

Desarrollo tecnológico desde las ciencias, luces y sombras
Desenvolvimento tecnológico a partir das ciências: luzes e sombras
Technological development from sciences: lights and shadows

Eduardo Cortón *

Este trabajo propone algunas reflexiones en torno a los alcances y las consecuencias del creciente protagonismo de los científicos, las instituciones científicas y las universidades en general en la producción de bienes tecnológicos, generando innovación, participando en la creación de empresas y productos solicitados por privados o estatales. Estas actividades pueden generar puestos de trabajo de calidad, el aumento de la competitividad de la economía, y de la calidad de vida de los habitantes. Muchas universidades e institutos de investigación se han dedicado tradicionalmente a actividades relacionadas con la producción de conocimiento y la enseñanza; sin embargo, el modelo actual en muchos países incluye un desplazamiento de la actividad de los científicos hacia un perfil de científico-tecnólogo. Aquí presentaremos una mirada a este proceso de cambio.

129

Palabras clave: tecnólogo, emprendedor, cuadrante de Pasteur, ciencia y empresas

* Investigador independiente del CONICET, Departamento de Química Biológica e IQUIBICEN-CONICET, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Argentina. Correo electrónico: eduardo@qb.fcen.uba.ar. Los comentarios vertidos en este artículo reflejan opiniones personales del autor y no representan necesariamente las de las instituciones, organizaciones y asociaciones a las que pertenece. El autor agradece al Marcelo J. Wolansky por su revisión y su colaboración con ideas que han mejorado el trabajo.

Este trabalho propõe algumas reflexões em torno dos alcances e consequências do crescente protagonismo dos científicos, instituições científicas e universidades em geral na produção de bens tecnológicos, gerando inovação, participando na criação de empresas e produtos solicitados por privados ou estatais. Estas atividades podem gerar postos de trabalho de qualidade, o aumento da competitividade da economia, e da qualidade de vida dos habitantes. Muitas universidades e institutos de pesquisa se têm dedicado tradicionalmente a atividades relacionadas com a produção de conhecimento e ao ensino; contudo o modelo atual em muitos países inclui um deslocamento da atividade dos cientistas, encaminhado a um perfil de cientista-tecnólogo. Aqui apresentaremos um panorama desse processo de mudança.

Palavras-chave: tecnólogo, empreendedor, quadrante de Pasteur, ciência e empresas

This paper offers some reflections on the scope and the consequences of the growing prominence of scientists, scientific institutions, and universities in general in the production of technological goods, the generation of innovation and the participation in the creation of companies and products requested by the private and the state sector. These activities can generate quality job openings, an increase in competitiveness in the economic sector, and in the citizens' quality of life. Many universities and research institutes have traditionally focused on activities related to the production of knowledge and teaching. However, the current model applied in several countries involves a shift of scientists' activities towards a scientific-technological profile. This piece presents a look on this process of change.

Key words: technologist, entrepreneur, Pasteur's quadrant, science and companies

1. Facultades de ciencias y tecnología

Palabras como *start-up*, *spin-off* y *entrepreneurial*, u otras como “incubadoras de empresas” y “plan de negocios”, se escuchan cada vez más frecuentemente asociadas a universidades e institutos de investigación en Argentina y en gran parte del mundo. Estas palabras están asociadas a una tendencia a la resignificación de las funciones y tareas que universidades y otros centros del sistema de ciencia y técnica deberían desarrollar. Tradicionalmente, y en especial las universidades, estos actores eran considerados tanto desde su perspectiva interna como desde el punto de vista de la sociedad en general como instituciones con dos funciones principales: la educación y la generación de conocimiento. Dependiendo del tipo y orientación de las distintas facultades, la generación de conocimiento puede ser una actividad importante o no. En general, la relación entre docentes con dedicación a tiempo completo (40 horas semanales de dedicación) y los de dedicación parcial (20 ó 10 horas semanales de dedicación) es indicativa de esta tendencia. Las facultades con mayor proporción de docentes *full time* son, en general, aquellas en las que la producción de conocimiento tiene mayor importancia. En particular, las facultades de ciencias (biología, física, geológica, matemática y química, entre otras) han tenido históricamente un enfoque que podríamos denominar “cientificista”, donde se estimula la generación de conocimiento, sin importar demasiado si este conocimiento puede redundar o no en un producto o una patente.

La discusión acerca de qué tipo de ciencia y qué temas o problemas deben ser investigados ha sido siempre un tema importante de discusión, dados los limitados recursos disponibles. Como puntos antagónicos de esta discusión, podemos resaltar la defensa de la investigación básica versus la aplicada (la primera está orientada a obtener conocimiento, la segunda más relacionada con el desarrollo de tecnología o productos). Otro tema de discusión es acerca de la utilidad o no de dirigir o seleccionar los temas que deben ser investigados desde algún órgano, comisión u organización del Estado, o bien permitir que los investigadores por sí mismos (comisiones evaluadoras de pares) seleccionen los temas válidos a ser investigados. Ambos aspectos son discutibles, y las naciones desarrolladas en general balancean los diferentes aspectos, combinando investigación básica y aplicada, estimulando el desarrollo de algunos temas de investigación que el Estado considera importantes, pero dando también libertad académica a los investigadores para que seleccionen los temas válidos para ser estudiados.

El concepto del cuadrante de Pasteur fue propuesto por Donald Stokes (Stokes, 1997) como una versión mejorada o ampliada de la interpretación clásica (y a veces de confrontación) entre ciencia básica y ciencia aplicada (**Figura 1**). Estos cuadrantes están denominados con un investigador que es un ejemplo del tipo de investigaciones realizadas; en el cuadrante de Bohr, lo importante es el conocimiento por el conocimiento mismo, no están en los planes o interés de los investigadores de este cuadrante el desarrollo tecnológico o posibles aplicaciones de sus descubrimientos, este tipo de investigaciones se suelen denominar también académicas o de ciencia básica. En el cuadrante de Edison, lo que importa es desarrollar tecnología que funcione, patentar y originar productos o servicios; no son relevantes sus principios o

teoría subyacente del funcionamiento de los bienes originados; este tipo de investigaciones también se denomina ciencia aplicada o investigación técnica.

