



CONSIDERACIONES CONCEPTUALES Y DE MEDICIÓN DE LAS RELACIONES ENTRE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA ¹

CONCEPTUAL AND MEASUREMENT CONSIDERATIONS ON THE RELATIONS BETWEEN SCIENCE AND TECHNOLOGY

María del Socorro López Gómez²

Mikel Gómez Uranga³

Andrés Araujo de la Mata⁴

Resumen

Este trabajo se basa en una revisión bibliográfica. En ella se encontró que los estudios sobre la relación entre ciencia y tecnología se ubican principalmente en dos campos: El debate conceptual (Nelson, 2004; Mowery y Rosenberg, 1982; David y otros, 1997; Kline y Rosenberg 1986; Etzkowitz y Leydesdorff (1996, 1998, 2000); Stokes, 1996; Tijssen, 2004; Asheim y Cohen, 2005) y los problemas de medición de estas conexiones. Estos últimos están estrechamente relacionados con el análisis de los sectores tecnológicos con la ciencia (Meyer, 2006; Geuna y Nesta, 2006; Schumpeter Tamada y otros, 2006; Bonacorsi y Thoma, 2007; Iversen y otros, 2007; Hidalgo y Penas (2008) entre otros).

Se evidenció que sectores como las biotecnologías, materiales, química avanzada, medicamentos, software, nanotecnologías y nanomateriales, responden a la clasificación del conocimiento analítico caracterizado, entre otros rasgos, por una intensa participación de la ciencia, y por lo tanto por una mayor relación entre las universidades y las empresas. Sin embargo aquellos sectores como ingenierías, maquinaria, y electrónica, se ubican en la esfera del conocimiento sintético hasta mediados de los 90, pero a partir de ese momento comienza una transición que se dirige hacia unos clusters renovados con contenidos más científicos, e incorporan mayor intensidad de I+D, derivado de la transversalidad de los nuevos sectores tecnológicos (biotecnologías, nanomateriales, nanotecnologías y software). Esta revelación sugiere que las universidades, los gobiernos y las empresas requieren una organización diferente para la gestión de las relaciones entre los actores de la innovación y los resultados de la producción científica tecnológica.

Palabras claves: relaciones universidad empresa, relaciones ciencia y tecnología, medición de la ciencia y la tecnología, patentes. Difusión y apropiación de la ciencia

¹ Este trabajo está realizado en el marco del proyecto CODI 8733/T-001/2009 de la Universidad de Antioquia, denominado “Factores relevantes en las relaciones universidad empresa gobierno que inciden en la innovación y la investigación”

² PhD. Grupo GESTOR Universidad de Antioquia. socolopez@yahoo.es

³ PhD. Universidad del País Vasco. eupgourm@bs.ehu.es

⁴ PhD. Universidad del País Vasco. andres.araujo@ehu.es

1. Introducción

La concepción de sociedad y del modelo de desarrollo subyace en el debate sobre las relaciones que se establecen entre la ciencia y la tecnología (CyT) y de la misma manera en los indicadores diseñados para medir los resultados de estas actividades y de la innovación.

Existe una basta literatura sobre la obtención de indicadores bibliométricos para evaluar la actividad científica y tecnológica, así como para estudiar las relaciones que se establecen entre dichas actividades. Nosotros descartamos todos aquellos interesantes y abundantes estudios que tienen que ver con la medición de los input (Inversiones y Gastos en I+D; recursos humanos empleados en CyT); así como varios de los indicadores de resultados y del impacto social de la actividad científico tecnológica: indicadores de producción y productividad científica; indicadores de especialización científica; indicadores de impacto y visibilidad basados en citas - SCI⁵, Indicadores de colaboración científica, número de *spin-off*, uso de redes electrónicas en laboratorios de I+D, indicadores de resultados tecnológicos como las patentes y la balanza de pagos tecnológicos (BPT)⁶.

En este escrito, hacemos un recorrido por el debate conceptual de las relaciones CyT y enfocamos el análisis de los indicadores sólo desde la perspectiva de la medición de dichas relaciones mediante cita en las patentes, de literatura no referida a patentes (por sus siglas en inglés NPL o - *non-patent references*, NPR) teniendo en cuenta que es uno de los indicadores más utilizados y cuyo uso para estudiar la interacción entre la ciencia básica y el desarrollo tecnológico está universalmente aceptado⁷.

2. Consideraciones conceptuales de las relaciones entre la ciencia y la tecnología

Durante mucho tiempo, las relaciones entre ciencia y tecnología se explicaron con el modelo lineal y los proyectos fueron conducidos bajo éste modelo, el cual se basaba en la contribución de la investigación básica al desarrollo tecnológico, pero ignorando que la tecnología incide también en los avances

científicos de múltiples formas, sin ser muy fácil la identificación en la mayoría de los casos, las relaciones de causalidad y dependencias mutuas (Narín y Olivastro, 1992; Mowery y Rosenberg, 1982, Toynbee, 1963; Pavitt, 1997; David y otros, 1997; Guan y He, 2007). Las críticas de todos los estudios sobre el modelo lineal son recogidas por Kline y Rosenberg (1986), que proponen el modelo interactivo para comprender de una manera más adecuada las relaciones y dependencias de la ciencia y la tecnología, satisfaciendo casi por completo los reparos encontrados al modelo lineal. Sin embargo, a mediados de los años 90 Etzkowitz y Leydesdorff (1998, 2000) con el modelo de la Tríplice Hélice, representaron, además de las interacciones de las actividades de ciencia y tecnología, la complejidad y la evolución de las relaciones de los actores sociales (Universidad – Empresa – Gobierno), quienes se conforman en redes con protagonismos diferentes, pero siempre con la participación activa en los procesos de innovación a través de la interacción y simultaneidad de la ciencia y la tecnología. Las relaciones entre ciencia y tecnología se han vuelto uno de los asuntos cruciales para guiar la política científica, de innovación y de estudios económicos (Guan y He, 2007).

