

CAPÍTULO 5
INDICADORES DE TRANSFERENCIA DEL CONOCIMIENTO

Indicadores de transferencia de conocimiento: una propuesta de medida de la cooperación entre universidad y empresa

Manuel Fernández-Esquinas, Carmen Merchán-Hernández,
Leticia Rodríguez-Brey y Oihana Valmaseda-Andia*

El objetivo de este trabajo es desarrollar un sistema de indicadores que permita medir el nivel de intensidad en la transferencia de conocimiento entre las universidades y centros públicos de investigación y el sector productivo que tiene lugar en un sistema público de I+D. Para ello se tienen en cuenta diferentes formas de interacción universidad-empresa de carácter descentralizado. Es decir, aquellas interacciones que tienen lugar al nivel de los individuos o equipos de investigación, que emplean la autonomía propia del trabajo académico para mantener una variada gama de relaciones con las empresas de su entorno. Estas relaciones incluyen tanto acuerdos formales como mecanismos informales. Los registros de las universidades, especialmente las oficinas de transferencia de tecnología, no suelen disponer de información sistematizada de todas las actividades realizadas por el colectivo de trabajadores académicos. Por ello, para obtener medidas de las formas de transferencia realmente existentes es necesario acudir a los principales agentes que participan en el proceso: los investigadores organizados en equipos y las empresas.

311

1. Introducción

La acumulación de conocimiento y su aplicación a nuevos productos y procesos productivos y a nuevas formas organizativas constituyen actualmente uno de los pilares fundamentales de las denominadas “sociedades del conocimiento” (Bell, 1994; Castells, 2001). La creación de esta base de conocimiento puede darse tanto a nivel individual, por la acumulación que las personas realizan a través de su experiencia y aprendizaje, o bien gracias a la interacción entre individuos y organizaciones, a lo que habitualmente se llama aprendizaje interactivo (Lundvall, 1988). Estos procesos de aprendizaje pueden tener lugar entre las empresas y agentes de diferente índole, tales

* Instituto de Estudios Sociales Avanzados, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Córdoba, España. Este trabajo es parte del proyecto titulado *Condiciones de generación y uso de la investigación científica en el sistema público de I+D*, financiado por la Convocatoria de Proyectos de Excelencia del Plan Andaluz de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación. Correos electrónicos de contacto: mfernandez@iesa.csic.es; cmerchan@iesa.csic.es; lrbrey@iesa.csic.es; ovalmaseda@iesa.csic.es.

como los actores gubernamentales, la universidad y los organismos de investigación. La literatura sobre innovación asume que dicha interacción interorganizacional contribuya a la acumulación de conocimiento en los sistemas de innovación (Freeman, 1987; Lundvall, 1992; Nelson, 1993). En este contexto, la universidad ha ido adquiriendo progresivamente un importante papel como productor de conocimiento y como fuente de conocimiento para el desarrollo de actividades de innovación en el tejido empresarial (Von Hippel y Von Hippel, 1988; Etzkowitz *et al.*, 1998), sobre todo en sectores intensivos en tecnología (Darby y Zucker, 2006). Esta implicación de la universidad como fuente de innovación en las empresas se viene promoviendo especialmente en regiones consideradas económicamente periféricas, en las que suele existir un tejido empresarial con baja capacidad de absorción y producción de conocimientos científicos (Shapira, 2005). Los recursos y capacidades de I+D suelen estar concentrados en el sector público, sobre todo en las universidades, por lo que estas organizaciones resultan fundamentales para mejorar los procesos de aprendizaje de las empresas.

312

De este modo, la transferencia de conocimiento realizada gracias a las interacciones entre actores relevantes del sistema se ha convertido en una de las piezas claves de los estudios sobre innovación y de las agendas políticas para promoverla (OECD, 2001). Gran parte de los estudios empíricos existentes sobre las relaciones de cooperación universidad-empresa se centran fundamentalmente en aquellos flujos de conocimiento que dan lugar a resultados medibles, tales como patentes, licencias y *spin-offs* académicas (Siegel *et al.*, 2003; Geuna y Muscio, 2009). Sin embargo, actividades como la consultoría tecnológica, el intercambio de investigadores (Schartinger *et al.*, 2001) y los proyectos de investigación conjuntos desarrollados entre investigadores de la universidad y las empresas, así como las relaciones interpersonales (D'Este y Patel, 2007), se consideran un marco propicio para la creación, intercambio y aplicación de nuevo conocimiento. Además, este tipo de relaciones implican el intercambio de conocimiento de componente tácito que refuerza y potencia, si cabe en mayor medida, la capacidad de aprendizaje en las empresas, condición indispensable para el desarrollo de innovaciones (Lundvall *et al.*, 2002). No obstante, en los organismos oficiales y en la literatura empírica no suelen encontrarse indicadores adecuados que permitan representar el grado de desarrollo de las relaciones de cooperación universidad-empresa en un contexto determinado. Por ello, es difícil evaluar el papel de la variedad de posibles mecanismos de interacción, así como la intensidad de transferencia de conocimientos que suponen.

