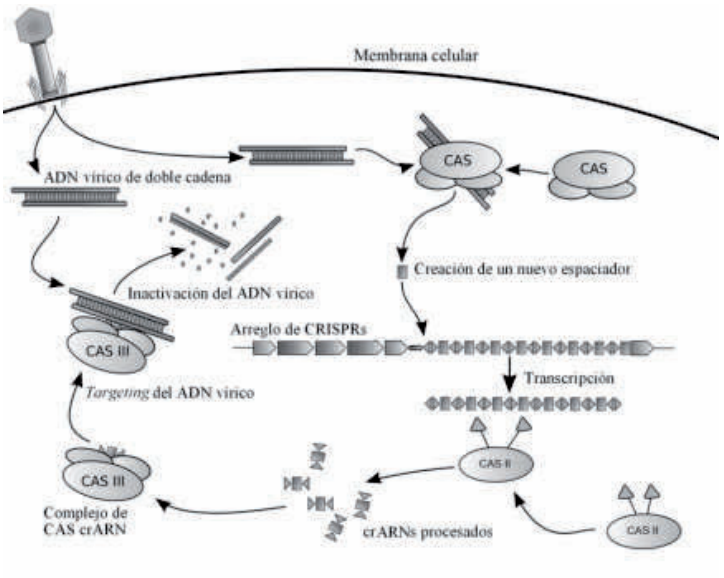
Como vemos es imposible acabar hablando de aplicaciones cuando se habla de ciencia, sea del tipo que sea, por tanto es comprensible no compartir esa distinción, a todas luces artificial, entre ciencia básica y aplicada. De hecho, nuestra vida actual sería inimaginable sin algunas de las aplicaciones surgidas de investigaciones denominadas básicas; pensemos en la electricidad, en los antibióticos, en la secuenciación genética, en las vacunas. Pero tal vez el ejemplo más claro de investigación básica que acaba teniendo una aplicación disruptiva sea la tecnología CRISPR-Cas9, surgida 20 años después de realizadas las primeras observaciones experimentales.

Existe toda otra panoplia de ejemplos que ilustrarían la importancia de asegurar el avance en el conocimiento científico tecnológico y de cómo, si se cuida este proceso, se pueden catalizar cambios importantes para la sociedad, como han sido los antibióticos, el mundo atómico y cuántico, el grafeno, la criptografía o las tecnologías de la información y la comunicación. Pero no, tenemos la inmensa suerte de poder contar con un buen ejemplo en nuestro propio país, y es que la investigación realizada durante años por el grupo de investigación liderado por Francis Mojica han sido los dos primeros peldaños de esa escalera que ha propiciado el desarrollo de la tecnología de edición genética CRISPR-Cas9[25].

Esta tecnología, una vez afinada y optimizada, está llamada, probablemente junto a la tecnología del RNA mensajero a revolucionar la medicina personalizada y permitir los tratamientos genéticos dirigidos que permitan curar enfermedades hasta hoy incurables, desde los diferentes tipos de cáncer hasta enfermedades genéticas. Este descubrimiento fue calificado como un cambio de paradigma en el ámbito de las ciencias experimentales, como hacía tiempo que no se producía, pero que como voy a explicar, no ha estado exento de dificultades.

La historia del CRISPR-Cas9 comienza en las salinas de Santa Pola, Alicante, donde habita una arquea, organismo microscópico, denominada *Haloferax mediterranei.* Su adaptación a las altas concentraciones de sal que caracterizan a las salinas hace que este microorganismo se desarrolle en dicho ambiente aparentemente inhóspito. Hablamos de un joven Francis Mojica que comienza a estudiar, en 1989, los mecanismos que hacen que *Haloferax* pueda vivir en ese ambiente tan extremo. ¿Para qué sirve lo que investigas? Le habrán preguntado con toda seguridad muchísimas veces.

[25] Eric S. Lander. 2016. The heroes of CRISPR. Cell. Vol. 164, pp. 18-28.