Nelson (2004), además del interesante debate en el cual defiende ampliamente la importancia de la ciencia como bien público, sobre todo como condición para el desarrollo tecnológico, explica parte de la evolución de las actuales relaciones entre ciencia y tecnología y la complejidad de su análisis dada la línea borrosa que se presenta entre éstas, lo cual ha su vez a derivado en la polémica que cada vez se resuelve a favor de la patentación sobre descubrimientos y resultados de investigación que antes no era patentables (López, 2008). Para Nelson (2004), muchos de los campos de la investigación científica están orientados a proveer conocimiento de uso en áreas particulares. Esos son los campos científicos que Stokes (1997) vio en el cuadrante de Pasteur⁸, donde la investigación se dirige por un profundo conocimiento, pero el campo en sí mismo se orienta al logro de objetivos prácticos (como la salud, ingeniería de construcción, ingeniería metalmecánica y de los materiales y las TICs).

Del trabajo de Stokes (1997) nos interesa resaltar la categoría conceptual que diferencia el conocimiento

⁵ Science Citation Index (SCI)

⁶ Ver a Sancho, 2001

⁷ Entre muchos otros estudios destacan: Schumpeter Tamada y otros (2006)-Japón; Meyer (2006)-Finlandia; Guan y He (2007)-China; Acosta y Coronado (2002)- España, Iversen y otros (2007)-Noruega; Besen y Hunt (2004)-EEUU.

⁸ El cuadrante de Pasteur coloca en las abscisas la investigación básica y en las ordenadas la investigación aplicada como función de la anterior, mostrando la relación directa que existe entre ambas. La investigación en ciencias básicas profundiza el conocimiento que apoyará gran variedad de campos tecnológicos y el desarrollo de soluciones para resolver problemas prácticos.

científico de la investigación aplicada, en tanto que la primera tiene como objetivo, en sí mismo, el conocimiento como tal y en la segunda los propósitos son la búsqueda de soluciones prácticas (tecnológicas). Derivado de esta categoría, rescatamos la apreciación que hacen Ahumada y Miranda (2003) acerca de la tensión intrínseca que se presenta entre los fines de los dos tipos de investigación que las mantiene empíricamente separadas por ser la investigación básica y la aplicada empresas diferentes, llevadas a cabo por grupos diferentes de personas, con intereses y habilidades también diferentes. Sin embargo, Stokes (1997) muestra que los fines y el uso de los dos tipos de investigación no son mutuamente excluyentes, y a través de muchos ejemplos ilustra las conexiones de la investigación básica con la aplicada. El más ajustado, que le da nombre a su obra, es el caso de las investigaciones de Pasteur. El gran científico francés se inicia en temas absolutamente básicos, pero sus resultados fueron abriendo nuevos campos del conocimiento que tenían aplicaciones directas que él mismo como científico fue encontrando, como fue el caso de la teoría microbiana, con los consiguientes impactos sobre las industrias del vinagre, el vino, la leche, la seda, algunas enfermedades humanas, de animales y también en el campo de las vacunas. Lo que demostró aquí Stokes (1997) fue que al tiempo que Pasteur abría un campo científico completamente nuevo y profundizaba sus conocimientos científicos, también fue incursionando en las aplicaciones prácticas de sus hallazgos que fueron dando soluciones cada vez más aplicadas en los campos de la medicina y diferentes industrias.

Por otra parte, este estudio de Stokes, entre otros estudios, debatían el modelo lineal y la concepción tradicional de las relaciones entre Ciencia y Tecnología, pues como destacan Ahumada y Miranda (2003) a través de ejemplos, las revoluciones tecnológicas se han dado mediante diferentes vías. Así, Bohr con sus estudios caracterizados por la pureza de la ciencia (ciencia básica); Edison, consagrado al desarrollo de inventos vía exclusiva de la aplicación de los conocimientos técnicos y casi nula investigación en el soporte filosófico de ellos; y Pasteur moviéndose entre lo básico y lo aplicado en su etapa de madurez científica, dando cuenta de la desaparición de la secuencia y causalidad entre ciencia y tecnología, entre investigación básica y aplicada (López, 2008).