El objetivo de este trabajo es diseñar un sistema de indicadores que permita evaluar el grado o intensidad de transferencia entre la universidad y las empresas que se produce en un sistema de innovación a través de medidas fundamentadas teóricamente. Para ello utilizamos como lugar estratégico de estudio un sistema regional, donde observamos cuantitativamente los canales de transferencia desde el punto de vista de las empresas. El procedimiento seguido para el diseño de este sistema de indicadores se ha desarrollado en una secuencia de tres etapas. En primer lugar, realizamos una discusión teórica que nos permite concretar operativamente los diferentes canales de transferencia que pueden desarrollarse entre la universidad y la empresa. En segundo

lugar, construimos el sistema de indicadores teniendo en cuenta el flujo de conocimiento asociado a cada uno de estos canales. Para ello entendemos que los distintos canales difieren en términos de generación y aplicación de conocimiento, existiendo algunos que pueden significar la creación de nuevos conocimientos científicos. También consideramos las dimensiones tácita y explícita del conocimiento puesto en acción en una determinada actividad de cooperación. De esta forma, podemos establecer con mayor precisión aquellos canales que representan una mayor intensidad de conocimiento transferido. En tercer lugar, los indicadores se han aplicado a un sistema regional de innovación, el de la Comunidad Autónoma de Andalucía, mediante los datos procedentes de una muestra representativa de empresas innovadoras de la región (n=737). Esto nos permite valorar la utilidad del sistema de indicadores como herramienta para medir el nivel de intensidad de transferencia de conocimiento de las relaciones universidad-empresa en un contexto concreto.

La investigación se estructura en cuatro secciones a partir de la presente. En primer lugar, efectuamos la revisión de la literatura sobre la que apoyamos nuestro trabajo. A continuación, se expone la metodología empleada y la estrategia seguida para la construcción del sistema de indicadores propuesto. Seguidamente, avanzamos algunos resultados preliminares de la investigación en lo que respecta a la aplicación de este sistema de indicadores en un contexto regional. Finalmente, presentamos algunas conclusiones e implicaciones del trabajo.

313

2. Marcos de análisis de referencia

Las discusiones teóricas sobre las que se fundamenta la construcción del sistema de indicadores de transferencia conocimiento parten de tres ejes principales. En primer lugar, tenemos en cuenta aquellas aportaciones que debaten y explican la creación, conversión y difusión del conocimiento, fundamentalmente en su dimensión tácita (Nonaka, 1995a; Cowan y Foray, 1997; Ancori *et al.*, 2000; Cohendet y Edward Steinmueller, 2000; Cowan, David y Foray, 2000; Davenport y Prusak, 2000; Haldin-Herrgard, 2000; Johnson *et al.*, 2002; Hall, 2006) y que vinculan estos procesos al aprendizaje en las organizaciones, necesario para la innovación en las empresas. En segundo lugar, nos detenemos específicamente en los estudios que analizan las posibles vías de cooperación entre la universidad y las empresas (Mowery y Sampat, 2001; D'Este y Patel, 2007; Geuna y Muscio, 2009). En tercer lugar, una vez identificados los mecanismos de cooperación, nos centramos en el estudio de la intensidad de flujos conocimiento que pueden implicar estos procesos de interacción (Schartinger *et al.*, 2001; Agrawal y Henderson, 2002; Perkmann y Walsh, 2007b).