Las líneas de investigación con objetivos más técnicos o tecnológicos muchas veces han sido consideradas de baja calidad y por ello desalentadas (el criterio de calidad más utilizado en estos casos ha sido la posibilidad de la publicación de los resultados de las investigaciones en revistas científicas internacionales de gran prestigio, como Nature, Science y otras). Pero en el paradigma planteado por Stokes, existe la posibilidad de combinar lo mejor de los mundos ejemplificados por Bohr y Edison, en lo que denomina el cuadrante de Pasteur, donde se obtiene conocimiento relevante y, al mismo tiempo, desarrollo de tecnología. Este nuevo cuadrante se ejemplifica con el microbiólogo Louis Pasteur, ya que se ha propuesto que las investigaciones básicas en el área de microbiología de este reconocido científico, al ser realizadas en el marco de un problema de aplicación tecnológica (industria del vino), han podido producir, al mismo tiempo, conocimiento y tecnología. Esta concepción también produce un cuarto cuadrante, donde no ocurre producción relevante ni de conocimiento ni de tecnología, y sería el peor lugar en el universo de Stokes, una especie de infierno para los científicos y tecnólogos que, según esta concepción, han fracasado. Debido a que éste no es un lugar de privilegio, por cortesía se suele evitar asignarle a este cuadrante algún científico o tecnólogo que lo ejemplifique.

132

Figura 1. El cuadrante de Pasteur, una concepción de la relación entre la ciencia y tecnología (Stokes, 1997)



En la concepción de facultad de ciencias de tipo academicista, donde el cuadrante de Bohr es el ejemplo de la investigación que debe ser promovida, un círculo virtuoso que incluye la enseñanza de grado (licenciaturas), el desarrollo de profesionales altamente especializados (maestrías y doctorado) y la creación de conocimiento científico y técnico o tecnológico ha sido un objetivo frecuentemente alcanzado. Pero en general la utilización del conocimiento generado dentro de la universidad (o los institutos de investigación) por otros actores sociales (privados, Estado) no era considerada una actividad demasiado importante, sino más bien una posibilidad que dependía del interés individual del investigador. Inclusive, en algunos ámbitos académicos la producción tecnológica puede considerarse negativamente, ya que en cierto modo compite contra la denominada investigación básica: el tiempo, el personal y los recursos económicos para apoyar las investigaciones son siempre limitados. Por ello, el nuevo paradigma del científico-tecnólogo (cuadrante de Pasteur) pone el acento en la utilización del conocimiento obtenido, para la producción de nuevos o mejores bienes y servicios.

Esta producción de bienes y servicios puede llevar al aumento de la eficiencia de procesos económicos de cualquier tipo, la creación de nuevos productos, puestos de trabajo de calidad y capacidad exportadora, así como el desarrollo de tecnología y productos que mejoren la calidad de vida de los habitantes, como nuevas vacunas y tratamientos médicos, sistemas de depuración de agua y sistemas para gestionar la calidad ambiental, entre otros subproductos deseables del proceso de investigación y desarrollo. Estos conceptos no son novedosos y se desarrollan por lo menos a partir del fin de la Segunda Guerra Mundial. En las últimas dos décadas, esta idea del desarrollo a partir de la ciencia ha llegado con fuerza a universidades en todo el mundo e institutos de investigación, dando lugar, entre otros efectos visibles, a la aparición de un tipo particular de competencias o concursos. En estas competencias se premian ideas de negocios y planes de negocios (en ambos casos, se trata de propuestas de creación de una empresa o un servicio que produzca renta económica o un beneficio social) donde participan tanto alumnos avanzados de las universidades como investigadores formados y tecnólogos. Estos concursos y otras actividades que buscan la interacción y la cooperación entre las universidades y las empresas son organizados por las denominadas oficinas de vinculación tecnológica, o por las incubadoras de negocios u otras estructuras asociadas al sistema científico-tecnológico, cuyo fin primario es facilitar la transición desde el conocimiento universitario y académico hacia la constitución de empresas, la interacción con empresas existentes, o con organismos del Estado que requieren asistencia, desarrollos específicos o nuevos productos. El caso de las incubadoras es muy interesante: son estructuras que apoyan “semillas” de empresas, dado que se sabe que durante los primeros años de cualquier empresa o emprendimiento ocurre el mayor porcentaje de fracasos. Las incubadoras apoyan las ideas y los proyectos de los denominados “grupos emprendedores”, o de empresas nacientes, hasta que pueden valerse por sí mismas, convirtiéndolas en emprendimientos exitosos (o fracasos: se considera que sólo una de cada diez empresas semilla puede alcanzar el éxito). El número de empresas semilla que alcanzan el éxito depende de muchas condiciones económicas y políticas del entorno, así como de la definición utilizada. Por ejemplo, una sobrevivida de cinco años y el lanzamiento de un producto al mercado podrían definir a una empresa como exitosa.

