

EL SISTEMA CIENCIA Y TECNOLOGIA

Manuel Fuentes

Se reflexiona sobre la necesidad de precisar algunos conceptos que subyacen en cualquier sistema de ciencia y tecnología (v.gr. investigación Básica, Investigación Aplicada, Desarrollo, etc.) antes de acometer un análisis de I+D de/ País Se señalan las circunstancias que llevaron a la génesis de las llamadas tecnologías horizontales, piedra angular de nuestro sistema de tecnología. Se examina el papel histórico desempeñado en los Países industrializados de nuestro entorno por el tirón del mercado y el empujón tecnológico, extremo que se ilustra haciendo referencia a la evolución del sector químico en el Reino Unido. Se especula, para terminar, sobre la escasa vitalidad y limitado protagonismo que uno y otro podrían jugar en un futuro próximo en nuestra Comunidad.

Zientzia eta teknologiaren edozein sistemaren azpian dautzan zenbait kontzeptu zehazteko premian buruzko hausnarketa egiten da (esaterako, Oinarrizko ikerketa, ikerketa Aplikatua, Garapena etab.) lan honetan, Herrialdeko I+D delakoaren analisiari ekin aurretik. Teknologia horizontalak deiturikoak gure teknologia sistemaren giltzarri direnak, sortzera eramán zuten zirkunstantziak seinálatzen dira. Merkatuaren tirak eta bultzada teknologikoak gure inguruneke Herrialde Industrializatuetañ izan duten eginkizuna aztertzen da, hori egiterakoan Erresuma Batuko sektore kimikoaren bilakabidea aipatzen delarik. Amaitzeko, batake zein besteak duen bizitasun eskasaz eta gure Elkarteateñ hurbileko etorkizuneateñ joka dezaketen protagonismo mugatuaz egiten da gogoeta.

On réfléchi sur la nécessité de préciser quelques concepts qui apparaissent sous n'importe quel système de science et technologie (v.gr. Recherche de Base, Recherche Appliquée, Développement, etc.) avant d'entreprendre une analyse du I+D du Pays. On indique les circonstances qui ont conduit à l'origine des dites technologies horizontales, pierre angulaire de notre système de technologie. On examine le rôle historique joué dans les Pays Industrialisés de notre Entourage par le «tirón del mercado» (secousse du marché) et le «empujón tecnológico» (poussée technologique), extrême qui s'illustre en faisant référence à l'évolution du secteur chimique dans le Royaume-Uni. On spécule, pour terminer, sur le peu de vitalité et protagonisme limité que l'un et l'autre pourraient jouer dans un proche avenir dans notre Communauté.

Se hace ciencia y -quizá en menor medida- tecnología en Euskadi. No se cuenta sin embargo con un plan de Ciencia y Tecnología que pueda servir de referencia al realizar las reflexiones que hoy nos ocupan, si bien existe un plan de tecnología en proceso de revisión y adecuación a las circunstancias actuales. El tema de este encuentro es el Sistema Ciencia y Tecnología, o en otras palabras, la investigación científica y tecnológica. Las reflexiones que acometo se han elaborado sin conocer el contenido de las aportaciones de la Universidad, del I+D industrial e incluso de aquel con quien debo compartir los puntos de vista de los Centros Tecnológicos. Con esta aclaración trato de prevenir que mi intervención pudiera resultar parcialmente redundante con la de los representantes de la Universidad -al fin y al cabo mis señas de identidad son las de un Profesor Universitario- y hasta con los de la industria, uno de cuyos ponentes es también Catedrático de Universidad.