2.1. Las dimensiones tácita y explícita del conocimiento transferido

Los principales avances teóricos sobre el empleo y dirección del conocimiento se suelen ubicar en el enfoque llamado de los recursos y capacidades, junto a los desarrollos producidos por la corriente en torno al conocimiento tácito aplicado al mundo de la empresa. Básicamente, estas aportaciones son fruto de corrientes que

tienen su origen a comienzos del siglo XX, caracterizadas por dos asunciones básicas. La consideración de la inteligencia y el conocimiento como pilares en la organización que resultan claves para la transformación económica, frente a los factores productivos clásicos, y el reconocimiento de que las capacidades relacionadas con los saberes, lo que hoy se identifica como conocimiento tácito, permiten a las organizaciones generar ventajas competitivas.¹

El enfoque de los recursos y capacidades (Wernerfelt, 1984; Mahoney y Padian, 1992; Peteraf, 1993; Collins y Montgomery, 1995; Stalk, Evans, y Shulman, 1992; Barney, 1986, 1991; Grant, 1991) y, dentro de éste, su aproximación dinámica, introduce el concepto de capacidad dinámica como fuente de ventaja competitiva de una organización (Prahalad y Hamel, 1990; Stalk, Evans y Shulman, 1992; Teece, Pisano y Shuen, 1994). Será, a su vez, el enfoque basado en el conocimiento, evolución del planteamiento anterior, el que constituya una base teórica fundamental sobre la que apoyar nuestra investigación. Esta corriente de pensamiento considera el conocimiento -en sus diferentes formas, individual y colectivo, con mayor o menor grado de complejidad, especificidad y codificación- y el aprendizaje como intangibles indispensables para la competitividad empresarial. La empresa se concibe como un sistema de conocimiento en el que la interacción entre conocimiento tácito y explícito conduce a la creación de nuevo conocimiento y a su difusión (Nonaka, 1991; Nonaka y Takeuchi, 1995; Nonaka y Konno, 1998; Grant, 1991, 1996; Spender, 1996; Conner y Prahalad, 1996; Kogut y Zander, 1992, 1996; Zander y Kogut, 1995; Hedlund, 1994; Hedlund y Nonaka, 1993).

314

Por otra parte, Polanyi (1958) es considerado el autor pionero en admitir la existencia de un conocimiento no formalizado y difícilmente transmisible. Define el conocimiento tácito, o "*subsidiary knowledge*" como conocimiento personal, no articulado, implícito, difícil de formalizar y comunicar, pero subraya que es esta dimensión del conocimiento la que posibilita el conocimiento explícito o "*focal knowledge*" (Polanyi, 1958, 1966). Polanyi establece que la adquisición o aprendizaje de este conocimiento tácito necesita de la interacción. Las aportaciones de Polanyi son la base del conocido trabajo de Nonaka y Takeuchi (1995), quienes adaptan los tipos de conocimiento explícito y tácito al mundo de la empresa. En relación al conocimiento tácito, distingue dos dimensiones diferenciadas: la dimensión técnica, que incluye las habilidades o destrezas que constituyen el saber-hacer, y la dimensión cognitiva, que hace referencia a los esquemas, modelos mentales, creencias y percepciones. Para Nonaka y Takeuchi (1995) el conocimiento tácito es difícilmente visible y expresable, altamente personal y difícil de formalizar, comunicar y compartir. Consideran que está profundamente enraizado en la acción individual y la experiencia, así como en ideales, valores o emociones del individuo.

1. La referencia clásica en los economistas que ya apuntaban el papel del conocimiento como factor clave en las organizaciones es Marshall (1890). Más adelante, Simon (1945), Penrose (1959) y Selznick (1957) son considerados como antecedentes de la *Teoría de Recursos y Capacidades*.