2. La situación latinoamericana

La posibilidad de producir desarrollo tecnológico desde las ciencias depende naturalmente y en gran medida del desarrollo y maduración del sistema científico en cada país. Además, debe alcanzarse una masa crítica de investigadores y recursos para que pueda generarse tecnología. Algunos de los países de mayor desarrollo económico en la región han logrado un relativamente temprano (aunque moderado) desarrollo de sistemas de investigación científica, especialmente en la Argentina, Brasil y México. Esto permitió que, en una situación mundial donde el desarrollo científico era en cierta medida artesanal (no se necesitaban equipamientos muy costosos, y muchos de ellos, aun los más complejos, podían construirse en el laboratorio con recursos y materiales disponibles en la región), el surgimiento de grupos de investigación competitivos a nivel mundial, incluso en condiciones de bajo financiamiento y escasas de todo tipo de recursos. Esta situación fue lo que permitió que un investigador de la región recibiera por primera vez un premio Nobel en un área científica (Bernardo Houssay, de la Argentina). Actualmente, los procedimientos, materiales, insumos de todo tipo y equipamiento que utilizan los científicos son de una complejidad tal que muchos de ellos no pueden ser manufacturados o construidos a nivel local o regional, por lo que la disponibilidad en forma continua y regular de dinero para apoyar los procesos de generación de conocimiento (y a partir de ellos, de desarrollos tecnológicos) son ahora más necesarios e indispensables que nunca en la historia previa. Si bien la región no es homogénea, tiene algunas características comunes que son destacables; la región comparte bajos indicadores del desempeño de las actividades de ciencia y tecnología con respecto a las regiones o países desarrollados; el gasto promedio de la región en I+D es del 0,6-0,7% del PBI (pero en general la mayoría de los países no llegan al 0,5% del PBI). Brasil lidera la región y, dado el tamaño de su economía y su gasto en ciencia y tecnología (1,2%, año 2011), impulsa el promedio de la región latinoamericana hacia valores mayores. De todos modos, estos niveles de inversión son bajos cuando se comparan con los países desarrollados, que aplican entre el 2 y el 3% del PBI; en general la región latinoamericana tiene también menos científicos o tecnólogos por habitante, produce menos patentes por habitante y los sistemas de ciencia y tecnología tienen una gran dependencia del Estado. Además, en general, dada la cercanía geográfica, cultural y política, algunas tendencias u orientaciones se propagan más o menos rápidamente por la región; por ejemplo, algunos analistas sostienen que a partir de comienzos de la década del 90, la región comienza una etapa de apoyo más o menos continua a las actividades científicas y tecnológicas, propiciando la vinculación entre las universidades y las empresas privadas, creando incubadoras de empresas, organismos de vinculación y transferencia, y tratando de facilitar la interacción entre los científicos y las empresas (Vaccarezza, 1998). En ese sentido, los países que actualmente pueden liderar este proceso en la región dado el volumen de sus economías y la intensidad del esfuerzo en ciencia y tecnología son Brasil, México y la Argentina, con inversiones del orden de los 29958, 5264 y 2885 millones de dólares, respectivamente (RICYT, 2011).

La evolución de las incubadoras de empresas en Latinoamérica puede ser utilizado como un indicador del esfuerzo realizado para convertir el conocimiento generado en

lugares históricamente dedicados (en forma primordial) al conocimiento académico (cuadrante de Bohr) en tecnología o servicios tecnológicos, redirigiendo los esfuerzos de los investigadores hacia el cuadrante de Pasteur (**Figura 1**). Las incubadoras de empresas se comenzaron a implementar en los Estados Unidos en la década del 50, a partir de las iniciativas de la Universidad de Stanford, y dado su éxito, se replicó la experiencia dentro y luego fuera del país. Los objetivos de estas incubadoras han cambiado muy poco desde su creación hasta el momento actual, con una fuerte motivación de naturaleza económica y social, apuntando a la creación de nuevos y mejores puestos de trabajo, generación de renta y desarrollo económico a nivel nacional y regional. En general las incubadoras están asociadas a universidades, dado que otros organismos ya concebidos desde su origen para la generación de tecnología poseen mecanismos propios de vinculación y transferencia.

En la región latinoamericana se pueden considerar tres grupos en cuanto al desarrollo de incubadoras de negocios. En el primero de ellos se encuentran Brasil, que comenzó a desarrollar tareas de incubación en 1984, cuando se crearon cinco fundaciones para realizar transferencia de tecnología de las universidades al sector productivo, y México, que se incorporó a estas actividades algo después; ambos países tiene entre 400 y 500 incubadoras de negocios cada uno. En un segundo grupo se encontrarían la Argentina, Chile y Colombia, con entre 20 y 30 incubadoras. Por último, el resto de los países de la región, que en general poseen algunas incubadoras de negocios.

3. Pequeña reseña: el sistema científico y tecnológico argentino

135

El sistema científico argentino es en gran medida similar al de otros países, ya que estas actividades son bastante uniformes y análogas en todo el planeta; por ejemplo, mientras que un abogado o contador difícilmente podrían ejercer en distintos países (dada la gran diferencia en las legislaciones y normas), un científico o tecnólogo puede llegar a la mañana a un laboratorio de cualquier país del mundo, y por la tarde estar trabajando con el resto del personal. Los científicos utilizan el inglés como idioma global de comunicación de resultados y de trabajo, y las técnicas y los procedimientos son también globales. Sólo cambian detalles, presupuestos y la complejidad del equipamiento, pero nada es muy diferente.

Sería muy largo comentar todas las estructuras y los organismos de ciencia y técnica de la Argentina, pero por su tamaño las dos principales son el CONICET y las universidades nacionales. En el caso del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), es un organismo autárquico, dependiente del gobierno nacional creado en 1958, Posee institutos de investigación en todo el país y, según los últimos números oficiales, 7143 investigadores, 8822 becarios, 2327 agentes en varias categorías de personal de apoyo y 1020 administrativos (CONICET en cifras, 2012). Comenzó a tener oficinas dedicadas a la vinculación tecnológica en 1984, en esos momentos la oficina era unipersonal. Actualmente, un equipo de unas 14 personas integra la dirección de vinculación tecnológica, que colabora en la tarea de relacionar investigadores y demandantes de tecnología

(particulares, empresas, organismos del Estado), entre otras funciones. Desde este organismo se intenta fomentar, en especial en los últimos años, la participación de los investigadores en proyectos de índole tecnológica.