En ausencia de un referente -de un Plan de Ciencia y Tecnología- parece indicado enunciar algunos de los conceptos que subyacen en cualquier Sistema de Ciencia y Tecnología -Investigación Básica e Investigación Aplicada- y su entronque con la economía; investigación tecnológica e innovación industrial. La oportunidad de estas precisiones la suscita la lectura de un reciente estudio relativo a la evolución del I+D en Euskadi en el que se cuantifica el colectivo de investigadores de nuestra comunidad: su número asciende a 4.740 repartidos entre las Administraciones Públicas (236), la Enseñanza Superior (2.439) y las empresas (2.065). Datos como estos plantean la pregunta: ¿qué se entiende por investigación y por tanto por investigador? Pues bien, considero que en un sentido amplio se entiende por investigación aquella actividad cuyo objetivo es ampliar o profundizar el campo de lo conocido. El investigador se plantea unas interrogantes que trata de contestar aplicando una metodología -el método científico- hecha en la mayoría de los casos de abstracción y experimentación. El producto de la investigación es diferente según el fin próximo que se persigue. Si éste es el de ampliar o profundizar el campo de lo conocido, el producto que se obtiene es la ciencia, entendida como conjunto de saberes sistemáticos sobre cada campo de conocimiento. En tal caso se habla de Investigación Científica. Si la finalidad próxima es el conocimiento para manejar y aprovechar la naturaleza con fines utilitarios, el producto de esta actividad se denomina Investigación Aplicada, y si se añade una fase adicional cual es la del desarrollo y se considera la estrategia comercial, el producto resultante se aproxima a lo que se ha dado en llamar Tecnología. Porque, en sentido estricto, la tecnología no es sino el producto de la aplicación de las ciencias encaminado al manejo y al aprovechamiento de la naturaleza. Ciencia y Tecnología aparecen así como dos pasos sucesivos, aunque irremisiblemente unidos, que con frecuencia se solapan y que permiten al hombre avanzar por el camino de su propio perfeccionamiento en tanto que satisfacen aspiraciones básicas del hombre y del progreso continuo de la sociedad. La tecnología debe considerarse en suma como

la encarnación del conocimiento que, cuando se trata de las Nuevas Tecnologías, reviste un carácter intensivo.

¿Es lícito englobar en un mismo grupo a los profesionales de las Administraciones Públicas, de la Enseñanza Superior y de la Empresa? Porque, para empezar, siempre ha habido controversia y, hasta cierto punto cruce de acusaciones, entre los valedores de la Investigación Básica y la Investigación Aplicada, conflicto que se ha extendido -al acuñarse más tarde el término- a la Investigación Tecnológica. Se dice que la investigación básica, al preguntarse sobre cuestiones fundamentales, se justifica en sí misma; esto es, no necesita defenderse con argumentos de carácter económico. A pesar de ello, no deja de ser menos cierto que desde hace muchos años los organismos públicos responsables del impulso de la investigación asociaron casi indisolublemente al término científico la impronta de la técnica. Sirva como ejemplo el caso de la extinta CAICYT (Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica), diseñada, al fin y al cabo, a imagen y semejanza de los organismos y agencias de investigación imperantes en aquellos días en los países de nuestro entorno y de la actual CICYT (Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología) que en línea con los gustos de los tiempos sustituyó la palabra técnica por la de tecnología. Parece pues traslucirse como si sin el concurso utilitario de la técnica -de la tecnología- la existencia de la investigación científica no quedara suficientemente legitimada, por mucho que -como tan acertadamente ha señalado el Profesor Echenique- contribuya, de forma sustantiva, a: i) la formación de personal, condición indispensable para emprender acciones de investigación y desarrollo, ii) a la génesis de ideas, que posteriormente dan lugar a acciones de investigación y desarrollo, y iii) a la creación de un clima de calidad, de una exigencia de excelencia en el enfoque de los problemas, que afecta como por ósmosis a todas las demás actividades.

Cabe preguntarse si los que se afanan -como tantas veces se ha dicho- en el saber por el saber, practican un ejercicio radicalmente diferente al de los que persiguen un fin práctico, máxime cuando existe una tendencia -una agobiante presión de proyección internacional- a dirigir la investigación hacia la búsqueda de soluciones casi inmediatas a problemas del mercado, *problemas* que adolecen con frecuencia de contenido y cuando lo tienen tienden a acometerse -para hacer frente a la inmediatez que los envuelve- sin recurrir al rigor científico que siempre debe presidir la investigación, por muy tecnológica que ésta sea. Porque cuando por razones de urgencia tengan que aportarse soluciones a problemas industriales a corto plazo, éstas sólo podrán admitirse como soluciones suficientes, y ello con carácter transitorio, de tal forma que nunca podrá aceptarse como válido justificar la mediocre calidad de un estudio o investigación señalando que tiene carácter de urgencia y estrictamente utilitario, porque entre otras tantas razones la solución aportada, al adolecer de rigor, puede no ser fiable. Pretender en este contexto asignar fronteras de separación entre la forma de hacer de la Universidad y los Centros Científicos propiamente dichos, y los de Investigación bajo Contrato -los tecnológicos- en base al ejercicio que unos y otros puedan hacer del *rigor* constituiría un serio error, que en forma alguna debe fomentarse.

