

La sorprendente importancia de la investigación básica: ciencias experimentales y ciencias sociales

Borja Sánchez

Instituto de Productos Lácteos de Asturias, CSIC

Armando Menéndez Viso

Departamento de Filosofía, Universidad de Oviedo

Resumen

En este artículo articulamos dos perspectivas sobre un mismo asunto: la importancia de la investigación básica. Comenzamos por una visión en primera persona de un científico y desembocamos en una argumentación filosófica que nos permitirá distanciarnos de la pregunta *¿para qué sirve?*. Concluimos que, aunque sobran los ejemplos de la utilidad de la investigación básica, la pregunta por el *para qué* no permite identificar la buena investigación.

In this paper we bring together two perspectives onto one single issue: the relevance of fundamental research. We depart from the personal experience of a scientist to arrive at a philosophical reasoning, which allows us to detach ourselves from the question *what is this for?* We conclude that, even if there are plenty of examples of the utility of fundamental research, that question is of no use in identifying good scientific work.

Ciencia básica versus ciencia aplicada

Aunque llevo relativamente poco tiempo en el mundo de la ciencia, es a esto a lo que he querido dedicarme desde pequeño y me considero con cierto criterio para emprender la redacción de un artículo de estas características. Supongo que algún día podré ver las cosas con suficiente perspectiva para explicar por qué me dediqué a la ciencia y, para conciliarla con mi vida familiar, escogí quedarme, a sabiendas, en un país que le ha dado históricamente la espalda. Supongo, no estoy seguro, que detrás de mi afición por la ciencia se esconde una especie de impulso a explorar y conocer algunos de los fenómenos que me han ido llamando la atención, primero en las lecturas de Julio Verne y H.G. Wells, más adelante en COU, cuando tuve la ocasión de tener uno de los mejores profesores de biología que pueda soñarse (Tino), y finalmente en la Facultad de

Biología de la Universidad de Oviedo, donde acabó de configurarse el investigador que soy actualmente. A lo largo de mi corta andanza por el mundo de la ciencia he descubierto una cosa extra, y es la inmensa satisfacción personal que provoca encontrar explicación a algo desconocido y que, por nimio que nos parezca, aporta en último término un modesto granito de arena al progreso y a la mejora de la humanidad. Actualmente me encuentro estudiando el mecanismo de acción de bacterias beneficiosas de nuestra microbiota (flora) intestinal sobre el sistema inmunológico humano, y comprobando si alguna de las moléculas responsables puede ser utilizada para aliviar los síntomas de la enfermedad inflamatoria intestinal o presenta actividad antitumoral en cáncer colorrectal. Como quien dice, acabo de empezar.

He concebido este artículo no para adoctrinar a nadie sino para expresar única y exclusivamente mi opinión actual sobre el estado de la ciencia en España. Tampoco lo escribo para quejarme sino para que nuestros políticos reflexionen sobre la necesidad de apoyar la mal denominada ciencia básica; mal denominada a mi juicio y al de muchos científicos, como Ramón y Cajal¹ o Peter Medawar², por citar dos de los que más he leído, aunque esa ausencia de diferenciación ya se encuentra implícita en la obra de Francis Bacon³ y Voltaire, padres del pensamiento científico.

Invertir en ciencia es clave hoy, cuando estamos recogiendo los frutos de 7 años de progresivos recortes en los que se ha minimizado la inversión en ciencia en su sentido de generación de conocimiento, priorizando otra ciencia mucho más enfocada a obtener productos comerciables en el corto plazo. Creo que a esto último a veces lo llaman ciencia aplicada, a veces innovación y, en los presupuestos generales del estado, fondos financieros. No digo que invertir en este aspecto no sea necesario, ya que es una buena forma de dinamizar nuestro tejido empresarial y de hacerlo más competitivo, pero generar nuevo conocimiento a través de fondos no financieros (utilizando la jerga económica de nuestros presupuestos) es en mi opinión al menos igual de importante.

Durante mi tiempo como investigador he constatado que la gente externa a la ciencia nos suele hacer de forma bastante asidua una observación y una pregunta. La

¹ Santiago Ramón y Cajal, *Reglas y consejos sobre investigación científica*, CSIC, Madrid, 1999 [1897].

² Peter Medawar, *Advice to a young scientist*, Basic Books, Nueva York, 1979.

³ *Novum organum*

observación es que nos pasamos el día protestando por el mal estado en el que está la ciencia en nuestro país. Eso es cierto y no sirve para nada. Por otro lado, la pregunta que suelen hacernos es: y eso que investigas, ¿para qué sirve? Pues bien, dependiendo de lo que te encuentres investigando, esta pregunta puede ser difícil de responder, ya que, de hecho, podrías no tener pensada una aplicación a corto (o incluso a largo) plazo para eso que llevas persiguiendo semanas, meses o años. Incluso podrías no tener prevista aplicación y simplemente estar buscando una explicación a un fenómeno con el único objetivo de generar nuevo conocimiento que añadir al acervo de la humanidad. En pocas palabras, la investigación que yo hago, como la de muchos otros, no busca una aplicación inmediata sino entender cómo funcionan las cosas o la explicación de un fenómeno. Supongo que esta afirmación de aparente inutilidad científica sorprenderá a muchos pero lo increíble es que la historia nos ha demostrado que, generando conocimiento, las aplicaciones surgen solas; es más, las aplicaciones necesitan de una sólida base de conocimiento previo. De hecho, yo mismo puedo ponerles ejemplos de aplicaciones que han y están surgiendo en torno a mi investigación básica, sin buscarlas. Y es que, por ejemplo, una vez conocido el mecanismo de acción de una molécula, podemos recrear las condiciones para que ejerza un efecto anti-inflamatorio o anti-tumoral.