En el caso de las universidades es más difícil estimar el número de investigadores/tecnólogos que trabajan en ellas, máxime cuando existen cargos docentes de diferente dedicación horaria. La cantidad de docentes en la Universidad del Buenos Aires (UBA), la universidad más grande de la Argentina, es superior a los 29.000 (Censo Docente, 2004) y una fracción de ellos se dedica, además de dictar clases, a actividades de investigación científica/tecnológica. Otros organismos que se dedican a la ciencia y la tecnología, con objetivos relativamente más específicos, son la CNEA (Comisión de Energía Atómica), el INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria) y el INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial), así como otros institutos de tamaño más pequeño dedicados a la tecnología pesquera, espacial y de defensa, entre otras. El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (creado en 2007) coordina y gestiona gran parte de los esfuerzos de la nación en estas áreas. Otro organismo fundamental en el financiamiento de las actividades científicas y técnicas, que depende del mencionado ministerio, es la AGENCIA (Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica).

4. ¿Ciencia y tecnología van de la mano?

136

Si bien el resultado de la interacción entre ciencia y tecnología es en general positivo para la sociedad humana (los avances médicos son, por ejemplo, innegables), algunos de los actores involucrados pueden sufrir efectos indeseables, debido a posibles conflictos que surgen cuando ciencia y tecnología se combinan en una persona o institución, lo que es evidente al considerar algunas de sus características básicas:

- La ciencia es de propiedad social (cualquier habitante del mundo tiene, básicamente, acceso), mientras que la tecnología es de propiedad particular (sea de un individuo, una institución, un país u otro).
- La difusión de la ciencia es básicamente irrestricta, mientras que la difusión de la tecnología es restringida y está protegida por múltiples mecanismos legales.
- La metodología que aplica la ciencia es estricta y rigurosa, utiliza el método científico, mientras que la tecnología utiliza cualquier método o acercamiento, importa sólo el resultado.

A estos conflictos principales entre ciencia y tecnología se suma la incertidumbre y volatilidad de cualquier emprendimiento tecnológico novedoso, dado que es cierto que la mayoría de los emprendimientos que surgen del ámbito académico o universitario (quizás también de otros ámbitos) están condenados al fracaso; algunos informes reflejan que sólo uno de cada diez emprendimientos (o algún otro número, dado que depende de la definición de fracaso y de la escala temporal elegida) supera los primeros años y obtiene ganancias.

Regresando a los científicos, es también cierto que la gran mayoría de ellos no son empresarios ni tienen contacto con el mundo de los negocios. No podría ser de otra manera: luego de pasar unos siete años estudiando ciencias para obtener el título de grado (en la Argentina las carreras de grado en ciencias, denominadas licenciaturas, tienen esa extensa duración), cinco años realizando un doctorado que involucra mucho estudio y la realización de trabajo experimental en la mayoría de los casos, y luego un posdoctorado, y muchas veces dictando clases en las universidades. Los científicos necesitan mucho tiempo de lectura y estudio para mantenerse actualizados de los avances en su área de especialidad y realizar sus propios descubrimientos.

En algunas oportunidades los científicos descubren algo que podría servir en el mundo de la producción, sean nuevos medicamentos, mejores métodos de producción industrial, equipamiento, nuevas variedades de plantas u otros productos. Pero al asomarse al mundo de los negocios y la tecnología, el científico puede quedar atrapado en una complicada red de reglas y reglamentos que nada tienen que ver con la lógica y el método científico. Para muchos científicos los aspectos relacionados a los negocios, el mercado, el mundo de los abogados, contadores, economistas, el marketing, entre otras áreas y especialidades, es una nueva dimensión que debe ser incorporada y asimilada, para poder funcionar adecuadamente y evitar el fracaso de sus proyectos.

Una foto de la serie de televisión *The Twilight Zone* (**Figura 2**), definida por Rod Serling (panel de la izquierda, presentador y autor de muchos de los capítulos de la serie americana) como “una mezcla de historias de fantasía, ciencia ficción y horror, que a menudo concluye con un giro macabro o inesperado”, podría ejemplificar en algunos de sus capítulos la parte negativa de esta interacción entre los científicos y el mundo de los negocios. El personaje (**Figura 2**, panel de la derecha) podría bien ser un científico que luego de “apostar todas las fichas” a un desarrollo tecnológico lamentablemente fracasado (como al menos el 90% de los emprendimientos novedosos) intenta regresar a su laboratorio y a sus investigaciones. Este personaje pertenece a un capítulo denominado “Time enough at least”, emitido por primera vez en 1958. El personaje en particular y la serie en general presentan situaciones bizarras, dramáticas y misteriosas, tal y como enfrenta muchas veces el científico devenido en tecnólogo.

137

Obviamente también el mayor éxito puede estar a la vuelta de la esquina (como Bill Gates parece recordarnos, sonriendo cada día), pero los barcos llevan botes salvavidas no porque los capitanes sean pesimistas empedernidos que buscan el desastre, sino para estar preparados en caso de que se produzca un hundimiento. Por eso, en este ensayo revisaremos posibles efectos positivos y negativos que este nuevo paradigma del científico/tecnólogo/empresario puede producir sobre los tecnólogos y sus instituciones.

Este artículo es sesgado (quizás como cualquier otro), con una mirada miope, con foco en el microambiente que rodea la producción de ciencia y tecnología a nivel de los laboratorios y los tecnólogos; el desarrollo de conocimiento y tecnología tiene naturalmente efectos mayores a niveles de los distintos actores sociales dentro de la estructura de un país, y en la relación entre los países a nivel mundial. Más aún,

concepciones filosóficas, políticas, religiosas u otras también son fuerzas importantes que definen qué se espera del sistema científico y tecnológico de una nación; ambos temas son tratados en artículos recientemente publicados (Boido y Baldatti, 2012; Vallejos, 2010), que podrán dar al lector la visión más global del problema, que falta en este artículo.