Esquema de funcionamiento del mecanismo CRISPR Cas9, conocido popularmente como el "corta y pega genético". Reproducido bajo licencia CC BY-SA 4.0

El supervisor de Francis ya había descubierto que, si se modificaba la concentración de sal en el medio de cultivo donde crecía *Haloferax*, se alteraba una especie de código de barras genético consistente en realizar cortes específicos en su genoma usando las llamadas enzimas de restricción, y analizando el tamaño de los fragmentos resultantes. Esa fue la primera misión del profesor Mojica, conocer dónde se alteraban las secuencias de ADN del genoma de *Haloferax*, ya que esa debía ser la causa más probable del cambio de código de barras genético.

Saltamos al año 1992, y el todavía joven Francis está tratando de secuenciar esos segmentos que hacían diferentes los códigos de barras genéticos. De aquella no era como ahora, donde la tecnología de secuenciación está tan avanzada, y con aquellas incipientes tecnologías sólo podían secuenciarse pequeños fragmentos de ADN. Y es con las primeras y pequeñas secuencias donde surgen los primeros datos curiosos, ya que el microbiólogo obtiene secuencias casi idénticas repetidas, palindrómicas, separadas por fragmentos de 36 bases nitrogenadas[26]. A fin de ilustrar cuán difícil era imaginar una aplicación para tales y por aquel entonces enigmáticas secuencias, transcribo a continuación una parte del artículo en el que el Dr. Mojica describía dicho hallazgo:

«[…] *En ambos casos, los sitios PstI estaban localizados en alternancias de purinas-pirimidinas, lo que sugiere estructuras tipo ADN-Z y localizadas en* ***regiones no codificantes con motivos repetidos y frecuentes***.[…]»

[26] Mojica, F.J.M., Juez, G. and Rodriguez-Valera, F. (1993). Transcription at different salinities of Haloferax mediterranei sequences adjacent to partially modified PstI sites. Molecular Microbiology, 9: 613-621.

Párrafo críptico, como aquellas secuencias, pero en esas ocho palabras resaltadas en negrita está presente, en esencia, uno de los grandes descubrimientos de la historia reciente de la ciencia. No sabía Mojica que con el estudio de dichas secuencias repetidas empezaría su particular vía crucis, falta de financiación, proyectos denegados y multitud de colegas que le aconsejaban que se dedicase a otra cosa, consagrándose a partir de entonces al estudio de esas secuencias repetidas. Eso no hizo desistir al Dr. Mojica y perseveró en su caracterización. Comenzó denominando a dichas secuencias como SRSR (*short regularly spaced repeats*) y posteriormente como CRISPR (*clustered regularly interspaced palindromic repeats*). Llegados al año 2000, Mojica había demostrado la existencia de CRISPR en 20 microorganismos muy diferentes entre sí, y para aquel entonces otros grupos de investigación habían descubierto genes en la proximidad de las CRISPR que probablemente estuvieran relacionados con estas repeticiones.

El momento de revelación le llegó al profesor durante las vacaciones de agosto de 2003. Existe un algoritmo de comparación de secuencias denominado BLAST, que compara una secuencia de ADN (también pueden usarse otras moléculas) con una base de datos que, durante los años, no ha dejado de incrementarse a base de un número también creciente de microorganismos y organismos cuyo genoma ha sido secuenciado. Haciendo uno de estos BLAST, y aprovechando el aire acondicionado de su despacho para huir de los tórridos días mediterráneos, se fijó que una de las secuencias que separaban las secuencias repetidas (conocida como espaciador) era similar a una secuencia de un virus bacteriano, cuyo genoma habría sido incorporado de forma reciente a la base de datos sobre la que opera BLAST. Aún había más, resulta que ese espaciador estaba presente en una bacteria que era justamente resistente a la infección por el virus al que se parecía. Francis repitió el mismo procedimiento con otros 4500 espaciadores que tenía en su base de datos, encontrando 88 similitudes, siendo dos terceras partes de las mismas secuencias de virus bacterianos. Mojica postulaba entonces que las CRISPR podrían ser una especie de sistema inmunitario adaptativo presente en microorganismos. Tardó 18 meses en publicar su hipótesis ante las negativas de los consejos editoriales de las revistas, hasta que finalmente lo consiguió en el año 2005[27].