En el fondo de estas pregunta y observación tan frecuentes, es decir, “Cuánto te quejas por la ciencia” y “¿Para qué sirve lo que haces?”, subyace el profundo desconocimiento que tiene una gran parte de la sociedad española acerca de la ciencia. Podría ser mucho más severo y hablar de incultura científica, pero prefiero pensar en positivo y creer que en su orden de prioridades vitales a la gente le interesan otras cosas. Por eso vayamos por partes. En primer lugar, ¿qué es la ciencia? Tomaré prestada la definición de Sir Peter Medawar para decir que, en su definición más amplia, la ciencia es la suma de todas aquellas actividades exploratorias cuyo objetivo es proporcionar un mejor conocimiento del mundo natural en el que vivimos. Con el término investigación, que es a lo que yo me dedico, nos referimos justamente a esas actividades exploratorias y resulta que son tan sólo una parte de todas las actividades científicas existentes. Estas abarcan desde la gestión de recursos científicos hasta la divulgación o el diseño y construcción de nuevas máquinas analíticas, pasando, por qué no, por la política. ¿Quiere esto decir que los científicos son los únicos que realizan actividades exploratorias? Pues no, cualquiera delante de una receta de cocina cambiando

proporciones y anotándolas para conseguir y reproducir tal o cual matiz, o consultado en los libros el uso de uno u otro ingrediente también está realizando actividades exploratorias.

Mucha gente, sobre todo en el ámbito de la gestión científica y en el de las administraciones públicas, distingue entre investigación aplicada y básica. Yo también podría diferenciarlas: se lo voy a demostrar. Por un lado, la investigación aplicada se centra en solucionar problemas prácticos, más que a entender cómo funciona lo que sea que haga que surja el problema o su solución. En general, este tipo de investigación redundará en mejoras a corto plazo en nuestra calidad de vida, como puede ser lograr variedades de girasol que produzcan mayores niveles de ácido oleico porque esto es necesario para tal proyecto industrial, generar una nueva vacuna, diseñar formas de energía más eficientes y menos contaminantes, obtener materiales mucho más lábiles y resistentes, etc. Si uno se fija e indaga en el detalle, podrá observar que en la gran mayoría de estos descubrimientos y desarrollos aplicados existe una gran base teórica, fruto de innumerables trabajos, que ya está disponible. Por otro lado, nos encontramos la investigación básica, que también es denominada investigación fundamental o pura, aunque algunos autores identifican cierto tipo de perversión semántica en este último término. La ciencia básica explica, a veces de forma teórica o a veces experimental, distintos fenómenos del mundo que nos rodea, y su principal motivación es generar nuevo conocimiento, no buscar una aplicación. Curiosamente, que no se busque no quiere decir que no la tenga, y de hecho la historia nos dice que las grandes páginas de la ciencia han comenzado desde un punto meramente básico; piensen en ello la próxima vez que se suban a un avión o se vacunen. Notablemente, este tipo de impulso exploratorio y de intentar explicar el mundo natural es algo que caracteriza a nuestra especie y, de no ser por él, no se habría vencido nunca al misticismo y probablemente todavía cazaríamos con hachas y lanzas. En ciencias experimentales, hacer investigación básica no es complicado; sólo hay que i) observar minuciosamente un fenómeno o los resultados de un experimento, ii) establecer hipótesis y iii) comprobarlas. En caso de éxito, conocer en qué condiciones experimentales se origina y desarrolla un proceso concreto nos habilita inmediatamente para recrearlo, modificarlo o amplificarlo y, en último término, aplicarlo a una mejora en nuestras vidas. Como vemos, es irremediable hablar de aplicación siempre que se habla de ciencia.

Les decía antes que no comparto la clasificación que distingue entre ciencia básica y aplicada: ya lo ven, cuando hablamos de ciencia aplicada se hace necesaria una base previa de conocimiento y cuando se habla de ciencia básica surgen las aplicaciones. Como trataré de exponer más adelante con un ejemplo muy de nuestros tiempos, la tecnología de edición genética dirigida CRISPR-Cas9, la ciencia siempre tiene aplicaciones, a veces a corto plazo, a veces a largo plazo. Me gustaría hacer énfasis en este punto. Los resultados de una investigación científica, sea del campo que sea, tienen distintos grados de aplicabilidad y de utilidad, a veces a corto plazo como mera comprobación de observaciones previas y con una utilidad a futuro impredecible e incalculable, a veces sólo con fines educativos. Curiosamente, muchas veces el resultado de una investigación y su aplicación son inmediatos y, en ocasiones, su utilidad se restringe sólo a saciar nuestra curiosidad. Por tanto no veo muy apropiado distinguir entre ciencia básica y aplicada: toda la ciencia tiene diferentes aplicaciones y ambos tipos debieran, por tanto, estar englobados en el mismo denominador común. No crean que no hago esta distinción por esnobismo: soy consciente de que hoy más que nunca es importante buscar soluciones a nuestros retos como sociedad, dados los niveles de población en el mundo, la contaminación y la explotación de los recursos naturales, pero esto no justifica que nunca hayamos apostado seriamente por invertir para que nuestra comunidad científica genere conocimiento.

Uno de los principales argumentos esgrimidos por gobiernos que no apuestan por la investigación básica es que no pueden calcular un valor comercial objetivo para la generación de conocimiento. Pero entonces yo les preguntaría: ¿cuál es el valor de demostrar cómo se originó el Universo, cómo se originó la vida, cómo se organiza el átomo y las partículas subatómicas, cómo se reproduce la levadura de la sidra, cuál es el código genético de una bifidobacteria intestinal o de una teoría que explique la radiación de los cuerpos negros? La investigación básica es, a mi modo de ver, la forma en la que se han logrado los grandes avances y aplicaciones a lo largo de nuestra historia. De hecho, nuestra vida sería inimaginable sin algunas de estas aplicaciones surgidas de investigaciones básicas; piensen en la electricidad, en los antibióticos, en la secuenciación genética, en las vacunas. A mí me gusta verlo de la siguiente forma: la ciencia es como un enorme edificio en el que hacen falta unos grandes cimientos (conocimiento) donde asentar distintos elementos de diversas utilidades, como son ventanas para aislar los aposentos, tejado para evitar que entre agua, etc. Una casa sin

cimientos es inestable, pero unos cimientos sin el correspondiente drenaje de agua acabarán igualmente destruidos.