Entiendo por otra parte que el carácter abierto de la investigación -también de la tecnológica- debe a toda costa salvaguardarse. Reseña el Profesor Echenique en su Lección «El deseable enlace entre la sociedad y la ciencia»² un texto del Premio Nobel de Fisiología y Medicina (1947) Bernardo Houssay especialmente oportuno en el marco de esta reflexión: *Es muy común en los países atrasados una desmedida preocupación por las aplicaciones inmediatas, y por ello se suele alardear de criterio práctico y pedir que se realicen exclusivamente investigaciones de aplicación inmediata y útiles para la*

sociedad. Esta es -prosigue el texto- idea propia de personas incultas y de ambientes atrasados, o bien es signo y factor de decadencia en los ya adelantados. Quienes expresan tales criterios ignoran -y esta ignorancia es muy grave y dañina- que todos los grandes adelantos prácticos provienen de la investigación científica fundamentalmente desinteresada. Podría aducirse -soy consciente de ello- que un enfoque utilitarista puede ser desmedido en lo que se refiere a la investigación básica y añadir que en cualquier caso las reflexiones del Premio Nobel de referencia se realizaron en una época pasada, cuando aún no se había *inventado* la competitividad: *leit motiv* de la innovación tecnológica. Pero la validez de sus comentarios -su cautela ante un enfoque excesivamente utilitario- es sin embargo actual y tal cautela afecta también a la investigación tecnológica que por su propia naturaleza prima la viabilidad comercial de sus resultados. Porque la entronización del utilitarismo puede llevar a graves contradicciones. Así por ejemplo, nuestro Plan de Tecnología prioriza el papel de las llamadas tecnologías horizontales, cuyo ejercicio -así se proclama- corresponde a los Centros Tecnológicos. Pero cabe preguntarse: ¿cómo se alumbraron las tecnologías horizontales? Pues bien, no cabe la menor duda que fueron fruto de programas de investigación abiertos -v.gr. los de Defensa y otros de finalidad estrictamente civil como los de la Lucha contra el Cáncer, los Medio-Ambientales y los relativos a la Automoción Limpia, por citar cuatro ejemplos paradigmáticos- extremadamente fecundos en la creación de conocimientos básicos con un amplio espectro de aplicaciones. ¿Cómo podrán generar tecnología sin embargo unos Centros abocados a realizar casi el 100% de su actividad en torno a la llamada investigación bajo contrato, en una situación socio/económica como la actual -con tendencia a exacerbarse en años venideros- que entre otras cosas anatemiza el gasto y consecuentemente el apoyo directo e indirecto al I+D? En este clima, la reducción de la financiación de: i) los proyectos de tipo genérico (apoyo directo), a través de los que debe realizarse la generación de conocimiento y ii) del I+D industrial (apoyo indirecto), se presenta a los Poderes Públicos como una tentadora opción para recortar el gasto. Por otra parte el excesivo dirigismo -¿planificación?- en lo que se refiere a la priorización de las áreas susceptibles de financiación -en definitiva la censura ante la libre elección del problema objeto de estudio- puede obstaculizar la concepción de nuevas *Tecnologías Horizontales*, piedra angular de tantas políticas tecnológicas, incluida la diseñada por nuestro Gobierno. En este contexto, salvaguardar lo que es nuclear -lo que debe ser nuclear- en los Agentes Tecnológicos puede resultar a corto plazo una tarea imposible.

Porque ciertamente el entorno socio/económico no contribuye a que éstos jueguen el papel -el auténtico papel- que les corresponde. No se da lo que se ha dado en llamar el *tirón de/ mercado*, el que se produjo, por ejemplo, en la industria química de la Revolución y Postrevolución Industrial (finales del s. XVIII y s. XIX) en Inglaterra. Tampoco favorece este clima la exigencia de excelencia (por parte de dichos agentes), sin la que difícilmente se habría dado el *empujón tecnológico* que ha provocado durante buena parte de este siglo la transformación de la industria química de un sector de servicios -enfocado a satisfacer las necesidades de la *industria mecánica* que protagonizó la Revolución Industrial, mecánica en cuanto precisaban de un «motor» común: la transformación *carbón + vapor + potencia mecánica*- en un sector generador de nuevos productos (de nuevos materiales) con identidad propia. En los albores de dicha Revolución (hacia finales del s. XVIII) la industria textil, por citar un ejemplo, utilizaba cenizas vegetales para blanquear los tejidos. Ante la creciente demanda de este tipo de producto y sus limitaciones intrínsecas, la industria se comprometió en su sustitución. A tal fin los Agentes Tecnológicos de aquel tiempo acometieron la *demonstración* de las ventajas asociadas a la sustitución de la ceniza vegetal por la lejía, un producto que además de mostrar mayor