Figura 2. El mundo de los negocios para los científicos: la “dimensión desconocida”



5. Desde la idea, y hacia la tecnología y el producto

Diferentes actores colaboran en el proceso que se desarrolla desde una idea hasta un producto o proceso, desarrollo que es llevado adelante por un grupo de trabajo, muchas veces multidisciplinario, que se suele denominar “grupo emprendedor”. Es importante tratar de identificar los actores y su influencia en este proceso que va hacia un producto, dado que esto puede permitir identificar los denominados cuellos de botella, donde acciones concretas pueden tener un efecto multiplicativo en los resultados, y por otro lado colaborar a la elaboración de diagnósticos reales y críticos de la situación actual y futura del grupo emprendedor en el medio que lo rodea, que permita minimizar los riesgos y mejorar las posibilidades de éxito. En el lenguaje de los planes de negocios se llama la matriz FODA (por “Fortalezas”, “Oportunidades”, “Debilidades” y “Amenazas”).

En primer lugar, podemos nombrar a los científicos/tecnólogos (los llamaremos de aquí en adelante simplemente “tecnólogos”, dado que cualquier científico con una idea/proyecto con posibles aplicaciones a corto o mediano plazo podría ser caracterizado así), que desarrollan, en conjunto con sus colaboradores y personal de apoyo, los productos tecnológicos. Un segundo actor podría englobar a los administradores y gestores a nivel local de las actividades de ciencia y técnica, como por ejemplo: los consejos de dirección de las instituciones, institutos y departamentos; los decanos y los directores de institutos, centros o departamentos; las oficinas de compras; las oficinas de vinculación tecnológica. Un tercer nivel podría incluir a los actores que deciden en gran medida los lineamientos generales y políticos que

ejecutan los organismos de ciencia y técnica, las universidades y los organismos equivalentes a nivel provincial; naturalmente tienen también incumbencia muchos de los estamentos de los tres poderes de la nación. Un cuarto actor es la comunidad de científicos y tecnólogos (principalmente la nacional, pero también la internacional) que colabora en el proceso de evaluación y gestión, que tiene como efecto más importante la asignación de los subsidios, la asignación de los becarios y la entrada, permanencia y promoción de los tecnólogos en las distintas instituciones (ya que forman parte de las comisiones de carrera, comisiones evaluadoras y otras comisiones). Un quinto actor, de origen más difuso, son las condiciones del “medio ambiente” que pueden afectar fuertemente la acción tecnológica; dentro de este grupo podríamos incluir el funcionamiento de las aduanas (que permiten o no que componentes o materiales necesarios lleguen de manera rápida a los tecnólogos), el sistema que regula la compra y transporte de reactivos y drogas químicas, el acceso a la información, el acceso de manera eficiente y rápida a publicaciones y patentes nacionales e internacionales, las leyes y normativas nacionales y provinciales, los impuestos, la posibilidad de tomar créditos y la tasa de estos créditos, regímenes especiales de promoción, nivel de actividad a nivel nacional e internacional, y las leyes y regulaciones nacionales (e internacionales si el producto o servicio es exportable), entre otros factores.

Los cinco actores mencionados pueden colaborar efectivamente para acelerar el desarrollo tecnológico, ser neutros, o convertirse en un obstáculo; los tecnólogos generan la materia prima de la que se nutre el sistema, sin cuyo trabajo y cooperación poco podrían hacer los demás actores. Una particularidad de la investigación tecnológica es que es en cierta manera más delicada y frágil, afectada fuertemente por muchos factores internos y externos, por lo es más demandante de recursos, entre ellos tiempo, recursos humanos y dinero, cuando se la compara con la investigación más teórica o académica (también llamada investigación básica). Para hacer tecnología se requiere equipamiento costoso, laboratorios y velocidad de ejecución de los trabajos (la idea tecnológica puede ser desarrollada en otro lugar si no se avanza rápidamente en la ejecución del proyecto); diferente a la investigación básica o académica, que puede funcionar a su propio ritmo, sin presiones del mercado o empresariales (aunque en algunos temas muy competitivos existe una carrera o competencia por publicar primero).

Para el desarrollo tecnológico (en general) el tiempo en que se pueden cuantificar los resultados son mayores; por ejemplo, entre el desarrollo de un medicamento y su venta al público pueden pasar unos siete años, tiempo necesario para atravesar los procesos de patentamiento (la obtención de una patente suele ser un proceso de varios años) y las pruebas necesarias para asegurar que el nuevo medicamento es útil y seguro para su uso en humanos. El producto a obtener tiene en general características y condiciones que no permiten grandes desvíos de los planes originales, por lo que se requiere mayores ventanas temporales para la ejecución y evaluación de las actividades tecnológicas. Por el contrario, cuando se realiza investigación científica académica, el tiempo necesario entre el envío de un trabajo científico para su publicación puede ser tan breve como de varios meses, y si el producto de la investigación es exactamente el pensado originalmente o no cuando se realizaron los planes, no es tema importante (sólo es importante que se obtuvo

información científica nueva y relevante). Es evidente entonces que, con un marco actual donde la productividad es evaluada en periodos relativamente cortos (uno o dos años para el CONICET, por ejemplo), esto puede generar un riesgo muy importante en la carrera de aquellos científicos con vocación tecnológica, como discutiremos más adelante.

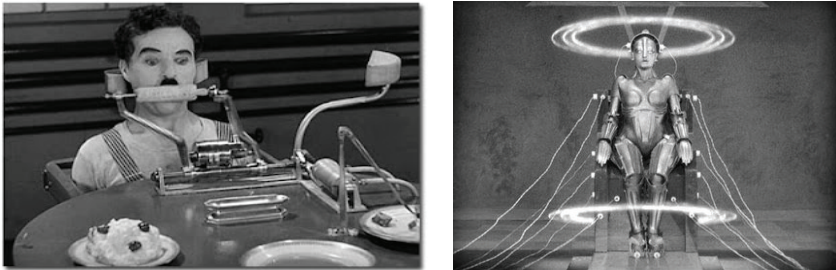
6. Estímulos y riesgos asociados al desarrollo tecnológico

En este apartado analizaremos a qué se enfrenta un investigador cuando se decide a emprender un proceso de desarrollo o cambio hacia un perfil de investigador/tecnólogo/empresario, esa nueva figura icónica de la época, como un animal mitológico de varias cabezas. Si bien hay un continuo entre los peores riesgos y los mayores estímulos, en los siguientes párrafos se intentará clasificarlos en grupos discretos, sólo a fines de facilitar la lectura de este ensayo.