A modo de curiosidad, distinguir entre ambos tipos de investigación era, a juicio del Dr. Ramón y Cajal, estéril. Fíjense en lo que escribía hace más de cien años: “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”⁴.

Sociedad del conocimiento versus conocimiento científico

El modelo productivo español, que descansa en buena medida en el sector turístico y en la construcción, ha demostrado que no es sostenible y requiere un cambio hacia otro basado en la sociedad del conocimiento, pero no en cualquier tipo de conocimiento, sino en conocimiento científico. Y este adjetivo, científico, es algo que se le olvida mencionar a muchos políticos cuando hablan de este tema, y que ya ha sido anunciado, revisado y discutido hasta la saciedad por el Dr. Emilio Muñoz, por ejemplo en su libro *La crisis de la sociedad actual y los riesgos de involución*⁵. Me resulta muy pertinente esta puntualización y la siguiente vez que lean en las noticias, en *blogs*, en las redes sociales que alguien propone cambiar el modelo productivo español por uno basado en el conocimiento, realmente no persigue ningún cambio. Una sociedad y una economía basadas en el conocimiento es lo que ya tenemos: yo hago tal o cual negocio porque conozco a tal o cual persona, normalmente en el organigrama de un partido político, de una administración o de una empresa.

Y lo cierto es que, a pesar de las innumerables noticias de protesta, vivimos decididamente en un país que está de espaldas a la ciencia, tanto en la esfera civil como en la política. Según la última Encuesta de Percepción Social de la Ciencia y la

⁴ Ramón y Cajal, *op. cit.*, p. 39.

⁵ Emilio Muñoz, *La crisis de la sociedad actual y los riesgos de involución*, Los Libros de la Catarata, Madrid, 2016.

Tecnología en España, publicada por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, el 14% de los españoles declara estar interesado en la ciencia y tecnología, frente a un 25% que no lo está (<https://goo.gl/ZZBDcD>). El resto (61%) entiendo que decide directamente no opinar, no tienen opinión o no sabe lo que le están preguntado. Como la clase política se nutre directamente de nuestra sociedad, no es de extrañar que este desinterés por la ciencia esté tan instalado en ella, y por ello no es de extrañar que ninguno de los candidatos a la presidencia del Gobierno español sacase el tema de su política científica en el debate a cuatro previo a las últimas elecciones generales. Esto contrasta con declaraciones de otros dirigentes con mucha mayor cultura científica, como las del ex-presidente de los EEUU Barack Obama, que aseguraba que “ser pro-ciencia es la única manera de asegurarse de que los EEUU sigan liderando el mundo”.

Por eso me gustaría invitarle a la reflexión a usted, político o política, de profesión o de vocación, que lee este artículo y que ha visto pasar por delante de sus ojos años y años de recortes en investigación científica. De todas formas me alegra anunciar que desde la ciencia, y con los modestos esfuerzos que podemos realizar, algo estamos consiguiendo cambiar, y me remito al debate de los dos candidatos a ocupar la secretaría general de la Federación Socialista Asturiana (<https://goo.gl/fpV5rT>). El debate sobre el estado de la I+D asturiana estaba englobado en el bloque de la economía, y a ello le dedica unos minutos el candidato Adrián Barbón, alrededor del minuto 24 del vídeo. Idealmente y tal vez en un futuro próximo, España debiera contar en su organigrama ejecutivo al más alto nivel con la ciencia; me refiero, claro está, a un ministerio, y sin mezclarla con economía, competitividad, innovación, emprendimiento... ¿Por qué no combinarla con temas más pertinentes como educación, o con universidades... o directamente no combinarla?

Ejemplos de países pro-ciencia

Para elevar la ciencia a nivel ministerial, tenemos muy buenos ejemplos históricos donde mirar, algunos clásicos, como EEUU o Alemania, y otros más recientes, como Suecia, Corea del Sur, Finlandia o el Japón de la post-guerra con su florecimiento de la ciencia y de la industria basada en la ciencia. Estos países que apuestan decididamente por la ciencia aumentan no sólo su riqueza (material e inmaterial) sino la de otros países, contribuyen al bienestar de sus habitantes y desempeñan un papel protagonista en el panorama mundial. Todos ellos no invierten alrededor de un 3% de su PIB en

ciencia porque les sobre el dinero, sino que sus economías son boyantes por que invierten esa cantidad, y cuando hablamos de invertir nos referimos de forma muy importante a la generación de conocimiento. Este argumento no es para nada nuevo; se ha repetido innumerables veces en libros, congresos, comunicados, pactos... En el documento titulado *La investigación: una prioridad a prueba*, editado por el Círculo Cívico de Opinión en diciembre de 2012 (<https://goo.gl/77V56K>), 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. Pero claro, para esto hacen falta políticas científicas estables, constantes y pensadas a largo plazo, no con el cortoplacismo y el egocentrismo que caracteriza a la política del momento.