Si bien se constata en la literatura un gran consenso en torno a la importancia del conocimiento en la transformación de la economía y las organizaciones, las divergencias surgen, principalmente, a la hora de explicar los mecanismos y procesos de creación del conocimiento, así como la dirección del mismo. En relación a la problemática que plantea la explicación de cómo se crea el conocimiento, frente a la denominada visión “occidental”, que considera las organizaciones como procesadoras de información del ámbito externo con el fin de conseguir la adaptación al contexto en el que operan, hemos querido poner mayor énfasis en aquellas voces que sostienen que la concepción anterior es insuficiente para explicar la innovación en las organizaciones. Se trata de autores que proponen una nueva teoría de creación de conocimiento organizacional. Este planteamiento defiende la necesidad de procesar información del exterior al interior de la organización, pero también en sentido contrario, para redefinir las necesidades de conocimiento de la organización y las soluciones a tales necesidades. Esta visión también distingue entre conocimiento tácito y explícito y aboga por la interacción de ambos para la creación de nuevo conocimiento y, en suma, para el aprendizaje organizacional necesario para la innovación (Nonaka y Takeuchi, 1995). Estos autores afirman que la creación de conocimiento en una organización requiere de formas distintas de conversión de conocimiento. Entre éstas, establecen la interiorización como el proceso que convierte conocimiento explícito en tácito. Es la forma de conversión conocida como “aprender haciendo” la que más interesa para abordar cuestiones relacionadas con el aprendizaje organizacional. Relacionados con esta línea de trabajo, que aboga por la conversión de conocimiento y por la interacción entre conocimiento tácito y explícito, ubicamos trabajos como los de Cowan, David y Foray (2000), Jonson, Lorenz y Lundvall (2002), Ancori, Bureth y Cohendet (2000) y Hall (2006) que reflexionan sobre la necesidad de relacionar ambas dimensiones del conocimiento y defienden la codificación de éste como un proceso necesario para la creación de nuevo conocimiento.

315

Por otra parte, además de investigaciones como las señaladas que se centran en los procesos de creación y transferencia de conocimiento, la literatura ofrece valiosos ejemplos de usos y aplicación del concepto para abordar problemáticas relacionadas con la transferencia de conocimiento entre organizaciones que resultan especialmente oportunas para la presente investigación. Así, Collins (2001) define el conocimiento tácito como el conocimiento o las habilidades que son intercambiadas entre científicos mediante el contacto personal, pero que no pueden materializarse ni en fórmulas, diagramas, descripciones verbales e instrucciones de actuación y establece cinco tipos de conocimiento que puede ser transferido en esos contactos personales entre científicos. Utiliza el concepto de conocimiento tácito y su difusión a través del contacto interpersonal para su aplicación a los laboratorios o al mundo de la investigación. Foos (2006) estudia empíricamente la transferencia de conocimiento entre socios que colaboran para el desarrollo de un producto. Sostienen que la confianza y la participación influyen en las expectativas de transferencia de conocimiento tácito. Finalmente, otra aplicación de la teoría de la creación de conocimiento de Nonaka (1995) y en el contexto de la colaboración universidad-empresa es la realizada por Kliknaite (2009), quien utiliza ese planteamiento teórico para identificar y dar solución a las barreras que impiden el aprendizaje entre empresas y el entorno académico.

Este conjunto de planteamientos sirve de base para realizar una conceptualización más ajustada de las relaciones universidad-empresa, especialmente en un entorno caracterizado por modelos de cooperación de carácter descentralizado, como se indicará más adelante. Más concretamente, la discusión sobre la identificación de los distintos mecanismos de interacción y su función en los procesos de aprendizaje organizativo de las empresas ofrecen una base para redefinir operativamente los tipos de relación que mantienen las empresas con las universidades, teniendo en cuenta la discusión sobre la medición de la intensidad del conocimiento transferido a través de los distintos mecanismos que se realiza en el apartado siguiente.

2.2. La diversidad de mecanismos de transferencia y la importancia de las relaciones descentralizadas

La literatura especializada sobre las relaciones de cooperación universidad-empresa pone de relieve la complejidad de la naturaleza de estas interacciones. Además de la diversidad de factores que influyen en la comunidad científica y las empresas para el desarrollo de relaciones de cooperación (Lee, 1998), existe una dificultad añadida al estudiar estas interacciones debida a los impedimentos para percibir los mecanismos a través de los que se producen los flujos de conocimiento. Estos trabajos subrayan que este tipo de vínculos no responden a un único patrón determinado, ni a unos canales uniformes (Bozeman, 2000; Perkmann y Walsh, 2007a; Geuna y Muscio, 2009), y destacan la existencia de importantes carencias en la comprensión de los vínculos que los unen (D'Este y Patel, 2007).