La literatura (Basalla, 1988; Dosi y otros, 1988; Metcalfe, 1998; Mokyr, 1990; Nelson y Winter, 1982;

Vicenti, 1990; Ziman, 2000) ha caracterizado el progreso tecnológico como un proceso evolutivo: Primero, hay una amplia variedad de esfuerzos a mejorar la tecnología que prevalece. Este esfuerzo generalmente se realiza en competencia unos con otros y con la práctica que predomina. Los perdedores y ganadores determinan mediante un proceso de selección ex-post. Segundo, partiendo de los primeros esfuerzos de los innovadores de primera generación, le siguen otros esfuerzos sucesivos que se apoyan en la información y el conocimiento desarrollado por los primeros innovadores, para hacer mejoras en unos casos y también acumular conocimientos, los cuales permitirán dar un salto de transformación radical de la práctica dominante. Esto significa, que la mayor parte del desarrollo tecnológico es acumulativo e involucra el trabajo de muchos inventores y desarrolladores. El avance tecnológico es un proceso colectivo, cultural y evolutivo. Pero esto no niega que el avance tecnológico esté guiado a menudo por un cuerpo de conocimiento extremadamente poderoso (Nelson, 2004).

Ziman (1976) y Nelson (2004), entre otros estudiosos del avance de la ciencia, han resaltado que la ciencia es un sistema de conocimiento y que la prueba para aceptar una nueva teoría o un hallazgo es preguntarse si esto es cierto, si realmente es verdad en el contexto del cuerpo del conocimiento aceptado. Por otro lado, Vicenti (1990) argumenta que la prueba central para el conocimiento tecnológico es “si esto” ha sido usado.

Hoy las empresas enfrentadas a una competencia creciente y con ciclos de desarrollo más cortos, han tenido que incluir cada vez más entre sus estrategias de innovación, la colaboración entre los propios competidores, pero sobre todo con universidades, por la necesidad de tener mayores fuentes de creación de conocimiento alrededor del mundo. Por todo ello, los participantes en redes de innovación buscan definir claramente los límites de su contribución en la producción de propiedad intelectual, y las patentes se han convertido en la unidad básica de la actual transferencia e intercambio tecnológico. El rápido paso del descubrimiento a la invención en industrias tales como biotecnología, medicina, electrónica y TI no tienen precedentes en la historia, y han contribuido sustancialmente a la explosión de patentes (Williams, 2005). Sin embargo, Mansfield (1981) y (Griliches, 1986), advierten de que los beneficios de la investigación se derivan no sólo de la investigación aplicada interna, sino también de la investigación básica. La investigación

básica normalmente es una actividad costosa con beneficios estratégicos o ganancias monetarias inciertas y ha representado por consiguiente una pequeña inversión de las empresas activas en I+D y de sus laboratorios centrales⁹ (Tijssen, 2004).

Nelson (2004), en su concepción evolucionista, argumenta que La práctica tecnológica y el conocimiento científico tienden a coevolucionar, muchas veces los avances en el conocimiento son liderados por esfuerzos efectivos a mejorar la práctica, pero muchas otras veces los avances en la tecnología inciden y permiten grandes avances en el conocimiento científico en varios campos. El campo de la metalurgia llegó con la existencia de los químicos que trabajaron sobre problemas de control de calidad en el rápido crecimiento de la industria del acero (Rosenberg, 1998). Así la industria de productos químicos y de ingeniería química se desarrolló como un campo de investigación científica. La física ha sido usada por la ingeniería civil para el diseño de construcción, pero los nuevos físicos de electricidad y electromagnetismo lanzaron nuevos sectores industriales basados en la ciencia, entre ellos la industria del computador. Conocimientos científicos en química y biología desarrollaron los actuales campos tecnológicos en agricultura y producción de alimentos, mientras que otros campos como la patología, inmunología y cardiología influyeron en el incremento de las investigaciones médicas (Nelson 2004). Pero en estudios previos, Klevorick y otros (1995) y Cohen y otros (2002), identificaron los campos de la investigación académica que contribuye más a sus éxitos en I+D, encontrando entre los principales ámbitos a los productos químicos y de ingeniería química, la física, electricidad y electromagnetismo, la industria del computador, química y biología, patología, inmunología y cardiología.

3. Medición de las relaciones ciencia – tecnología: Las citas en patentes a la literatura no referida a patentes NPL

3.1. Debate sobre el indicador

Aun cuando las patentes como indicador de la innovación tienen serias imperfecciones (pues por un lado no todas las innovaciones son patentables y por otro, no todos los agentes de la innovación

desean patentar sus inventos por diversas razones)¹⁰, es el más usado en los estudios para mostrar la evolución de los sectores tecnológicos, las relaciones entre estos y la relación con la ciencia, por ello, la alternativa no es desechar este indicador en la medición de la innovación, sino complementarlo con otros indicadores para que en conjunto permitan hacer una valoración adecuada o más cercana del desarrollo de un país, sector o entidad. Una situación similar se presenta con la cita en las patentes, de literatura no referida a patentes (por sus siglas en inglés NPL o - non-patent references, NPR) cuando se utilizan como indicador de las relaciones entre Ciencia y Tecnología, pues se puede observar en los diferentes estudios que aquí estamos presentando, que la cita de patentes por si sola deja por fuera importante transferencia y apropiación del conocimiento científico que hacen los sectores industriales a través de otros mecanismos, tales como flujos de personal o apropiación de conocimiento tácito y explícito por conferencias, proyectos cooperativos etc. y por otro parte, el indicador recoge también en ocasiones distorsiones provenientes de citas realizadas por los examinadores de las oficinas de patentes. Sin embargo, el método preferido de medición es el análisis de cita de patentes (Smith, 1998 en Meyer, 2006). Narín y otros (1995 y 1997)¹¹ fueron pioneros de éste enfoque. Esencialmente ellos siguen la cita de artículos de investigación científica en las patentes que pueden estar financiados con dineros públicos.