CRISPR-Cas9 como ejemplo de investigación básica con aplicación disruptiva

Vamos a ver un ejemplo de cómo invertir en generación de conocimiento puede redundar en una aplicación altamente disruptiva, a los 20 años de realizarse su descubrimiento, y sin haber sido dicha aplicación prevista. De hecho podría escoger entre cientos de ejemplos para ilustrarles lo importante que es la generación de conocimiento científico y cómo este proceso ha cambiado para siempre el futuro de la humanidad. Se me ocurren a bote pronto el grafeno, la genómica, los antibióticos, los átomos, las vacunas, los experimentos de Louis Pasteur, las teorías de Max Plank, su visión de un mundo “cuantificado” y el impacto de su teoría de la mecánica cuántica no sólo la física, la química, las tecnologías de la información o la criptografía. Pero no, tengo la grandísima suerte de contar con el mejor de los ejemplos en nuestro propio país: la investigación realizada durante años en el laboratorio de Francis Mojica y que ha propiciado el desarrollo de la tecnología de edición genética CRISPR-Cas9, llamada a revolucionar los tratamientos genéticos dirigidos y tal vez a encontrar terapia genética a enfermedades intratables actualmente, como distintos tipos de cáncer, enfermedades autoinmunes o el SIDA. Tal es la magnitud del descubrimiento hecho por este hombre que los editores de las principales revistas científicas coinciden en afirmar que hacía ya algún tiempo que no había un descubrimiento de este calibre en ciencias experimentales. Pues bien, más que motivo de orgullo y parafraseando una famosa cita de Gregorio Marañón, vergüenza nos tendría que dar que, con el pírrico apoyo a la ciencia, en nuestro país haya surgido un investigador de tal calibre que, como verán, no hizo más que encontrarse dificultades.

Permítanme que les describa un poco más en detalle la historia del doctor Mojica. Ésta comienza en Santa Pola, en sus salinas, donde un microorganismo denominado *Haloferax mediterranei* vive a sus anchas dada su excelente adaptación a las altas concentraciones de sal existentes. Un joven Francis Mojica se une a un grupo de la Universidad de Alicante especializado en estudiar este microorganismo. Estamos hablando del año 1989 y, ya ven, probablemente más de uno se pregunte ahora mismo qué hacía un grupo de investigación dedicado a estudiar qué permitía a este microorganismo adaptarse a estas grandes concentraciones. ¿Para qué sirve (se preguntarían algunos) investigar sobre eso? El 61% de la población española ni siquiera se lo preguntaría.

Por aquel entonces su supervisor ya se había dado cuenta de que, alterando la concentración de sal en el medio de cultivo donde se crecía *Haloferax*, se alteraba el patrón por el que unas moléculas llamadas enzimas de restricción cortaban su ADN genómico, algo así como cambiar códigos de barras entre productos. Pues bien, a Francis Mojica le encargaron la misión de conocer qué secuencias de ADN se alteraban, como causa más probable de ese cambio de patrones con la concentración de sal. Un inciso: a qué edad puede comenzar un científico en España a investigar en su propia línea, de forma independiente, es tema para otro artículo pero está directamente relacionado con los recortes en ciencia.

Volvamos a Alicante y saltemos a 1992. Yo estaba en 6º de EGB y de aquella no había los ultra-resolutivos secuenciadores que tenemos hoy en día, así que sólo podían secuenciarse pequeños fragmentos de ADN. En su búsqueda de los fragmentos responsables de los cambios de patrón de restricción con la salinidad, Mojica se encontró con un algo extraño: resulta que entre sus secuencias había múltiples copias de secuencias casi idénticas, palindrómicas, separadas por fragmentos de 36 bases (<https://goo.gl/fjsnEk>). Para que vean lo inimaginable que era prever una aplicación a esto, permítanme traducirles una parte del resumen del artículo en el que se publicaron estos resultados, en 1993: “[...] 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** [...]”. Probablemente no hayan entendido nada, pero en esas ocho palabras que les he puesto en negrita está la

esencia de uno de los grandes descubrimientos de la historia reciente de la ciencia. Mojica se consagró a partir de entonces al estudio de esas secuencias repetidas, y ahí empezó su calvario científico, ya que tal decisión le acarrió no sólo una falta de financiación sino la chanza, mofa y befa de otros científicos que se encargaban de recordarle en los congresos a los que acudía que no se preocupase mucho de esas secuencias repetidas. Mojica tuvo el acierto de perseverar, y de saber indagar en los resultados de otros grupos de investigación, con más recursos por supuesto, y denominó a sus secuencias fetiche primero como SRSR (*short regularly spaced repeats*) y luego como CRISPR (*clustered regularly interspaced palindromic repeats*). En el año 2000, Mojica había descubierto CRISPR en 20 microorganismos muy diferentes entre sí, y otros investigadores habían descubierto genes en su proximidad que probablemente estuvieran relacionados con estas repeticiones. ¿Pero cuál era la función de tan misteriosas secuencias?

El momento eureka llegó durante las vacaciones de agosto de 2003, cuando, buscando refugio en el aire acondicionado de su despacho, se fijó no en las secuencias repetidas, sino en los fragmentos intermedios que separaban una repetición de otra. Utilizando un algoritmo de comparación de secuencias denominado BLAST (desarrollado en el National Institute of Health de los EEUU), que hoy en día cualquier graduado en biología y biotecnología maneja, Mojica descubrió que uno de los espaciadores se correspondía con una secuencia de un virus bacteriano. Hace 14 años las bases de datos genéticas estaban en continua expansión, y de hecho Mojica había intentado con anterioridad esa misma aproximación sin éxito varias veces. Pero había más: la cepa en la que ese espaciador estaba presente era resistente a la infección por el fago. De forma frenética repitió el mismo procedimiento con 4.500 espaciadores (4.500 copia y pega, ahí es nada), encontrando similitudes con secuencias conocidas en 88 de ellos, de las que dos terceras partes se correspondían con secuencias de fagos. Mojica se acababa de dar cuenta de que el CRISPR podría ser una suerte de sistema inmune adaptativo microbiano, formuló la hipótesis y se dispuso a publicarla. Pocos saben que tras ese momento de euforia le siguieron 18 meses de frustración tratando de publicar los resultados hasta que finalmente lo logró en 2005 (<http://bit.ly/2x1qg3n>).