Mojica nunca fue capaz de demostrar su hipótesis, pero despertó el interés en la comunidad científica, y comenzaron a publicarse más y más trabajos tratando de conocer qué mecanismo molecular estaba detrás de tan misteriosas secuencias. Como ven, ni rastro aún de la aplicación. El siguiente paso lo da un grupo de investigación canadiense, que demostró en 2006 que CRISPR era realmente un sistema inmunitario adaptativo presente en microorganismos, utilizado para prevenir infecciones por virus bacterianos. A partir de ahí, la historia es bien conocida, Jennifer Doudna (Universidad de California Berkeley) presenta una patente en 2012 consistente en el uso de uno de esos sistemas CRISPR, denominado CRISPR-Cas9, que había sido modificado para la modificación genética de precisión de bacterias. Meses más tarde el investigador Feng Zhang, del Massachusetts

[27] Mojica, F.J., Díez-Villaseñor, C., García-Martínez, J. et al. Intervening Sequences of Regularly Spaced Prokaryotic Repeats Derive from Foreign Genetic Elements. J Mol Evol 60, 174–182 (2005).

Institute of Technology, presenta otra patente en la que, en este caso, se pretendía proteger el uso del sistema CRISPR-Cas9 para la modificación genética de precisión en ADN eucariota. Por tanto, un trabajo científico casi anónimo, perseverante, para el que no se buscaba ninguna aplicación, es la base de una tecnología que cambiará radicalmente nuestra forma de entender la medicina o la agricultura. A la vista de este ejemplo, ¿tiene sentido hablar de ciencia básica? ¿no tendría más sentido hablar de aplicación de la ciencia? Por cierto, tanto Jennifer Doudna como Emmanuelle Charpentier fueron galardonadas en 2020 con el Premio Nobel de Química por dicho desarrollo, que hubiese sido imposible sin las investigaciones de Francis Mojica en Santa Pola.

Para finalizar este apartado, me gustaría incluir extractos de entrevistas concedidas por Francis Mojica a diferentes medios de comunicación:

«Me gustaría que se viese mi caso como un ejemplo. Que los políticos no tuvieran la mirada tan obtusa y no exigieran un beneficio inmediato a una inversión, porque eso limita mucho las posibilidades de conseguir cosas importantes» [sic]

«Cuando inviertes en investigación básica no puedes esperar que todo proporcione aplicaciones. Es como la educación: inviertes y no esperas que todos los estudiantes sean Einstein, pero si salen unos pocos…» [sic]

Tras este extraordinario ejemplo de aplicación de una investigación básica, de una observación científica, dejo como colofón a este apartado lo que opinaba D. Santiago Ramón y Cajal acerca de lo que él denominaba estéril debate en la distinción de ciencia básica y ciencia aplicada en sus Tónicos de la Voluntad *«Cultivemos la ciencia por sí misma, sin considerar por el momento las aplicaciones. Éstas llegan siempre, a veces tardan años; a veces, siglos. Poco importa que una verdad científica sea aprovechada por nuestros hijos o por nuestros nietos. Medrada andaría la causa del progreso si Galvani, si Volta, si Faraday, si Hertz, descubridores de los hechos fundamentales de la ciencia de la electricidad, hubieran menospreciado sus hallazgos por carecer entonces de aplicación industrial»*.

II.4. La ciencia ante una nueva revolución: la participación de la sociedad.