Bonaccorsi y Thoma (2007), resaltan la gran necesidad de ampliar la evidencia empírica recogida con los datos de patentes y los casos de industrias estudiados en los años 90s, y de construir una estructura general para el análisis del uso productivo del conocimiento. Estos autores destacan algunos errores en la medición de las relaciones entre la ciencia y la tecnología mediante el indicador NPR:

- No está claro quien cita la literatura no referida a patentes (NPR): si es realizada por los inventores o por los examinadores. En la USPTO, principalmente es realizada por los inventores, pero en cambio en Europa, estas referencias son introducidas exclusivamente por los examinadores y las prácticas de éstos son bastante diferentes respecto a si se centran en seleccionar las

⁹ En promedio un 10% de los gastos de I+D de las empresas se dedican a la investigación orientada a largo plazo, que se confina tradicionalmente en las grandes compañías de tecnología (Tijssen, 2004).

¹⁰ Entre estas razones no se descarta los costes y los beneficios intangibles que traen las publicaciones, de tal forma que las invenciones patentadas son sólo un grupo de las invenciones técnicas (Tijssen y otros, 2000; Guan y He, 2007; López, 2008).

¹¹ Disponible en: <http://www.econtentmag.com/Articles/ArticleReader.aspx?ArticleID=6013>

referencias que mejor cubren un aspecto o si intentan completar todas las referencias posibles.

- Las citas NPR no transmiten ninguna información acerca del valor generado a la innovación por el contenido científico. La distribución de patentes por grado de uso es extremadamente sesgado, es posible que las patentes con alto número de referencias de NPR, están entre esas que nunca han sido usadas, y por lo tanto tendrían un valor económico muy limitado. Hay suficiente evidencia en la literatura sobre la asociación que hay entre el valor de las patentes con el número y calidad de las citas recibidas en otras patentes (Hall y otros, 2005; Harhoff y otros, 1999; Jaffe y Trajtenberg, 2002).
- Otra limitación importante de la NPR, es que los examinadores para limitar las reclamaciones de una patente, lo que hacen es chequear patentes existentes en la búsqueda del arte previo y si encuentran alguna referencia, ésta puede ser suficiente para limitar la reclamación de la patente sin necesidad de ir a la literatura no referida a patentes (NPR). Esto significa que la NPR, prevalece principalmente cuando hay pocas patentes en el estado del arte previo.
- Las patentes sólo muestran parte de la interacción entre ciencia y tecnología y existe una parte del avance tecnológico inducido por la ciencia no explicada a través de las patentes e igualmente la incidencia de la tecnología en el avance científico no se visualiza en este indicador (Guan y He, 2007).

Los siguientes estudios tienen en común, que utilizaron el indicador de cita de patentes (NPRs) registradas en la USPTO y en algunos casos en la EPO, para analizar la contribución de la ciencia y el conocimiento técnico en el progreso tecnológico encontrando además los vínculos específicos de cada sector con uno o varios campos científicos. La diferencia de los estudios se presenta en la delimitación geográfica y del período temporal así:

Iversen (2000), estudia datos de Noruega del período 1990 – 1996; Tijssen y otros (2000), en Holanda entre 1987-1996, pero advierten que las relaciones encontradas de las patentes con la ciencia mediante las citas NPR, no significa necesariamente que sean vínculos de causalidad. Para relaciones de causalidad debería encontrarse otros indicadores más adecuados. Jiancheng Guan y Ying He (2007), analizan el período 1995-2004, un período de rápido incremento de patentes de China en EEUU. Verbeek y otros (2002) estudian el período 1992-

1996 y entonces compararon las citas científicas con las publicaciones cubiertas por SCI.

Meyer (2006), compara el indicador de cita de patentes (NPRs) relacionadas con las universidades, es decir patentes que son propiedad de la universidad, con patentes de los investigadores, empleados de las universidades de Finlandia registradas en la USPTO. La comparación de los dos indicadores sugiere diferentes patrones de vínculos entre la ciencia y la tecnología. Más allá de esto, la investigación presenta evidencias que muestran que los sectores tecnológicos tienen diferentes maneras de colaboración en los procesos inventivos entre los académicos. Para Meyer (2006), la medición del intercambio que ocurre entre la ciencia y la tecnología tiene retos soportados precisamente en las diferentes formas de intercambio que se presentan. Así según Meyer (2006), otros indicadores y otras medidas interesantes para estos estudios pueden ser:

- El rastreo de las publicaciones de empresas que a través de ellas se pueden obtener luces de la conexión entre Ciencia y Tecnología (Godin, 1993, 1995 en Meyer, 2006).
- La identificación de aspectos tecnológicos de las actividades científicas, ejemplificado por las patentes de las universidades. En ellas se puede incluir todas las patentes de las universidades como también las invenciones tecnológicas patentadas en las cuales ha participado al menos un investigador universitario.
- Artículos científicos de autoría en la industria (Godin, 1993, 1995 en Meyer, 2006)
- Publicaciones conjuntas entre industriales y académicos (ej Clavert y Patel, 2003 en Meyer, 2006)
- El seguimiento de las patentes universitarias o académica.