Si bien Mojica fue el primero en postular que CRISPR podría ser un sistema inmunológico adaptativo presente en microorganismos, nunca llegó a demostrarlo, pero

desató el interés en la comunidad científica. Como es bien sabido que cada causa produce más de un efecto, y extrapolando esta idea un descubrimiento provoca otros descubrimientos, a partir de entonces comenzó una carrera por tratar de comprender el mecanismo molecular que controlaba el sistema CRISPR. En 2006 un grupo canadiense demostró que CRISPR era en efecto un sistema inmunológico adaptativo de microorganismos y a partir de ahí la historia que ya conocen y que comienza a tener repercusión mediática en 2012 cuando Jennifer Doudna (Universidad de California Berkeley) presentó una patente en la que presentaba un sistema CRISPR-Cas9 modificado para la edición de genomas bacterianos. Algunos meses más tarde, Feng Zhang (Massachusetts Institute of Technology) presenta otra patente protegiendo el uso del sistema CRISPR-Cas9, esta vez modificado para editar genéticamente ADN eucariota. Todo de una forma más eficiente y barata que las conocidas hasta el momento. Entre sus potenciales aplicaciones, que van desde la medicina y la biotecnología hasta la agricultura, hay algunas tan controvertidas y generadoras de discusiones éticas como la modificación genética dirigida de embriones humanos. A Francis Mojica le faltó, por tanto, demostrar su hipótesis –quién sabe si con más medios podría haberlo hecho (otro inciso: Feng Zhang dirige su propio grupo desde hace años en el MIT, y tiene 34 años, esto en España es, cuando menos, complicado pero, como les decía antes, a qué edad un científico puede desarrollar su propia investigación en España es tema de otro artículo).

Ya ven, el trabajo científico casi anónimo que hace 20 años no importaba a nadie es hoy la base de una tecnología que curará a millones de personas y que generará miles de millones de euros. Y es que la tecnología CRISPR-Cas9 nos ofrece un futuro en el que dejaremos atrás muchas enfermedades infecciosas y en el que seremos capaces de eliminar mutaciones genéticas responsables de enfermedades devastadoras. ¿Es o no es importante invertir en políticas de generación de conocimiento a largo plazo y no basadas en exiguos beneficios económicos cortoplacistas? Y todo empezó en una España de espaldas a la ciencia, con una línea de investigación que no tenía nada de la tan alabada excelencia que algunos proclaman a los cuatro vientos y que le denegó financiación al grupo de Francis durante años. La excelencia se demuestra con resultados como los del Dr. Mojica, no por tener un centro con el último equipamiento. Me gustaría dejarles con dos frases sacadas de una de las últimas entrevistas que le han hecho en *El País*: “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 [...]. 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...”⁶.

En España, la inversión en ciencia básica, los llamados fondos no financieros, decrece año tras año. Otros artículos se hacen eco de cifras y al alcance de todos están informes muy clarividentes como el de la Fundación COTEC (<http://bit.ly/2h2n1DI>) o el de la Confederación de Sociedades Científicas Españolas (COSCE) (<http://bit.ly/2vVaJRe>). Si encima tenemos en cuenta que el gobierno viene dejando de ejecutar entre el 50 y el 60% del ya pírrico presupuesto de I+D, la inversión real es vergonzosa (tienen toda la información en este enlace: <https://goo.gl/DyrtLx>).

Si sabemos que una inversión en torno a un 3% del PIB en ciencia y tecnología constituye uno de los factores productivos primordiales en estos países, ¿por qué no lo hemos aplicado nosotros? Citando de nuevo a Barak Obama: “La ciencia y la tecnología han conseguido que Estados Unidos sea el mejor país sobre la Tierra” (<https://goo.gl/joljTp>). Pues bien, en el caso de los EEUU, que invierte alrededor de un 2,8 % de su PIB en ciencia y tecnología, se considera que esta inversión es responsable de algo más de la mitad de su desarrollo económico e industrial a partir de la II Guerra Mundial. Y en el caso de los CRISPR, MIT y Harvard se beneficiarán de su explotación; al menos espero que Francis Mojica reciba el más que merecido Nobel.

Para concluir, considero una necesidad que nuestros políticos trabajen en las líneas y mecanismos que nos hagan invertir lo necesario para que nuestros grupos de investigación puedan comprobar sus hipótesis experimentales, sus observaciones, o sus razonamientos inductivos y deductivos en las mejores condiciones y con los mejores medios posibles, y de forma estable. Necesitamos promover que nuestros científicos sean independientes lo antes posible, reforzar nuestros centros de investigación, recuperar el talento que se nos ha marchado al extranjero, atraer también a los mejores científicos... Hay mucho por hacer. Y creo que para ello necesitamos fomentar e inculcar la cultura científica entre los dirigentes políticos advenedizos. Espero que con

⁶ *El País Semanal*, jueves 18 de mayo de 2017 (<http://elpaissemanal.elpais.com/confidencias/francis-mojica-nobel/>)

este artículo entiendan la importancia de invertir en ciencia con el único fin de generar conocimiento, de comprender mejor las cosas. Estén tranquilos, que la historia nos lo ha dicho: las aplicaciones y los mercados aparecen allí donde surge el conocimiento.