316

Es sabido que un número significativo de académicos tienen contratos con empresas en diferentes canales simultáneamente (D'Este y Patel, 2007). No obstante, gran parte de los estudios empíricos sobre relaciones de cooperación se han centrado fundamentalmente en tres tipos de mecanismos de colaboración: patentes, licencias y *spin-off* (Geuna y Muscio, 2009). Estos trabajos detienen su atención esencialmente en la capacidad para generar y explotar derechos de propiedad intelectual –*Intellectual Property Rights*, IPR– (Mowery y Sampat, 2001; Agrawal y Henderson, 2002; Owen-Smith y Powell, 2003; Valentin y Jensen, 2007). Estas formas de relación suelen prevalecer como medidas de output de las universidades, tanto por las expectativas de comercialización que generan, como por la mayor disponibilidad de base de datos en las oficinas de transferencia de tecnología.

Sin embargo, la atención recibida en los estudios empíricos a estos mecanismos de transferencia parece excesiva cuando se comprueba su bajo nivel de desarrollo y de representatividad si se comparan con otros tipos de cooperación (Schartinger *et al.*, 2002), especialmente en aquellos sectores de empresas menos intensivas en conocimiento (Cohen *et al.*, 2002). Esto puede deberse a la naturaleza misma de las patentes y licencias que implican directamente una comercialización (Perkmann y Walsh, 2007), aunque sólo una pequeña proporción de la investigación desarrollada en la universidad puede ser codificada según estos mecanismos (Geuna y Muscio, 2009). Por tanto, detenerse únicamente en el estudio de estos canales proporciona un panorama incompleto de la realidad de las relaciones de cooperación.

En esta línea, diferentes estudios empíricos revelan que los principales mecanismos de transferencia de conocimiento desde las universidades siguen desarrollándose a través de la movilidad del capital humano (Schartinger *et al.*, 2002), conferencias, reuniones y encuentros (D'Este y Patel, 2007), así como mediante actividades de consultoría (Cohen *et al.*, 2002). También comienzan a popularizarse las fórmulas derivadas de la creación de centros de investigación de titularidad compartida o centros mixtos (Perkmann y Walsh, 2007). Por otra parte, los flujos de contactos informales se muestran como un aspecto crucial en las relaciones universidad-empresas (Rappert *et al.*, 1999). Sin embargo, este tipo de relaciones presentan más dificultades para ser identificados empíricamente por su naturaleza esporádica, a pesar de que se intuye que, en muchos casos, tras estos contactos informales subyace el establecimiento de contactos formalizados.

Además, encontramos una serie de limitaciones metodológicas y técnicas basadas fundamentalmente en las fuentes de datos empleadas que, en cierta medida, contribuyen a que los estudios empíricos sobre las relaciones de cooperación se reduzcan a una serie de actividades concretas. Gran parte de los análisis de la cooperación universidad-empresa están basados fundamentalmente en la explotación de datos procedentes de fuentes oficiales. Por ejemplo, para el caso de España se basan en la información ofrecida por el INE (Instituto Nacional de Estadística) (Acosta y Modrego, 2000; Acosta y Modrego, 2001; Bayona Sáez *et al.*, 2002; Navarro, 2002; Segarra-Blasco y Arauzo-Carod, 2008), mientras que otros estudios europeos realizan explotaciones de los datos de encuestas realizadas según la metodología CIS (*Community Innovation Survey*) (Tether, 2002; Laursen y Salter, 2004). Dado que el objetivo principal de estas encuestas no es indagar las relaciones de cooperación, estos trabajos emplean variables de resumen que no capturan la complejidad de las relaciones.

317

Así, la mayoría de estos análisis suelen basarse en variables *proxí* que reflejan de forma muy general los vínculos que existen y la intensidad de dichos vínculos. Por ejemplo, en los estudios que utilizan encuestas genéricas de innovación como fuente de datos, la variable dependiente generalmente se construye a partir de la pregunta: “¿Ha realizado su empresa cooperación activa en I+D con alguna universidad o centro público de investigación?”, siendo la respuesta “sí” o “no” (Bayona Sáez *et al.*, 2002). Otra variable utilizada se obtiene a partir de la pregunta: “¿Qué grado de importancia tienen las universidades como fuente de información y conocimiento para las actividades de innovación de su empresa?”, siendo las posibilidades de respuesta una escala tipo Likert que varía desde el 0 (“no se usa”) hasta el 4 (“alta importancia”) (Laursen y Salter, 2004).