eficacia apenas dañaba el tejido. Demostrada la idoneidad de la lejía *se diseminó* la idea de su introducción en el proceso de blanqueo, generándose así la demanda industrial de aquélla. Para satisfacer ésta, se emprendió el *desarrollo* industrial del proceso de fabricación y posteriormente el de un proceso alternativo para la fabricación del «polvo de blanqueo» que eliminaba los problemas asociados a la manipulación de un líquido con las características de la lejía. Hasta aquí los «Agentes Tecnológicos» de aquel tiempo no hicieron más que satisfacer una necesidad de la industria aportando para ello una exquisita profesionalidad y exigencia de excelencia en el ejercicio de las 3Ds: demostración primero, diseminación después y desarrollo finalmente. No se precisó aquí del concurso de la investigación aunque intervino más tarde en la postrevolución industrial. En efecto, en las primeras fases de la fabricación de la lejía o del «polvo de blanqueo» se producía sulfato sódico, compuesto que sirvió de materia de partida para la obtención de la sosa, un medio básico de uso común y por tanto de creciente demanda. Y como subproducto de esta reacción se generaban «cenizas negras» ricas en azufre, cuyo apilamiento dio lugar a los *montículos* que asolaron el bucólico paisaje de Inglaterra, causando de paso el devastador problema ambiental que azotó las zonas textiles de este País; el azufre -asistido por la humedad del ambiente y el agua de la lluvia, generaba ácido sulfúrico- un compuesto que al penetrar en el subsuelo destruía cuanto encontraba en su camino. Se manifiesta de nuevo una necesidad y -a pesar de la escasa sensibilidad que en aquel entonces existía hacia los temas ambientales- un compromiso para subsanar este problema con el indispensable concurso -en este caso- de la investigación: se alumbra un revolucionario proceso de fabricación de la sosa cáustica (el proceso Solvay) que no recurre al sulfato sódico, y no originaba por tanto las nocivas *cenizas negras* ricas en azufre, causantes de los devastadores problemas ambientales a que se ha hecho referencia. El papel de la I y el de las 3Ds aparece ahora -como en tantos otros casos- estrechamente entretreído y aunque el contenido científico de estos cuatro estadios es diferente, ello no implica que la aproximación al *fenómeno tecnológico* a través de las 3D pueda realizarse sin aplicar el mismo rigor científico. Su ejercicio es imprescindible para realizar el tránsito no ya de la investigación científica a la aplicada sino también de esta última al desarrollo, Tratar de transitar esta secuencia,

Inv. Básica + Inv. Aplicada + Inv. Tec. + Desarrollo + 3Ds

en sentido inverso puede constituir una utopía. Porque la focalización en las 3D -la priorización de respuestas *prácticas*- suele llevar consigo la renuncia a la especulación, ejercicio de reflexión imprescindible para acometer la racionalización y modelización del fenómeno o fenómenos subyacentes al problema utilitario que se persigue responder. Tales condicionamientos toman especial relevancia en tiempos de dificultades -de restricción del gasto- en los que los *mercados del quehacer investigador* se retraen, casi en igual medida los sectores públicos y privados, y centran su atención -en el mejor de los casos- en el corto plazo. En tales condiciones los «Agentes Tecnológicos» -más aún los estatutariamente comprometidos a generar la totalidad de su presupuesto ordinario (sueldos, gastos generales, amortización de inversiones, etc.) y gran parte del extraordinario (remodelación de laboratorios, adquisición de nuevos equipos, etc.) en el mercado- pueden verse abocados a desvirtuar el ejercicio de su actividad, que debe siempre llevarles -al abordar un problema- a cotejar la bibliografía especializada (para asumir los avances precedentes), a diseñar experimentos, a contrastar repetidamente los resultados obtenidos, a fijar intervalos de confianza, a racionalizar y modelizar el fenómeno o fenómenos que marcan la solución del problema y a discutir las aportaciones novedosas de la investigación en foros abiertos; esto es, a ejercitar en suma el método científico. ¿Se da en nuestro entorno el *tirón del mercado*? En el capítulo relativo al esfuerzo en I+D, según los

sectores de ejecución del gasto, de la estadística a que antes hice referencia, se cuantifica en un 83% el realizado por las empresas, cantidad a la que contribuyen éstas en un 76,5% con fondos propios, las Administraciones con un 19% y fuentes extranjeras con el restante 4,5%. Este dato -el del 83%- es positivo en sí mismo, pero la cuestión está en cuál es el volumen de contratación con la Universidad y/o los Centros Tecnológicos, y más aún cuál es la fracción -una vez deducidas las subvenciones públicas- de este gasto financiado propiamente por éstas.