La sorprendente importancia

La cultura científica lleva, en general, a inquirir. Pero no cualquier cosa. *¿Para qué sirve un oso?* es el título de una comedia dirigida en 2011 por Tom Fernández. Una pregunta así sorprende porque hay algo raro en inquirir por la utilidad de un plantígrado, igual que por la utilidad de cualquier cosa que existe naturalmente: preguntarse para qué sirve el mar, una ladera, el tiempo o el otoño parece absurdo, quizá porque están ahí *velis nolis*. Preguntar *para qué* supone asumir una finalidad en el *qué*, y por tanto las cosas naturales (es decir, aquellas que simplemente están ahí, suceden independientemente de nosotros y no tienen que dirigirse a parte alguna) quedan, en principio, exentas de esa cuestión. Por el contrario, lo que hacemos suele obedecer a alguna intención (o intencionalidad, como se dice ahora absurdamente) y, por tanto, tiende hacia algo. Este algo (el fin) ordena la acción (que por eso es acción, resultado de un acto, y no pasión, algo que pasa): *porque* queremos ir arriba, subimos las escaleras (o subimos las escaleras para ir arriba); *porque* queremos que se nos lea, escribimos; *porque* queremos saber, estudiamos. Este tipo de conexión entre el hecho y su objetivo es lo que los clásicos llamaban la causa final.

El autor de referencia para la causalidad final sigue siendo Aristóteles⁷ –filósofo, biólogo y físico pero, ¡ay!, no innovador. La causa final lo es porque, al contrario que las demás, sucede a lo que intenta explicar, lo concluye. Desde su posterioridad, no solo explica el recorrido causal anterior sino que lo hace posible. Por ejemplo, la forma de la cadera humana no es previa a la aparición de nuestra especie por evolución a partir de nuestros ancestros pero permite explicar tal evolución: es la forma final (estrechamente unida a la bipedestación) la que permite explicar causalmente las diferentes fases del proceso de evolución que ha dado lugar al esqueleto del ser humano actual. Lo mismo ocurre en la investigación científica (y de cualquier tipo): es el producto final (que nunca es final en un sentido absoluto, sino hasta el presente; igual que el ser humano actual no es el final de la evolución, sino el último momento que se ha dado hasta

⁷ Que habla de ella sobre todo en *Física*, *Metafísica* y *Sobre las partes de los animales*.

ahora) lo que permite explicar la línea de acción que ha acabado conduciendo hacia él, pero no siempre la forma del producto final puede anticiparse en el momento en que comienza la investigación. Ante una bacteria de hace, pongamos, mil millones de años, habría resultado absolutamente imposible anticipar la mayoría de trayectorias evolutivas que condujeron a las diferentes especies actuales, por mucho que se hubiera analizado. Pero desde el final provisional de esas trayectorias (el presente) podemos reconstruirlas hasta llegar a la bacteria. Pues bien: la mayoría de investigaciones científicas puede relatarse desde su final (la vacuna, el fermento, los restos interpretados del poblado astur), pero casi nunca puede asegurarse desde su inicio adónde van a llevar. En el inicio de un proceso complejo (también de un proceso físico, y en particular de un proceso biológico), es imposible precisar su resultado. La investigación científico-técnica contemporánea es, sin duda, un proceso complejo. Por eso, ¿quién puede atreverse a condenar una determinada línea de investigación, arrogándose la capacidad de predecir que acabará en nada? ¿Quién puede reclamar para sí tales dotes adivinatorias?

La investigación científica, que es hecha por nosotros los seres humanos, resulta también de una causalidad final en otro sentido: se investigan los mecanismos de reproducción celular *para* combatir el cáncer; la conductividad de nuevas sustancias *para* mejorar las redes de telecomunicaciones; o la antigüedad de una fuente *para* fechar la fundación de una ciudad. Cabe, entonces, inquirir para qué se hace tal o cual investigación. Pero eso supone que la investigación misma no es la intención, no es el fin al que se tiende. Preguntar para qué se investiga (lo que sea) implica, además, que la indagación queda definida por su fin, puesto que éste se convierte en causa y, por tanto, tiene prioridad lógica; es decir, resulta más importante. Si queremos mejorar las propiedades de un vino, tendremos que investigar su fermentación pero no necesariamente la estructura de las levaduras en general, o los mecanismos evolutivos que llevan a ellas. Preguntar para qué sirve una investigación cualquiera supone admitir que la investigación misma no puede ser el fin, no puede investigarse por investigar, ni conocer por conocer. Así, si se pregunta para qué ha servido llegar a la Luna, se está ya dando a entender que poner pie en nuestro satélite no tiene interés, no puede constituir un fin respetable (hermoso, excitante, retador, admirable, ...). Quien exige una utilidad para la investigación está ya poniendo en duda que la tenga, hurtando a esta acción tan humana (la de investigar) posibilidades de constituirse como fin, restándole

importancia. Ese alguien debería, por tanto, explicar por qué otras acciones humanas deben anteponerse a la investigación, antes de solicitar a las personas que de hecho investigan que justifiquen su actividad. Quien quiere parar la acción de otros es quien debe dar razón de su propia intención, y nunca puede exigir a quienes pretende coartar que justifiquen su posición para eludir la violencia que se cierne sobre ellos. Quien sostiene que la investigación no constituye un fin respetable (puesto que está solicitando otros fines ulteriores que la justifiquen) debe ofrecer buenos motivos para desmerecer a las personas que la han puesto como uno de sus objetivos vitales, no a la inversa.

Solicitar pruebas de la utilidad de una investigación antes de su conclusión excluye además la posibilidad de que su resultado final difiera del inicialmente establecido. ¿Quién podría imaginar que la investigación de Spencer Silver (frustrada conforme al objetivo inicial) para encontrar nuevos pegamentos de acrilato desembocarían en la invención del Post-It por Art Fry? ¿O que los ya mencionados trabajos de Francis Mojica acabarían convirtiéndose en una llave para la manipulación genética?