6.1. Estímulo 1. Generación de nuevos y mejores productos

Las investigaciones y capacitaciones llevadas adelante por los tecnólogos pueden ocasionar que éste visualice y detecte necesidades u “oportunidades de negocios”, donde las investigaciones que habitualmente realiza, con relativamente pequeñas (o no tan pequeñas) modificaciones, puedan llevar a la obtención de un nuevo o mejor producto o servicio. Éstos pueden generar patentes o diseños nuevos, que a su vez pueden originar nuevas empresas, o aumentar la competencia de empresas establecidas, generando en definitiva mejores productos y servicios para la población que permitan mejorar la calidad de vida, tratar viejas o nuevas enfermedades, mejorar el tratamiento de residuos y cubrir las necesidades y demandas tanto del sector privado como del estatal. Esta generación de productos tiene asociada la generación de puestos de trabajo, dando lugar a toda una serie de acontecimientos o círculos virtuosos, que son en general positivos para la sociedad, y el resultado esperado en el mediano o largo plazo de una buena parte de la investigación científica, y de toda investigación de tipo tecnológica. Esta concepción positiva de la ciencia y la tecnología es la dominante actualmente en la mayoría de las sociedades contemporáneas; sin embargo, puede también ser origen de riesgos y problemas globales, como el calentamiento global, el agotamiento de los recursos naturales, o bien algunos otros riesgos relacionados con las sociedades industrializadas, como se ha reflejado en algunos momentos de la historia (**Figura 3**: a la izquierda, Charles Chaplin en *Tiempos Modernos*, 1936, probando una nueva máquina que permitiría aumentar la productividad de los obreros en las fábricas; a la derecha, un robot humanoide en *Metrópolis*, 1927) y puede tener como “daño colateral” el aumento de la inequidad social en cuanto al acceso de bienes y servicios básicos, tal como éstos son y han sido considerados en cada época histórica y en cada diferente cultura.

Figura 3. La tecnología no siempre tuvo una apreciación tan positiva como en la actualidad



6.2. Estímulo 2. Apoyo al sistema científico y tecnológico

El desarrollo de tecnología, así como los avances en nuevos y mejores productos y servicios, son en gran medida productos de la investigación científica que tienen alta “visibilidad”. Entendemos por alta visibilidad que son rápida, fácil y (casi siempre) positivamente interpretados por la sociedad, por motivos que tienen que ver con el sentido positivo del “progreso”, entre otros. Es una realidad que contesta en pocas palabras a la clásica pregunta, “para qué”, pregunta que surge casi inmediatamente en nuestra sociedad, donde los objetos, inventos, profesiones e instituciones tienen (casi siempre) un objetivo. Esta mayor visibilidad de las actividades científico-tecnológicas por la sociedad produce un efecto multiplicativo, como la valoración de la educación y la tecnología, el desarrollo del interés o la vocación de futuros alumnos en las carreras técnicas y tecnológicas, y el apoyo social a las actividades de investigación y desarrollo que llevan adelante las universidades y los centros públicos de investigación.

141

6.3. Estímulo 3. Obtención de financiación

La firma de convenios de cooperación, la suscripción de órdenes de asistencia técnica, los servicios tecnológicos de alto nivel, los proyectos de investigación y desarrollo (PID, convenios entre empresas o organismos públicos y grupos de investigación, que funcionan en el ámbito de la AGENCIA), y otras posibles vías de vinculación tecnológica producen un triple efecto. Por un lado, resuelven problemas planteados por actores externos a los tecnólogos, sean individuos, empresas u organismos del Estado. En segundo lugar, proveen una vía genuina y que puede ser importante para financiar actividades de investigación científica en general y tecnológica en particular, dado que en el proceso de vinculación naturalmente se resuelven también algunos problemas más académicos, y la compra de equipamiento originalmente planeado para la resolución de los problemas planteados por el solicitante permanece (en general) en el grupo de investigación que presta el servicio tecnológico, pudiendo ser utilizado a posteriori en otros proyectos. En tercer lugar, estas actividades forman personal calificado para abordar otros problemas de índole

tecnológica, capacitación que formará parte de los antecedentes curriculares del personal involucrado en forma de informes técnicos, patentes u otros productos; estos antecedentes pueden ser positivamente evaluados, tanto en cuanto a las evaluaciones periódicas y promociones de los tecnólogos como en los pedidos de subsidios. El valor comparativo de las producciones tecnológicas respecto a las producciones académicas más utilizadas a los fines de evaluación (*papers*) dependerá de los evaluadores individuales, y en mayor o menor medida de una política científica/tecnológica; es obvio que si (por ejemplo) el valor relativo de una patente y un *paper* fuese similar, poca chance tendrán los tecnólogos en cualquier instancia de evaluación, por lo que simplemente serán relegados en la competencia, obteniendo menores recursos respecto a sus colegas con perfiles más académicos (cuadrante de Bohr, **Figura 1**).