El libro "*The Structure of Scientific Revolutions*" del filósofo americano Thomas Samuel Kuhn, un libro que te hace pensar desde otro punto de vista si bien, en algunos momentos, es muy difícil estar de acuerdo con el autor. En dicho libro, Kuhn viene a reflejar lo orgullosa que está la comunidad científica de contar con su propia revolución, me refiero a aquella que nos hizo transitar desde una sociedad dominada por el misticismo y las supersticiones, hacia otra donde la ciencia y la razón dominan nuestras estrategias y aproximaciones económicas y sociales. Es obligado nombrar aquí la obra de Nicolás Copérnico titulada "*De revolutionibus orbium coelestium*", para muchos autores el trabajo que marca el inicio de la actual revolución científica pero que, no en vano, acabó como muchos otros libros en la hoguera. Sin embargo, la ciencia y la razón siguieron su avance y, a partir de Copérnico, fueron las aportaciones de Newton, Galileo, Newton, Bacon, Pasteur, Darwin y tantas otras

personas las que lograron trasladar a la sociedad de la época una sensación de progreso y alejamiento paulatino de una época marcada por los castigos divinos.

Página de "*De revolutionibus orbium coelestium*" donde se muestra una ilustración con el sistema solar copernicano. Al margen, anotaciones de Erasmus Reinhold y Paul Wittich.
Fuente: Erwan Plougonven - Trabajo propio, CC BY-SA 4.0,
https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=50701482

El proceso mediante el que Kuhn define esta acumulación progresiva de conocimientos científicos es el de "ciencia normal", pero señala también momentos de inflexión en los que se producen cambios de paradigma, a modo de pequeñas revoluciones que cuestionan la vieja ciencia. Es entonces cuando Kuhn defiende que el auténtico avance científico se produce no por el mero hecho de acumular observaciones o datos, sino por su interpretación fuera de la caja que hace verlos de forma diferente, y que conduce a cambios de paradigma. Algo así nos pasa a los microbiólogos a medida que vamos acumulando más y más datos sobre las comunidades microbianas que habitan en nuestro cuerpo: ¿estamos ante un cambio en el concepto y definición de órgano?

La pandemia provocada por la COVID19 ha acelerado toda una revolución socio-científica que ya se había iniciado unos años antes, muy probablemente como fruto a toda esa intensa labor de divulgación y difusión de nuestro ecosistema científico,

así como por la aparición de periodistas especializados en ciencia y de incluso *influencers*. La propia comunidad científica llevaba tiempo tratando de implicar a la sociedad en el proceso de creación de estrategias y proyectos científicos, y aquí llega el cambio de paradigma: del ciudadano consumidor de noticias, talleres y charlas científicas, a la de un protagonista activo en el proceso de creación científica. No deja de tener todo el sentido del mundo: si una parte sustancial de los proyectos científicos se financian con dinero público, parece lógico que la ciudadanía colabore de forma participativa en el proceso de diseño de las estrategias científicas, lo cual redundaría en una mayor eficiencia y transparencia del sistema.

Como digo, el cambio de paradigma y el punto de inflexión está servido, pero también para la comunidad científica, en la que la sociedad pasará de ser su público objetivo, receptor de los procesos de divulgación científica, a una pieza más en el diseño de sus proyectos. Esto mismo aplica a los gestores públicos de la ciencia, para los que es indispensable establecer mecanismos de escucha para que la sociedad pueda participar, como parte de la cuádruple hélice, en los diseños de los planes y en la implementación de la política científica.

Un ejemplo ha sido el diseño de la Estrategia de Especialización Inteligente, una condición favorable en relación con el Objetivo Político "Una Europa más inteligente promoviendo una transformación económica más innovadora e inteligente". La S3 es el instrumento regional para hacer frente a los grandes retos: transición energética, reto demográfico y paro juvenil- y para avanzar hacia un modelo económico más resiliente haciendo frente a los efectos sanitarios, económicos y sociales de la COVID19.