3.2. Relación de patentes con sectores tecnológicos

La mayoría de la literatura consultada cuyos estudios se realizaron con base en las citas en las patentes de la literatura no referida a patentes, hacen un análisis riguroso de los límites de dicho indicador, pero de la misma manera se reconoce que donde se plasma de manera más evidente la diversidad de comportamientos frente a la patentación es en las citas científicas que se incorporan en las solicitudes de patentes. De hecho existe una amplia bibliografía en torno a las relaciones entre Ciencia – Tecnología

a partir de los contenidos en las citas de las patentes (Bonaccorsi y Thoma, 2007; Narin y Olivastro (1992); Narin y otros, 1997; Dasgupta y David, 1994; Pavitt, 1990; Breschi y Lissoni, 2004).

Narin and Olivastro (1992) y Narin y otros (1997) plantean, por ejemplo, que las publicaciones derivadas de las investigaciones científicas son un input importante para los inventores y que las patentes no sólo se documentan de la información revelada en otras patentes sino que también y con mayor importancia están aquellas patentes que son casi en su totalidad nuevo conocimiento (Bonaccorsi y Thoma, (2007)¹². Estudios cuantitativos encuentran relaciones de dependencia de la tecnología con la ciencia y se configura de esa manera una clasificación de industrias (Grubb, 1999; Heinze y Schmoch, 2004; Tijssen, 2004; en Bonaccorsi y Thoma, 2007).

Con base en la información y análisis que nos han arrojado los estudiosos de las relaciones que se establecen entre ciencia y tecnología, podemos realizar las siguientes consideraciones respecto a la producción de patentes de los sectores y la base científica de las patentes:

- Se observa una explosión de patentes que se evidencia claramente a partir de los años 80 en Estados Unidos y de los años 90 en el resto del mundo en sectores de alto contenido de conocimiento analítico¹³, es decir, incremento acelerado de patentes cuyas citas principales y más abundantes son referidas a los artículos científicos y no a otras patentes. Dichos sectores son la biotecnología y biociencias (biogenética, biomedicina, biomateriales, entre otros), las nanotecnologías y las nanociencias, la química avanzada y el software avanzado (Bonaccorsi y Thoma, 2007; Schumpeter Tamada y otros, 2006; William, 2005; Hall, 2003; ETC group, 2005; Walsh, Arora y Cohen, 2003; Acosta y Coronado, 2002). Además de esta conclusión coincidente en

estos estudios, destacan otros datos complementarios así:

El tremendo crecimiento anual promedio de un 20% en a las patentes de Biotecnología en la USPTO durante esos años 90 y la tasa de crecimiento de 10.5% de las patentes emitidas por la EPO en este ramo es muy significativa frente al crecimiento de las patentes en otros sectores (Williams, 2005). El estudio de Schumpeter Tamada y otros (2006), analiza citas de artículos científicos encontradas en las patentes japonesas. (Acosta y Coronado, 2002 y 2003), realizan el estudio en España y encuentran que en general son pocas las patentes en las que se encuentran citas científicas y están muy concentradas en sectores y en países. También encuentran que además de los sectores arriba mencionados, sectores como química, tecnologías de la información, farmacia y electrónica, tienen alta relación con la ciencia mientras que áreas como la ingeniería civil y la mecánica tienen muy baja relación. Pero también existen otros tipos de relaciones con la ciencia que no se comprenden en las citas, como movilidad, cooperación con empresas etc. En un estudio realizado por Bonaccorsi y Thoma (2007), se demuestra que en el campo de las Nanotecnologías, la producción de más de las dos terceras partes de patentes involucra actividad científica¹⁴ y que los científicos de esta rama tienen un gran impacto en la actividad patentadora en diversas formas, y además comprueban que esa área está caracterizada por altos niveles de colaboración institucional entre la industria y la academia. Guan y He (2007) analizan el indicador de Intensidad Científica¹⁵. En cada uno de los 11 sectores tecnológicos, las NPRs están concentradas en pocas patentes. Sin embargo la Biotecnología, Farmacia y Química orgánica fina tienen una conexión mucho más fuerte con la investigación científica, mientras sectores de TICs, semiconductores y óptica son campos menos basados en la ciencia.

- Estos nuevos sectores emergentes (Biotecnología, nanotecnologías y TICs), se constituyen como sectores transversales para los sectores que se habían considerado como tradicionales, sectores ya históricamente maduros y cuyo desarrollo se basaba en la explotación del conocimiento sintético:

¹² Se refiere a las citas de la literatura no referida a patentes (Citas NPL, NPR o NPC)

¹³ Laestadius (1998, en Ashein y Coenen, 2005), distingue entre dos tipos de conocimiento: analítico y sintético, para el primero la verdad de una propuesta se establece independientemente de los hechos o de la experiencia; y para el segundo el verdadero valor del conocimiento se encuentra determinado por la observación o por los hechos. El conocimiento analítico está basado en la ciencia: Se refiere al desarrollo de nuevos conocimientos de sistemas naturales y sociales mediante la aplicación de normas científicas. saber porque. El conocimiento sintético es basado en la ingeniería: Se refiere a la aplicación o combinación novedosa de conocimiento existente. Saber cómo (Asheim, 2009).