6.4. Riesgo 1. Pérdida de competencia académica

Desde un enfoque general, podríamos plantear como riesgo evidente una disminución de la productividad medida en forma de presentaciones a congresos y *papers*. Esto ocurre por dos motivos principales. Por un lado, el tiempo que se emplea diseñando un plan de negocios o teniendo entrevistas técnicas con los solicitantes de tecnología no puede ser empleado presentando trabajos en congresos, escribiendo *papers* o buscando subsidios de investigación. El segundo motivo es la necesidad, en el caso del desarrollo tecnológico, de mantener secretos (de manera informal), convenios de confidencialidad con terceros (contratos formales) u otros tipos de confidencialidad que no permiten que los resultados obtenidos sean liberados para el conocimiento de la comunidad nacional e internacional (y por lo tanto evita que puedan ser convertidos en presentaciones a congresos o *papers*). Estos convenios pueden, inclusive, si se firma la documentación equivocada, bloquear por un tiempo largo o indefinido las tareas de investigación y desarrollo llevadas adelante por un grupo de investigación. Llamamos aquí documentación equivocada a aquella que en el mediano o largo plazo perjudica el desempeño del grupo que ha generado el conocimiento. El largo ciclo del desarrollo tecnológico, cuando es comparado con las tareas de investigación más habituales (producción de trabajos científicos o presentaciones en congresos), puede llevar a una evaluación errónea de los esfuerzos y trabajos de los tecnólogos, si se compara de forma directa respecto a los investigadores que no buscan la elaboración de productos o patentes. Este efecto de discriminación negativa hacia los tecnólogos puede ocurrir, máxime cuando se tiene en cuenta que parte de los evaluadores (el cuarto actor, según se describió en la introducción) tiene carreras más bien académicas, por lo que tienden (dado normalmente a una natural “deformación profesional”) a subvalorar las producciones tecnológicas. Se puede apreciar, en los datos del CONICET argentino, que durante el periodo 2003-2012 el área que menos creció en el número de becarios doctorales fue el área de tecnología, con un crecimiento del 40%, mientras que las otras cuatro áreas del CONICET han crecido en el mismo periodo entre el 220% y el 425%, siendo la de mayor crecimiento el área de ciencias sociales y humanidades (CONICET en cifras, 2012).

Es posible que este fenómeno (que a simple vista pareciera negativo para los investigadores del área de tecnología) esté relacionado con los ciclos de producción

tecnológica (más extensos en el tiempo), una menor producción científica y un sistema de evaluación pensado y centrado históricamente en la investigación académica (básicamente, en la producción de *papers*). Es importante considerar además que se desarrolla tecnología y hay presencia de tecnólogos en todas las áreas del CONICET, y no sólo en el área de tecnología, por lo que la utilización de las grandes áreas del CONICET para evaluar el estado o el crecimiento de la investigación de tipo tecnológica no es la mejor herramienta; el área de tecnología es la de más reciente creación en el CONICET.

Otro factor a incluir en la discusión es el sistema de asignación de becas, que depende en gran medida de los intereses individuales de los graduados; de no mediar factores de corrección, las áreas de mayor asignación de becas podrían estar relacionadas con las áreas de interés de los mejores estudiantes, criterio que puede ser adecuado o no, pero debe ser verbalizado, discutido y considerado en la planificación. Por ejemplo, es un rasgo frecuente que sean pocos los graduados jóvenes que se incorporan a áreas recientemente creadas, en grupos relativamente nuevos y con temas promisorios y originales, donde la incertidumbre de producción científica y de estabilidad es menor, cuando se compara con grupos establecidos y exitosos durante largos periodos de tiempo, que garantizan una alta producción científica y por ello mayores posibilidades de éxito individual. Esto en definitiva origina mega-grupos (digamos, de más de 20 integrantes) con temas de investigación en general muy específicos, con muy alto nivel de publicaciones y muy exitosos a nivel nacional e internacional, pero que absorben la gran mayoría de los recursos humanos y económicos disponibles, en desmedro del crecimiento de nuevos grupos que incursionan en nuevos temas y con nuevas propuestas tecnológicas.

143

Con el objetivo de minimizar los “daños colaterales” que puede producir en la capacidad de competir académicamente de tecnólogos y sus grupos el proceso de desarrollo de tecnología, deben ser considerados cuidadosamente varios aspectos; entre ellos cabe destacar los plazos en los que la confidencialidad se mantiene, y muy específicamente en qué aspectos o temas se concede la confidencialidad al solicitante del desarrollo tecnológico. Desde el punto de interés de los tecnólogos que pretenden continuar en el sistema académico científico, es importante limitar muy específicamente cuáles aspectos o temas son protegidos por eventuales convenios de confidencialidad y cuáles no, así como también contar con el asesoramiento de abogados que constaten y asesoren los términos del acuerdo, dado que la futura interpretación (en el caso improbable pero posible de un conflicto) será realizada por abogados. Para dar un ejemplo, si un acuerdo establece como confidencial el ensayo de molécula x con efecto y solicitada por una empresa, y el texto del acuerdo estableciera como confidencial publicar informes, trabajos, *papers*, tesis u otros materiales respecto a la “molécula x y similares”, esta palabra “similares” puede tener interpretaciones muy diversas y puede llegar a bloquear las investigaciones con todo un abanico de moléculas en las que el grupo tiene experiencia y conocimiento. Si además de eso el acuerdo de confidencialidad tiene un período prologado, de varios años, esta combinación puede ocasionar daños catastróficos al grupo de investigación y desarrollo involucrado.