Cuando se cuestiona en particular la investigación en humanidades y ciencias sociales, o directamente las humanidades y las ciencias sociales, se asume también otra posición de partida (filosófica, por cierto): que efectivamente se puede separar la investigación en estas materias. Mientras se proclaman a los cuatro vientos las virtudes de la multi/pluri/trans/interdisciplinariedad, se sigue abordando la investigación con lentes estrictamente disciplinares (seguramente en el doble sentido del término) y se renuncia a una aproximación tópica, problemática o estratégica. ¿Por qué las administraciones que gestionan y financian la investigación, las agencias de evaluación y acreditación, las bibliotecas, las revistas científicas, etc. siguen ordenadas por disciplinas (derecho, biología, economía, geografía, filosofía, ...) y no por temas o problemas (pobreza, ciudades inteligentes, envejecimiento, viajes espaciales, automóvil, tecnologías del hogar, desempleo, ...)? Desde luego, es posible encontrar razones para proceder así pero es raro que alguien las ofrezca. Y, sin embargo, se utilizan esas etiquetas disciplinares para ningunear carreras o proyectos de investigación: la historia, la lingüística, la filosofía, la lógica, ... se ven tachadas de inútiles, obviando qué se hace desde ellas, ignorando cualquier análisis de su actividad y aumentando la disposición a meter en el saco de la escolástica inútil cualquiera de sus productos, aunque tengan implicaciones directas en la integración de refugiados, las tecnologías de

reconocimiento de voz, la gestión del tráfico urbano, la “generación de recursos” turísticos, la lucha contra la depresión o la “radicalización” o, simplemente, el cultivo y disfrute personal. La investigación nunca ha sido puramente disciplinar. La indagación exclusivamente histórica es tan rara como la únicamente ingenieril o biológica: para dar lugar a, por ejemplo, un coche autónomo hay que poner en juego diversas ingenierías, sí, pero también la aerodinámica, la resistencia de materiales, la química, la investigación de mercados, la electrotecnia, la programación, e incluso la ética (pues el coche tendrá que “tomar decisiones” delicadas en algún momento: atropellar a un peatón o salirse de la calzada y dañar a sus ocupantes y a sí mismo, por ejemplo). Además, se ha de contar con financiación, conductores, marcas interesadas en la producción, regulaciones, carreteras, aceptación social, ... todas ellas cosas que desbordan ampliamente el marco de un laboratorio de investigación. ¿Qué sentido tiene hablar de investigación monodisciplinar? La literatura sobre ciencia, tecnología y sociedad ha mostrado la necesidad de contar con la multitud de agentes, disciplinas y factores implicados en cualquier actividad tecno-científica, si se quiere que esta alcance un buen éxito. Entonces, al dificultar la investigación en humanidades o en ciencias sociales, ¿cómo puede asegurarse que no se está obstaculizando la investigación en otras “disciplinas”?

Por otra parte, por utilizar una herramienta utilitaria por excelencia, cabría preguntar cuál es el precio de mantener la investigación sin apellido, en particular en las humanidades y ciencias sociales. ¿Merece la pena dejar de financiarla cuando, al escatimarla, se está dilapidando un capital incalculable? Incalculable no por abundante, que seguramente también, sino por imposible de calcular. El coste de oportunidad en que se incurre al frenar una investigación científicamente bien planteada es de unas extensión y profundidad potencialmente infinitas. Quien la para es quien tiene que ofrecer buenas razones –y puede tenerlas, desde luego–, no quien la realiza. Se argüirá que todo esto está muy bien pero que los recursos (quiere decirse, los presupuestos) son escasos y, por tanto, hay que “priorizar”. Y es cierto. Pero entonces la discusión debe plantearse en un marco político, de prioridades y preferencias, no de resultados y utilidades de investigación. Este marco es el mismo en el que se ha decidido invertir 51.175 millones de euros (en veinticinco años) en una red de ferrocarril de alta velocidad (solo el gasto financiero anual llega a los 425 millones de euros), de los

cuales 2.330 están presupuestados para este 2017⁸, y se ha ignorado la propuesta de Cáritas, de erradicar la pobreza en España con una inversión de 3.000 millones de euros, también en 2017⁹. Decisiones así se pueden defender, pero hay que defenderlas, y no corresponde a Cáritas ni a Adif justificar su utilidad, sino probar su inutilidad a quienes se la achacan. Reducir la pobreza es un fin loable donde los haya y viajar en tren de alta velocidad es estupendo. Cuando hay que optar (si es que hay que optar) entre ambos, quien tiene que justificar su decisión es quien la toma, no las personas que se ven afectadas por ella.

Conviene recordar que nada es estrictamente necesario y que, en un mundo radicalmente contingente (y el de la política científica lo es, y más si tiene sentido preguntar por la utilidad), sólo los fines marcados convencional o arbitrariamente definen la necesidad, y por tanto la utilidad. No hay investigación “no orientada”: toda la investigación está orientada por quien la lleva a cabo. Tan orientado es inquirir por la vacuna contra el sida como por la relación de los astures con los romanos, la fonética del occitano o las posibilidades de una ética animalista. Quien desea impedir que se investigue alguna de estas cosas debería mostrar por qué no debe hacerse, más bien que al revés. ¿Por qué no puede investigarse por investigar? ¿Saber por saber? La persona que afirma que el lucro resultante de una innovación debe anteponerse al deseo de saber debe justificar por qué (y en todo caso no puede exigir a otros que justifiquen sus fines sin justificar ella los suyos). Precisamente en la obra que dio nombre a esa parcela del saber que hoy llamamos metafísica (y que constituye, entre otras cosas, una reflexión sobre las ciencias) dejó escrito el Estagirita: “...de las ciencias, aquella que se escoge por sí misma y por amor al conocimiento es sabiduría en mayor grado que la que se escoge por sus efectos”¹⁰. Discutir la “utilidad” de una determinada investigación supone adentrarse en una batalla de fines, cosa que queda completamente fuera del ámbito de la investigación científica y muy dentro de la filosofía.