¹⁴ A la misma conclusión llega ETC Group (2005)

¹⁵ Intensidad científica es el número de referencias científicas dividido por el número de patentes



Las patentes relacionadas con software pueden ser encontradas en todas las subclases de patentes de TI (Telecomunicaciones, artículos electrónicos de consumo, computadores y equipos de oficina y microelectrónicas) y además se espera que las patentes de software continúen creciendo rápidamente en el futuro cercano¹⁶. Las empresas de TI, incrementaron su actividad patentadora no sólo en su propio sector, sino que también incrementaron las patentes en otros sectores tecnológicos (Williams, 2005). Igual se observó en el crecimiento de las solicitudes de patentes en química, mecánica y otras tecnologías tradicionales que parecen estar impulsadas parcialmente por las patentes de las empresas no tradicionales. Quizás lo más sorprendente para un observador externo es que la mayoría de las patentes de software provienen de sectores industriales cuya dedicación principal no es la producción de software y precisamente, la mayoría de las patentadoras son las grandes empresas multinacionales que lideran los sectores de maquinaria, electrónica e instrumentos, sectores desde donde surge una parte importante de las patentes de software (Besen y Hunt, 2004). En otro estudio, Suzuki, Gemba y otros (2006) en contra de lo que se puede pensar en una lógica del desarrollo de las tecnologías tradicionales, concluyen que la industria de maquinaria eléctrica es una industria basada en la ciencia.

Por otra parte se viene presentando una fusión entre los nuevos sectores científico tecnológicos: Fusión entre las biotecnologías con las TI y las nanotecnologías, entre las bios y las nanos existe una clara diferenciación, pues mientras la materia prima de la biotecnología es lo biológico, las tecnologías a escala nano involucran la manipulación de ambos de materiales vivos y no vivos, pero cuando se da la combinación de los dos campos la cual es muy frecuente se denomina nanobiotecnología. Algunos ejemplos son: materiales nano-estructurados usados dentro del cuerpo como el reemplazo de un hueso; las siliconas y los tejidos musculares híbridos

anunciados por investigadores en el año 2005¹⁷. La “biología sintética” está estrechamente relacionada y en ocasiones se solapa con la nanotecnología. (ETC Group, 2005).

- Precisamente en aquellos sectores en los que las patentes presentan un mayor peso científico, las universidades actualmente patentan con prioridad en áreas relacionadas con las ciencias de la vida, incluidas la biomedicina, la biotecnología y la nanotecnología. La química también tiene una presencia notable en Europa. A las áreas señaladas se podrían agregar las telecomunicaciones los instrumentos y las tecnologías medioambientales (Geuna y Nesta, 2006; Walsh, Arora y Cohen, 2003; Meyer, 2006).

4. Conclusiones

Si bien este surgimiento de los sectores de las TI; las biociencias y biotecnologías; las nanociencias y las nanotecnologías tienen una gran importancia por el cambio conceptual y de principios que desencadenó respecto a la apropiación y comercialización del conocimiento científico, es importante señalar por un lado, que sus vínculos con las ciencias tienen algunas diferencias y por otro lado, que ello a generado un reto de tipo ético y de compromiso con el avance científico para las universidades, las cuales tendrán que mantener un equilibrio al respecto, al introducir productos científico-tecnológicos comercializables, al tiempo que tendrán que cumplir su función social respaldadas en sus valores humanísticos y sociales.

Estos sectores nanotecnológicos y biotecnológicos responden a la clasificación del conocimiento analítico caracterizado, entre otros rasgos, por una más intensa participación de la ciencia, y por lo tanto por una mayor relación entre las universidades y las empresas, mientras que sectores como ingenierías, maquinaria, y electrónica, se ubican en la esfera del conocimiento sintético hasta mediados de los 90, pero a partir de ese momento comienza una transición, hacia unos clusters renovados con contenidos más científicos y que incorporan mayor intensidad de I+D, derivado de la transversalidad de los sectores emergentes ya referenciados (López, 2008 y Gómez Uranga y otros, 2009).

Del análisis de la producción tecnológica basada en conocimiento científico mediante citas NPL, se puede concluir que los modelos evolutivos que explican la

¹⁶ después de 1998, las patentes clasificadas en TI (Eléctrica, computadores) comienzan a representar aproximadamente un 35% del total de patentes registradas en la USPTO (base de datos Compustat), pero si cambia la unidad de análisis, ampliando la clase tecnológica, incluyendo en empresas de TI a los artículos de consumo electrónico, microelectrónica, computadores y telecomunicaciones, entonces la participación alcanza el 54% de las solicitudes de patentes registradas por la USPTO. Tendencia que se empezó a manifestar a finales de los 80 y principios de los 90 (Hall, 2003).

¹⁷ Roland Pease, “poderosos robots vivos para los músculos” BBC News, January 17, 2005. Disponible en <http://news.bbc.co.uk/go/pr/fr/-/1/hi/sci/tech/4181197.stm>



innovación y el desarrollo tecnológico, dan cuenta de una nueva reestructuración de los sectores tecnológicos y los cluster que los conforman, en los cuales, se integra novedosamente el conocimiento analítico (base para la producción científica) con el conocimiento sintético (base para la producción tecnológica), justificando la estrecha interrelación entre las universidades y el sector empresarial para la producción de la ciencia y comercialización de la tecnología.