Con el fin de que la cuádruple hélice estuviese representada en el diseño, se incorporó la participación ciudadana en la identificación de los sectores en los que Asturias debería focalizarse para implementar una estrategia de especialización inteligente. Para ello, en agosto de 2020, se lanzó una encuesta participativa a través del Portal del Gobierno del Principado de Asturias, abierta a toda la sociedad asturiana, para la identificación de proyectos transformadores. Las preguntas de esta encuesta se pactaron y consensuaron con el resto de las consejerías del Gobierno y con los principales agentes sociales (patronal, sindicatos, Universidad etc.) a través del Consejo Asesor de Ciencia Tecnología e Innovación. Esta encuesta se difundió a través de todos los canales del Gobierno y se prolongó durante los meses de agosto, septiembre y la primera semana de octubre de 2020[28].

Una sociedad partícipe para y con los procesos de diseño de política científica necesita nuevos sistemas de gobernanza, que integren también las herramientas digitales, pero también el engranaje con el resto de actores de la cuádruple hélice. Del lado gubernamental, el interés de potenciar la participación de la sociedad pasa por consolidar la relevancia y sostenibilidad de las políticas de I+D+i, así como el apoyo y soporte social a las mismas. Quizás la derivada más importante de este

[28] Se recibieron un total de 156 propuestas, en su mayoría consorcios público-privados (115 propuestas) que proponían una inversión total de 3644 M€. De todas las propuestas, 61 eran proyectos tecnológicos encuadrados en el rango de TLRs1-8.

cambio de paradigma esté siendo la progresiva implementación de procesos de co-creación, como fueron los vividos durante la pandemia en Asturias que abrieron un escenario muy interesante en el ámbito científico y tecnológico, y que permitieron a la ciudadanía ser protagonista en la búsqueda de soluciones tecnológicas frente a la pandemia.

Un ejemplo fue el respirador fabricado por impresión 3D, o el proyecto del denominado CPAP, un casco no invasivo que sirve para insuflar aire con presión positiva en pacientes que solo necesitan ayuda para llenar sus pulmones. Respecto al primero, se desarrolló un proyecto promovido y realizado por el grupo "Reesistencia Team", que llegó a ser evaluado por la Agencia Española del Medicamento y Productos Sanitarios. Este y otros dispositivos despertaron el interés de un grupo de ingenieros de la NASA, concretamente del *Goddard Space Flight Center*, poniéndose a disposición de los consorcios.

Con respecto a las pantallas de protección individual en impresión 3D, se desarrollaron diferentes modelos en colaboración con colectivos de "*makers*"[29], que llegaron a ser evaluados y alguno de ellos validados por el Centro Nacional de Medios de Protección, adscrito al Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, garantizando su uso en el entorno sanitario.

Otro de los proyectos de ciencia ciudadana consistió en un procedimiento para el reciclaje de mascarillas quirúrgicas, proceso que no hizo falta implementar finalmente gracias al repunte de la oferta de mascarillas desechables. Finalmente, también se desarrolló un proceso de fabricación de hidrogel, mediante el que se produjeron 15.000 litros de gel hidroalcohólico, fundamental para la limpieza de manos y superficies. Todos estos proyectos demostraron el alto nivel de colaboración del sistema de investigación e innovación con el tejido productivo, con la sociedad y con la Universidad, a través de voluntarios, cesión de instalaciones y profesionales, donde fue destacable la excelente respuesta de la ciudadanía, personas que a título particular o colectivo ofrecieron ideas, materiales y ayuda.

La co-creación, entendida como la cooperación entre distintos colectivos que persiguen un objetivo y por tanto un beneficio común desde distintos puntos de vista, es sin duda una de las armas más poderosas con las que la ciencia contará durante los próximos años, marcados por el cambio hacia modelos productivos descarbonizados, digitales y hacia procesos inclusivos que no dejen a nadie atrás.