Por otra parte, otro factor que añade especial complejidad al estudio empírico de este fenómeno es que las relaciones entre universidad y empresa conllevan distintos tipos de formalización, de acuerdo con los protocolos y el grado de control ejercido por las organizaciones participantes. De un lado, pueden existir protocolos estructurados que pautan las actividades y obligaciones, normalmente a través de las oficinas de transferencia de resultados de investigación de universidades y centros de

investigación. En el otro extremo, existen relaciones informales que se realizan entre personas o equipos pequeños a iniciativa de los interlocutores, y que se mantienen a nivel personal y no entran a formar parte de los mecanismos de decisión de las organizaciones (Grimpe *et al.*, 2010; Link *et al.*, 2007). Igualmente, dependiendo del contexto organizativo en el que se lleven a cabo, las relaciones universidad empresa también suponen distinto tipo de descentralización, aspecto que está relacionado con el grado de formalización, aunque conlleva matices distintos. Los acuerdos de cooperación entre universidad y empresa pueden estar reglados en distinto grado por los procedimientos universitarios, exigiéndose a los profesores un cierto control sobre sus relaciones con las empresas, lo cual conlleva algún grado de formalización siempre que se vaya más allá de un contacto que no trasciende a la relación de carácter personal.² No obstante, existen casos en los que las universidades pueden realizar un control más efectivo de sus relaciones con el tejido productivo, mientras que en otras ocasiones dejan a criterio de sus propios empleados la iniciativa y las decisiones, y posteriormente ejercen algún seguimiento y retienen alguna cantidad de los intercambios económicos en concepto de *overhead*.

318

La discusión sobre el grado de descentralización toma sentido cuando se abre la observación a varios tipos de relación entre universidad y empresa y se ponen en relación con los tipos de conocimiento que se transfieren. Normalmente, las modalidades que conllevan la presencia de mayor conocimiento codificado, así como la creación de un ente organizativo estable, suponen un mayor grado de control. Así, es posible considerar que la creación de centros mixtos, nuevas empresas y los protocolos de explotación de propiedad intelectual ofrecen más posibilidades de formalización, y que estos procesos de transferencia también implican una mayor intervención de los órganos de gobierno.

Sin embargo, aquellas modalidades que tienen un mayor componente de conocimiento tácito son más difíciles de controlar. En estos casos, es más frecuente que la opción de las organizaciones sea actuar a demanda de sus profesores, que son los que deciden las actividades a realizar, comunicando posteriormente las decisiones y, en su caso, realizando algún acuerdo normalizado exigido por la universidad. Este es el tipo de relaciones a las que aquí consideramos de carácter descentralizado. A saber, aquellas que tienen lugar en el nivel de los individuos y los equipos de investigación, que emplean la autonomía propia del trabajo académico para relacionarse directamente con interlocutores con capacidad de decisión en las empresas del entorno.

En este trabajo se asume que, cuando se observan en su complejidad los procesos de relación universidad-empresa, la mayor parte de ellos se producen de manera descentralizada debido a las dificultades de control que suponen gran parte de las

2. Desde el punto de vista de la empresa también pueden ocurrir distintos grados de descentralización, aunque en este caso asumimos que las organizaciones empresariales tienen mayor coordinación jerárquica que las burocracias académicas, y que además la mayoría de las empresas son organizaciones más reducidas, donde la coordinación jerárquica es más efectiva.

actividades que se contemplan, junto a la tradicional libertad asociada al trabajo de la ciencia académica. Más aún, las relaciones de carácter descentralizado tienen especial presencia en aquellos sistemas de innovación donde no predominan las empresas con capacidad de absorción o con capacidad de establecer relaciones dirigidas a producir nuevos conocimientos científicos. Es decir, donde predominan las empresas pequeñas y medianas especializadas en servicios y sectores productivos de media y baja tecnología, que centran sus relaciones en actividades fundamentalmente basadas en recursos humanos (intercambio de personal y prácticas), más cercanas al conocimiento tácito. Por otra parte, estas relaciones descentralizadas también predominan en aquellos sistemas universitarios con escasa producción de patentes, bien debido a la falta de capacidades para investigación o a la falta de incentivos a los investigadores, así como en aquellos sistemas universitarios con modelos organizativos en los que prima la libertad académica y no se han implantado organismos de transferencias profesionalizados que ejerzan algún grado de control y seguimiento de las actividades de los profesores. En definitiva, para observar empíricamente la transferencia de conocimiento es necesario tener en cuenta la diversidad de canales asociados a actividades, así como las rutinas organizativas existentes en el contexto organizativo que se estudie.