Referencias Bibliográficas

- Acosta, M. y Coronado, D., Las relaciones ciencia-tecnología en España. Evidencias a partir de las citas científicas en patentes, *Economía Industrial*, Vol. 346, 2002, pp. 27-46.
- Acosta, M. y Coronado, D., Science – technology y flows in Spanish regions. An analysis of scientific citations in patent, *Research Policy*, Vol. 32, 2003, pp. 1763 – 1803.
- Ahumada, J. y Miranda, F, Ciencia, Tecnología y Sociedad: Algunas reflexiones, Documento preparado para la Organización de Estados Americanos, Bogotá, Colombia, Oct. , 2003.
- Asheim B.T. y Coenen L., Knowledge bases and regional innovation systems: Comparing Nordic Clusters, *Research Policy*, Vol. 34, 2005, pp. 1173-1191.
- Asheim, B., La política regional de innovación de la próxima generación: cómo combinar los enfoques del impulso por la ciencia y por el usuario en los sistemas regionales de innovación, *Ekonomiaz*, primer cuatrimestre, Vol. 70, 2009, pp. 86-105.
- Basalla, G., *The Evolution of Technology*, Cambridge, Cambridge University Press, 1988.
- Bessen, J. y Hunt, R. (2004). The software patent experiment. Disponible en: <http://www.researchoninnovation.org/softpat.pdf>
- Bonaccorsi, A. y Thoma, G., Institucional complementarity and inventive performance in nano science and technology, *Research Policy*, Vol. 36, 2007, pp. 813–831. Disponible en: www.sciencedirect.com
- Breschi, S. y Lissoni, F., Knowledge networks from patent data: methodological issues and research targets. En: W. Glänzel, H. Moed y U. Schmoch (Ed.), *Handbook of Quantitative S&T Research*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda, 2004.
- Cohen, W.; Nelson, R. y Walsh, J., Links and impacts: the influence of public research on industrial R&D, *Management Science*, Vol. 48 N° 1, enero, 2002, pp. 1-23.
- Dasgupta, P. y David, P., Towards a new economics of science, *Research Policy*, 23, 1994, pp. 487-521.
- Dosi, G.; Freeman, C.; Nelson, R. y Silverberg, G., *Technical Change and Economic Theory*, Londres, Pinter Publishers, 1988.
- ECONTENT (2004). Thomson Delphion Extends CHI Research Partnership. Disponible en <http://www.econtentmag.com/Articles/ArticleReader.aspx?ArticleID=6013>
- ETC Group, Special Report - Nanotech's "Second Nature" Patents: Implications for the Global South, *Communiqués*, No. 87 y 88, Marzo/Abril y Mayo/Junio, 2005.
- Etzkowitz, H. y Leydesdorff, L., Emergence of a Triple Helix of University- Industry-Government Relations, *Science and Public Policy*, Vol. 23, 1996, pp. 279-286.
- Etzkowitz, H. y Leydesdorff, L., The endless transition: A 'triple helix' of university-industry-government relations, *Minerva*, Vol. 36, 1998, pp. 203–208.
- Etzkowitz, H. y Leydesdorff, L., The dynamics of innovation: From National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations, *Research Policy*, Vol. 29, 2000, pp. 109-123.
- Geuna, A. y Nesta, L., University patenting and its effects on academic research: The emerging European evidence, *Research Policy*, Vol. 35, 2006, pp. 795 – 807.
- Griliches, Z., Productivity R&D and basic research at the firm level in the 1970s, *American Economic Review*, Vol. 76, 1986, pp. 141– 154.
- Grubb, P., *Patents for Chemical, Pharmaceuticals and Biotechnology. Fundamentals of Global Law, practice and strategy*, Oxford, Oxford University Press, 1999.
- Guan, J. y He, Y., Patent-bibliometric analysis on the Chinese science – technology linkage, *Scientometrics*, Vol. 72 No. 3, 2007, pp. 403-425, Publicación conjunta con la Akadémiai Kiadó, Budapest y Springer, Dordrecht (Holanda).
- Hall, B., Exploring the Patent Explosion, Ponencia invitada para el ZEW Workshop on Empirical