A mayores del ejemplo anteriormente mencionado, tenemos proyectos donde ya se está poniendo en marcha el análisis de los resultados que pueden obtenerse a través de procesos de co-creación. Un ejemplo son los laboratorios vivos o *living labs*, foros pensados para el encuentro de ciudadanía y comunidad científica para el desarrollo

[29] Según EDIX, el colectivo maker "está compuesto por personas innovadoras y creativas con un talento especial para la creación de productos y soluciones tecnológicas". "Estas personas han adaptado la filosofía del DIY (Do it yourself) o hazlo tú mismo al ámbito de la tecnología para desarrollar proyectos de impresión 3D, programas de código abierto, impresoras láser, productos de robótica y muchas otras artesanías" tecnológicas que parten de una premisa básica: aprender haciendo".

de productos innovadores. Nótese que a través de este tipo de foros no solo se acerca la ciencia y la tecnología a la sociedad, sino que la sociedad traslada a la comunidad científica sus retos, problemas e inquietudes, y muy probablemente una somera idea de cuál podría ser la solución. Este concepto es manejado por la Comisión Europea a través de una extensión de los partenariados público-privados, incluyendo también a las personas (*people*), dando lugar al acrónimo PPPP, comprendiendo tanto el proceso de co-creación como la integración de la sociedad en las propias actividades de redacción, experimentación, seguimiento y evaluación de los proyectos científico-tecnológicos.

Existen proyectos europeos interesantes como el SCALings (https://www.scalerproject.eu/) que busca el desarrollo de marcos normalizados para la instauración y escalado de procesos de co-creación, así como su incorporación a otros proyectos en marcha, o el proyecto ORION (http://www.orion-openscience.eu/tags/co-creation), que diseñó un marco para posibilitar la participación de la sociedad en la investigación científica a través de procesos de co-creación basados en ciencia abierta. La co-creación y la ciencia abierta son dos herramientas poderosas para asegurar que los sistemas de gobernanza de la ciencia son los adecuados a cada momento y a cada situación, es decir, están íntimamente relacionadas con el concepto de Investigación e Innovación Responsables (RRI). Quiere esto decir que la participación de la sociedad en la estrategia científica debe redundar en programas, proyectos y políticas sensibles a las necesidades de la sociedad. La responsabilidad radica por tanto en atender al cambio de paradigma e incluir a la sociedad y a la cuádruple hélice en todo el ciclo de vida de la ciencia: diseño de programas, concepción de los proyectos, diseminación de los resultados, y no sería descabellado pensar que, en un futuro, también se arbitrase algún tipo de mecanismo que habilitase decidir qué tipo de proyectos podrían o no ser financiados.

III. Recepción

Apoyándome en la historia, en la utilidad de la ciencia y en la participación cada vez más activa de la sociedad en los procesos de co-creación, podemos afirmar que estamos ante un nuevo cambio de paradigma. La historia y la evidencia nos dicen que las políticas científicas imperantes a principios del s. XX, fueron dando paso a políticas científico-tecnológicas primero y de innovación después, siguiendo el tránsito evolutivo que han seguido nuestra sociedad y nuestro modelo productivo[30]. En la actual coyuntura postcovid, de transición hacia sistemas de producción digitales y sostenibles, la aproximación integral a las políticas de ciencia e innovación y la participación ciudadana en los diferentes procesos parece un requisito ineludible.

Finalizo ya mi intervención y solo me queda cumplir con mi cometido y con el fin que nos ha reunido a todos aquí, en este edificio noble de la Universidad de Oviedo, cuna del conocimiento y sede de la recién creada Academia Asturiana de Ciencia e Ingeniería, para dar la bienvenida al nuevo Académico D. Mario Díaz, a quien le deseo una fructífera labor al frente de esta institución.

Muchas gracias.

[30] Salomon, J.J. (1991): Changing Perspectives of Science Policy: Insights into Innovation Process. Journal of Scientific & Industrial Research, vol. 50 pp. 90-101.