⁸ *Cinco Días*, 9 de abril de 2017

(https://cincodias.elpais.com/cincodias/2017/04/07/companias/1491590370_174490.html); *El Mundo*, 16 de abril de 2017

(<http://www.elmundo.es/economia/macroeconomia/2017/04/16/58efb0a9468aeb202c8b45cc.html>).

⁹ Fundación FOESSA (2017), *Desprotección social y estrategias familiares*. Madrid: FOESSA / Cáritas ([http://www.caritas.es/imagesrepository/CapitulosPublicaciones/5496/Analisis%20y%20perspectivas%202017%20-digital-%20\(002\).pdf](http://www.caritas.es/imagesrepository/CapitulosPublicaciones/5496/Analisis%20y%20perspectivas%202017%20-digital-%20(002).pdf))

¹⁰ Aristóteles, *Metafísica*, 982a. Traducción de Tomás Calvo Martínez en Gredos, Madrid 1994.

Para plantear este debate es preciso adentrarse en los terrenos de la historia de la ciencia y la tecnología, la política (científica o no), el lenguaje, la acción colectiva, la teoría del estado, la economía (desde la hacienda pública hasta la macroeconomía), el derecho (patentes, propiedad intelectual, reglas de competencia, ...), la ética (qué es mejor) y la metafísica (qué es la ciencia, la investigación, la utilidad, ...). Es decir, cualquier cosa menos las ciencias que se llaman “naturales”. Luego, sin investigación en ciencias sociales y humanidades, no es posible resolver los problemas de utilidad de las investigaciones tecno-científicas, si los hay.

Por lo mismo que es mejor (más bella, más humana, más amable, ...) una ciudad con edificios hermosos, tiendas originales, gentes amables, jardines abundantes y cuidados, aire limpio de ruidos y gases nocivos, cines, teatros, auditorios, pabellones, parques, pistas y aulas llenas de actividad, también lo es un país con unas ciencias creativas, un parnaso vibrante, una ingeniería innovadora, una filosofía propia, una historia bien desarrollada, una gran cantidad de gente trabajando en la investigación (en lugar de en la hostelería, la vigilancia o el reparto con contratos temporales y por menos de 800€ al mes a tiempo completo –aunque estas condiciones de trabajo son las que tiene la investigación hoy) y una población implicada con ella y enterada de lo que se hace en sus empresas, institutos y universidades. No es una utopía: ya se hace con el deporte. Una parte muy importante de la población conoce la marcha del equipo de sus amores (y de sus rivales), sigue a sus estrellas, tiene una opinión bien formada sobre sus necesidades y posibilidades, y está dispuesta a apoyar para que gane o, al menos, juegue en primera división, y hace bien. ¿Por qué no siente ni padece si su universidad se hunde en las clasificaciones internacionales, hace diez años que no ficha a nadie y no marca ni un miserable gol científico? El deporte, que puede ser algo maravilloso, no es tan diferente de la ciencia, y sin embargo nadie pregunta para qué sirve Wimbledon o por qué hay que mantener (incluso con dinero público) un equipo de fútbol de regional preferente.

En todo caso, los mayores problemas de la investigación en España (y en cualquier parte) son consecuencia de una crisis, sí, pero no económica, sino de la voluntad y el entendimiento de quienes, pudiendo convertirla en una fuente tan barata como generosa de disfrute y estima (y, por qué no decirlo, de poder –mas no en el aspecto de control al que se ha visto reducido últimamente, sino en el de capacidad de acción, eso que ahora

se traduce torpemente del inglés como *empoderamiento*, pues quien más sabe más puede hacer—, consideran que “hay otras prioridades”.

¿Para qué sirven la música, el baloncesto, la jardinería, el flamenco, el gótico flamígero, las vacaciones, una madre? Preguntar por la utilidad de lo bueno suena absurdo y, sin embargo, ¿por qué no cesa de plantearse para qué sirven la ciencia, la investigación, la universidad y no digamos ya las humanidades? Dar la pregunta por buena entraña aceptar una visión de la realidad muy discutible. No hay que seguirle el juego a la ignorancia. Cabe hacer una defensa de la utilidad de lo inútil, al estilo de Nuccio Ordine¹¹ pero también, antes, devolver la pelota. No hay por qué aceptar la cuestión del *para qué* de la investigación como válida. En su lugar, cabe preguntar: ¿para qué sirve cuestionar la investigación? ¿Por qué hay que negar su trascendencia?

Escribir un artículo exponiendo las virtudes de la investigación (científica, tecnológica, artística, filosófica, económica, ...) es frustrante y absurdo; tanto como justificar el aprecio por el olor de la tierra mojada al comienzo de una tormenta de verano, por la sonrisa de una hija, por la victoria del equipo preferido, o por el *adagio* de ese concierto: si hay que explicarlo, es que no se va a entender. Quien ningunea la física teórica, el latín, la historia medieval, la filosofía, la música coral, la geografía humana, la antropología, la lógica matemática, la morfología celular, la paleografía o cualquier disciplina que a Vd. se le ocurra, lleva su penitencia en su pecado. Mal estamos si realmente hace falta proclamar esta obviedad.

No es el oso el que tiene que demostrar para qué sirve si quiere evitar su exterminio, sino sus cazadores quien deberían justificarlo para evitar ser condenados. No dejemos que se invierta la carga de la prueba: no son la filosofía, la historia, la filología clásica o árabe, la microeconomía, la física de partículas o la astronomía las que tienen que demostrar su utilidad para sobrevivir. Ellas están ahí. Quien tiene que demostrar su inutilidad, su fealdad o su maldad son quienes pretenden hacerlas desaparecer (o por lo menos, menguar). Si es que en verdad hay tales quienes, cosa que puede razonablemente dudarse.

¹¹ Nuccio Ordine, *L'utilità dell'inutile*, RCS Libri, Milán, 2013. Trad., *La utilidad de lo inútil. Manifiesto*, Acantilado, Barcelona, 2013.