- Economics of Innovation and Patenting, Mannheim, Alemania, 14-15 de marzo, 2003.
- Hall, B.; Griliches, Z. y Hausman, J., Patents and R&D: Is There a Lag?, *International Economic Review*, Vol. 27, 1986, pp. 265–283.
- Harhoff, D.; Scherer, F.M. y Vopel, K., Citations, Family Size, Opposition and the Value of Patent Rights, *Research Policy*, Vol. 32 issue 8, septiembre, 2003, pp. 1343-1363.
- Harhoff, Dietmar, Francis Narin, F. M. Scherer, and Katrin Vopel., Citation Frequency and the Value of Patented Inventions, *Review of Economics and Statistics*, Vol. 81, 1999, pp. 511-515.
- Iversen, E., An excursion into the patent-bibliometrics of Norwegian patenting, *Scientometrics*, Vol. 49 (1), 2000, pp. 63–80.
- Iversen, E.; Gulbrandsen, M. y Klitkou, A., A baseline for the impact of academic patenting legislation in Norway, *Scientometrics*, Vol. 70 No. 2, 2007, pp. 393–414
- Jaffe, Adam B., and Manuel Trajtenberg., *Patents, Citations, and Innovations: A window on the Knowledge Economy*, Cambridge, Massachusetts, The MIT Press, 2002.
- Klevorick, A.K.; Levin, R.C.; Nelson, R.R. y Winter, S.G., On the sources and significance of interindustry differences in technological opportunities, *Research Policy*, Vol. 24, 1995, pp. 185-205.
- Kline, S. y Rosenberg, N., An Overview of Innovation, En: Landau/ Rosenberg (ed.), *The positive Sum Strategy. Harnessing Technology for Economic Growth*, Washington, DC., National Academy Press, 1986, pp. 275-305.
- Lanjouw, Jean O., and Mark Schankerman., Characteristics of patent litigation: a window on competition., *RAND Journal of Economics*, Vol. 32 Issue 1, 2001.
- López, M.S., Hacia una gestión universitaria de los derechos de propiedad industrial: patentes, tesis presentada a la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, España, para optar al grado de Doctor., 2008.
- Mansfield, E., Composition of R&D expenditures: relationship to size of firm, concentration and innovative output, *Review of Economics and Statistics*, Vol. 63, 1981, pp. 610–615.
- Metcalf, S., *Evolutionary Economics and Creative Destruction*, Nueva York, Routledge, 1998.
- Meyer, M., Are patenting scientists the better scholars? An exploratory comparison of inventor-authors with their non-inventing peers in nanoscience and technology, *Research Policy*, Vol. 35, 2006, pp. 1646–1662.
- Mokyr, J., *The Lever of Riches*, Oxford, Oxford University Press, 1990.
- Mowery, D. y Rosenberg, N., The influence of market demand upon innovation: a critical review of some empirical studies. En: N. Rosenberg (Ed.), *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge, Cambridge University Press, 1982, pp. 193–241.
- Narin, F. y Olivastro, D., Status report: linkage between technology and science, *Research Policy*, Vol. 21, 1992, pp. 237–249.
- Narin, F.; Hamilton, K. y Olivastro, D., Linkage between agency supported research and patented industrial technology, *Research Evaluation*, Vol. 5, 1995, pp. 183–187.
- Narin, F.; Hamilton, K. y Olivastro, D., The increasing linkage between U.S. technology and public science, *Research Policy*, Vol. 26, 1997, pp. 317–330.
- Nelson, R., The market economy, and the scientific commons, *Research Policy*, Vol. 33, 2004, pp. 455-471.
- Nelson, R. y Winter, S., *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge, Mass y Londres, Belknap/Harvard University Press, 1982.
- Pavitt, K., What we know about the strategic management of technology, *California Management Review*, Primavera, Vol. 32, 1990, pp. 17-28.
- Pavitt, K., Do Patents Reflect the Useful Research Output of Universities?, *SPRU Electronic Working Papers Series*, Vol. 6, Noviembre, 1997.
- Pease, R. (2005). 'Living' robots powered by muscle. Disponible en <http://news.bbc.co.uk/go/pr/fr/-/1/hi/sci/tech/4181197.stm>
- Rosenberg, N., Technological change in chemicals. En: A. Arora, R. Landau y N. Rosenberg. (Eds.), *Chemicals and Long Run Economic Growth*, Nueva York, Wiley, 1998.
- Sancho, R., Medición de las actividades de ciencia y tecnología. Estadísticas e indicadores empleados, *Revista española de Documentación Científica*, Vol. 24 No 4, 2001.



Stokes, D., *Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation*, Washington, DC., Brookings Press, 1996.

Tijssen, R., Is the commercialisation of scientific research affecting the production of public knowledge? Global trends in the output of corporate research articles, *Research Policy*, Vol. 32, 2004, pp. 709 -733.

Tijssen, R.; Buter, R. y Van Leeuwen, Th., Technological relevance of science: An assessment of citation linkages between patents and research papers, *Scientometrics*, 47 (2), 2000, pp. 389–412.

Toynbee, A. J., *Introduction: The Genesis of Civilisations, A Study of History*, 12, Vol. 1 y 3, Nueva York, 1963

Uranga, M.; Etxebarria, G.; Barrutia, J., Estudio de los cambios en los sistemas regionales de innovación a través de la evolución y diversificación de los sectores más representativos de la industria vasca, *Ekonomiaz*, primer cuatrimestre, Vol. 70, 2009, pp. 106-131.

Verbeek, A.; Debackere, K.; Luwel, M.; Andries, P.; Zimmermann, E. y Deleus, F., Linking science to technology: Using bibliographic references in patents to build linkage schemes, *Scientometrics*, Vol. 54 (3), 2002, pp. 399–420.

Vincenti, W., *What Engineers Know and How They Know It*, Baltimore, Johns Hopkins Press, 1990.

Walsh, J.; Arora, A. y Cohen, W., Patenting and licensing of research tools and biomedical innovation. En S. Merrill, R. Levin y M. Meyers (eds.), *Innovation in a Knowledge-Based Economy*, Washington, National Academies Press, 2003, pp. 285-340.

Williams, A. (2005). *The Explosion Patent. Information Technology and Competitive Advantage*. Disponible en www.nplc.com. Consultado en 02/2007

Ziman, J., *The Force of Knowledge: The Scientific Dimension of Society*, Cambridge, Cambridge University Press. 1976.

Ziman, J., *Technological Innovation as an Evolutionary Process*, Cambridge, Cambridge University Press, 2000.