La investigación desempeñó -decíamos- un papel de primer orden en el alumbramiento del proceso Solvay. Pero mucho mayor es el que ha protagonizado a partir de la segunda mitad de los años veinte -desencadenando un auténtico *empujón tecnológico*- al acometer la síntesis de sustancias y compuestos químicos y transformar un sector -tradicionalmente dedicado a satisfacer las necesidades de otros sectores industriales- en uno propio, centrado en el diseño y producción de nuevos materiales. Ciertamente la innovación y la investigación aparecen como términos o actividades sinónimas en este proceso de transformación del sector químico; no intervinieron aquí la demostración y diseminación -y sólo en menor medida el desarrollo- tres estadios generalmente asociados, casi con rango de exclusividad, al proceso innovador. En este caso como en tantos otros el investigador se preguntó cómo operaba el mundo natural convencido de que al dilucidar y entender su funcionamiento estaría en condiciones de copiarle y mejorar los mecanismos que controlan aquél. Se planteó si al indagar y entender cómo trabajan las moléculas naturales no estaría en condiciones de *fabricar otras artificiales* que realizasen mejor las funciones que desempeñaban aquéllas -las naturales- con mayor rapidez y menos costo. Bueno, bonito y barato constituye una difícil panacea y corresponde al investigador priorizar dos de estos objetivos a expensas del tercero. No se hubiera producido obviamente esta Revolución de la Industria Química de no haber contado el Reino Unido con profesionales de excelencia, curtidos en el ejercicio del método científico, capaces de desencadenar el *empujón tecnológico*.

En línea con el ejemplo descrito cabe preguntarse si se percibe una *necesidad* sentida -en nuestro entorno industrial- entendiéndose como tal aquélla cuya solución conlleve un cierto desafío científico/técnico. No está claro que se den en nuestro entorno las condiciones propias del llamado *tirón del mercado*. Y si las restricciones al libre ejercicio de la actividad investigadora prosperan difícilmente podrán darse las del denominado *empujón tecnológico*. Obviamente no es preciso señalar que el *tirón del mercado* y el *empujón tecnológico* no son excluyentes sino que se complementan y es justamente cuando uno y otro se producen simultáneamente en el tiempo, en un entorno geográfico dado, cuando los fines programáticos (misión) de los Agentes Tecnológicos y sus realizaciones coinciden o tienden al menos a converger. Es este clima el que más favorece la existencia de Agentes Tecnológicos de calidad, *centrados* en torno al segundo estadio de la cadena:

Inv. Fundamental + Inv. Aplicada + Desarrollo, Demostración, Diseminación;

esto es en la Investigación Aplicada, atendiendo así -dicho sea de paso- las recomendaciones de la Patronal Confebask al Mundo Universitario, contenidas en el documento de síntesis del «*Primer Encuentro Universidad-Empresa*», leído en la sesión de clausura del pasado 29 de septiembre en la Universidad de Deusto.

El tiempo se consume y debo acabar y lo voy a hacer refiriéndome al texto del Premio Nobel al que hice alusión al principio de mi intervención: Es *muy común en los países atrasados una desmedida preocupación por las aplicaciones inmediatas, y por*

ello se suele alardear de criterio práctico y pedir que se realicen exclusivamente investigaciones de aplicación inmediata y útiles para la sociedad. Esta es idea propia de personas incultas y de ambientes atrasados, o bien es signo y factor de decadencia en los ya adelantados. Quienes expresan tales criterios ignoran -y esta ignorancia es muy grave y dañina- que todos los grandes adelantos prácticos provienen de la investigación científica fundamentalmente desinteresada.

Puede aducirse que con excesiva frecuencia el ejercicio de la libertad académica lleva al profesor universitario a priorizar el estudio de problemas ajenos -aunque quizá a veces tan sólo aparentemente- a la realidad socioeconómica a la que pretenden servir. Y en esta clave deba probablemente interpretarse la referida recomendación de la Patronal Confebask a la Universidad para que corrija la *inclinación del tiro*, enfatizando la Investigación Aplicada y se aproxime así a la realidad industrial, Pero no es menos cierto que esta misma recomendación podría hacerse a los Agentes Tecnológicos -a los Centros- cuyo campo de actuación -en un tejido industrial dotado ya, en mayor o menor medida, de unidades de I+D propias- debería desplazarse *-por elevación del tiro-* hacia la Investigación Aplicada, para seguir ejerciendo sobre éstas la misma función de ósmosis que han realizado hasta ahora.