6.5. Riesgo 2. En lo penal y económico

Todo desarrollo tiene o puede tener un lado luminoso y un lado tenebroso, de la misma manera que un bisturí puede sanar o asesinar. ¿Qué responsabilidad tiene un tecnólogo sobre sus descubrimientos o desarrollos? La cuestión ética es importante, pero dejamos su análisis a los colegas en las ciencias sociales. Desde el punto de vista más práctico y operacional, creemos que es evidente la responsabilidad limitada que los tecnólogos tienen cuando se produce un uso equivocado, erróneo, malvado o inclusive inesperado de los descubrimientos o desarrollos producidos, de la misma manera que un fabricante de autos no es responsable de las muertes causadas por conductores alcoholizados o imprudentes. Es de todos modos importante que este aspecto (que podría parecer obvio para el tecnólogo) sea analizado, considerado y plasmado en cualquier documentación firmada entre las partes; en el caso improbable pero posible de un litigio, la documentación debe ser clara y precisa, al criterio de los profesionales que entienden en estos asuntos contractuales. Todo convenio, o cualquier otro tipo documento relacionado a algún mecanismo de vinculación tecnológica, cooperación o asesoramiento debe contener un ítem donde claramente se establezca que los investigadores no son responsables por daños de ningún tipo producidos por el uso, la recepción o la divulgación de la información proporcionada al demandante de la tecnología. Escapa de la competencia y responsabilidad del tecnólogo la posible maldad del resto de la humanidad; por lo tanto, no puede hacerse responsable de ninguna manera de daños o perjuicios que pudieran surgir del uso o uso equivocado de sus descubrimientos o desarrollos tanto por la contraparte o por terceros. Por lo tanto, es deber y obligación del abogado que asesora al tecnólogo remover riesgos penales y económicos de cualquier acuerdo o convenio a ser firmado. Aun la mejor vacuna puede ocasionar la muerte de alguna persona, y no es en este caso el tecnólogo un asesino. Si es responsabilidad de todo ciudadano en general (y de los tecnólogos) el no participar de proyectos o actividades que violen la ley u otras regulaciones internas de las instituciones a las que pertenecen, y las naciones en las que habitan, y en este aspecto el tecnólogo es, como cualquier otro ciudadano, responsable de sus actos.

144

6.6. Riesgo 3. Mercantilización de la actividad científica y docente

La vinculación tecnológica puede proporcionar, como se estableció previamente, financiación más o menos importante para las actividades de desarrollo e investigación que se llevan a cabo en institutos y universidades; pero además, este dinero puede interferir en otras actividades de investigación y docencia, originando un re-direccionamiento (de las personas, de grupos y de instituciones) hacia actividades y proyectos que son requeridos por organismos privados o estatales, abandonando o descuidando otras tareas que son necesarias para cumplir los objetivos de la institución, como por ejemplo en el caso de una universidad, la preparación de clases y tareas docentes en general, necesarias para la formación de los futuros egresados, que serán profesionales en las distintas áreas. Por ello se corre el riesgo de que grupos de investigación que no puedan o no quieran intervenir en actividades tecnológicas (esto puede ocurrir porque su aplicación es en el largo plazo, o porque sirven de soporte necesario para otras actividades pero su relación con la tecnología es poco directa u obvia) sean sub-financiados. Por ello es necesario un equilibrio

entre actividades y proyectos con diferente grado de posibilidades de vinculación. Si bien la antigua división entre ciencias básicas y aplicadas, y entre ciencias duras y blandas, va desdibujándose lentamente con el tiempo, todas ellas deberían convivir, priorizando el “bien común”, en algunas de las maneras en que los sociólogos y filósofos lo han definido.

Conclusión

La tecnología tiene como actores fundamentales a los investigadores/tecnólogos, que cumplen como su función principal el ser productores de un tipo específico de conocimiento que puede ser el origen de aplicaciones tecnológicas. Estas aplicaciones pueden convertirse en empresas, cuando un grupo emprendedor, que debe tener capacidades más allá de las que llevaron al desarrollo o descubrimiento, lo impulsa en la dirección de generar nuevos o mejores productos o servicios. El grupo emprendedor debe revisar cuidadosamente las posibilidades que les ofrece para su desarrollo las distintas instituciones públicas o privadas, y establecer un recorrido y estrategia que maximice los factores positivos y minimice los negativos. Factores que han sido discutidos y ordenados en este artículo como estímulos y riesgos.

Una parte fundamental de las políticas de ciencia y técnica debería apuntar a facilitar el trabajo de los tecnólogos, permitiendo que se dediquen a sus tareas específicas, removiendo prácticas administrativas y burocráticas ineficientes (mediante la generación de oficinas de calidad administrativa), distribuyendo tareas no específicas hacia personal de apoyo tanto técnico como administrativo, y otorgando subsidios para la investigación que sean competitivos a nivel internacional (o al menos cercanos a los mejores niveles regionales), garantizando un ambiente de autonomía y tolerancia, y liberando de esa manera la enorme capacidad creativa y energía humano-tecnológica disponible.

145

Bibliografía

BOIDO, G. y BALDATTI, C.T. (2012): “Nuevas tecnologías: ¿para quiénes? El caso de la nanotecnología”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS*, vol. 7, n° 21, pp. 11-21.

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES (2004): *Censo docente*. Disponible en: (http://www.uba.ar/institucional/censos/Docente2004/censo_docente.pdf).

CIENCIA HOY (2012): “Entrevista a Roberto Salvarezza, Presidente del CONICET”, vol. 22, n° 127, pp. 7-12.

CONICET (2012): *CONICET en cifras*. Disponible en: <http://www.conicet.gov.ar/web/conicet.acercade.cifras/graficos>. Consultado el 20 de junio de 2013.

REPETTO, J. M. (2012): "Emprender desde la ciencia", *El Cable*, n° 804, pp. 5. Disponible en: http://www.fcen.uba.ar/prensa/cable/2012/pdf/Cable_804.pdf.

RICYT (2011): *Indicadores*. Disponible en: <http://www.ricyt.edu.ar/indicadores>.

STOKES, D. E. (1997): *Pasteur's quadrant – Basic science and technological innovation*, Washington D.C., Brookings Inst. Press.

VACCAREZZA, L. S. (1998): "Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en América Latina", *Revista Iberoamericana de Educación*, n° 18, pp. 13-40.

VALLEJOS, O. R. (2010): "Universidad-empresa: un estudio histórico-político de la conformación del CETRI Litoral", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad -CTS*, vol. 6, n° 16, pp. 123-152.