2.3. Hacia un esquema analítico para la medición de la transferencia de conocimiento

Las discusiones y aportaciones empíricas existentes en la literatura especializada dan lugar a un esquema sobre las clases de acuerdos o relaciones que pueden darse entre las universidades u organismos públicos de investigación y las empresas. Con el objetivo de ajustar esta tipología a las distintas posibilidades de relación que pueden desarrollarse en un sistema de innovación concreto, se han tenido en cuenta las normativas y modelos de acuerdos existentes en las oficinas de transferencia de tecnología (en Andalucía llamadas OTRIS) de las distintas universidades y centros públicos de investigación de la región. En concreto, en este caso se consideran las relaciones existentes entre empresas y grupos o equipos de investigación, debido a que las actividades concretas que la empresa realiza en su relación con la universidad se llevan a cabo con alguno de los profesores, o bien con algunos de los miembros integrados en un equipo o grupo de investigación.

319

El resultado ha sido la siguiente tipología de posibles relaciones de cooperación entre empresas y universidades:

1. *Prestar asesoramiento o apoyo tecnológico.* El grupo de investigación asesora a la empresa en materia tecnológica o presta apoyo para la resolución de problemas específicos de carácter científico o técnico. A cambio, el grupo recibe una contraprestación, normalmente monetaria, por los servicios prestados.
2. *Realizar un proyecto de investigación contratado por una empresa.* La empresa encarga al grupo de investigación la realización de un trabajo concreto, definiendo normalmente los términos en que éste debe llevarse a cabo a partir de sus

necesidades productivas. Al tratarse de un proyecto de investigación, las actividades desarrolladas están dirigidas a producir nuevos conocimientos científicos. En este caso, la empresa financia la totalidad del proyecto de investigación.

3. *Realizar un proyecto de investigación conjuntamente con una empresa.* Se trata de un proyecto de investigación acordado entre la empresa y el grupo de investigación para su realización conjunta, ya que están interesados en una misma línea de investigación. Generalmente, este tipo de proyectos de investigación están subvencionados con fondos públicos, como los Programas Marco de I+D de la UE, las diversas herramientas incluidas en el Plan Nacional de I+D+i (PETRI, PROFIT, Ayudas CDTI, etc.) y los proyectos financiados por la administración autonómica.

4. *Cesión o explotación de patentes.* Los grupos de investigación y la institución a la que pertenecen, en el caso de ser titulares de alguna patente, pueden ceder su uso y/o explotación a las empresas interesadas mediante el correspondiente contrato o bien licenciar o explotar una patente conjuntamente. En este caso, lo que se resalta es la utilización de conocimiento que tiene una titularidad legal, independientemente del tipo de transacción monetaria realizada.

320 5. *Formación de personal científico y técnico.* Dentro de este tipo distinguimos: a) realización de cursos, seminarios, jornadas para personal de la empresa impartidas por algún miembro del grupo de investigación; b) formalización de contratos para la realización de prácticas de alumnos en la empresa; c) intercambio de expertos entre la empresa y el grupo de investigación que permite disponer de personas con experiencia en el mundo universitario y en el empresarial.

6. *Participación en centros mixtos.* Se trata de la participación directa en una nueva organización relacionada con actividades de I+D. Normalmente consiste en la titularidad compartida entre universidades u organismos públicos de investigación, empresas y/o administraciones públicas.

7. *Creación de spin-off o empresas de base tecnológica.* Se trata de una empresa creada ex novo para explotar comercialmente algún resultado de investigación concreto obtenido por el grupo, o bien en la que investigadores pertenecientes al grupo de investigación participan como fundadores o como colaboradores.

8. *Difusión de conocimiento conjunto.* Se trata de colaboraciones entre la universidad y la empresa orientadas a la difusión de conocimiento, generalmente mediante la publicación en una revista científica o la presentación en un congreso.

9. *Contactos informales para explorar posibles colaboraciones.* Por último, hemos querido incluir también en esta tipología las relaciones informales que puedan darse entre las universidades y empresarios. Entendemos por contactos informales las conversaciones y/o reuniones con algún miembro de un grupo de investigación para transferir conocimientos científico-técnicos, pero que no ha culminado en un acuerdo formal. Generalmente estas relaciones informales son difíciles de cuantificar porque

se trata de contactos personales fuera de las vías institucionales que no se recogen en las estadísticas oficiales.

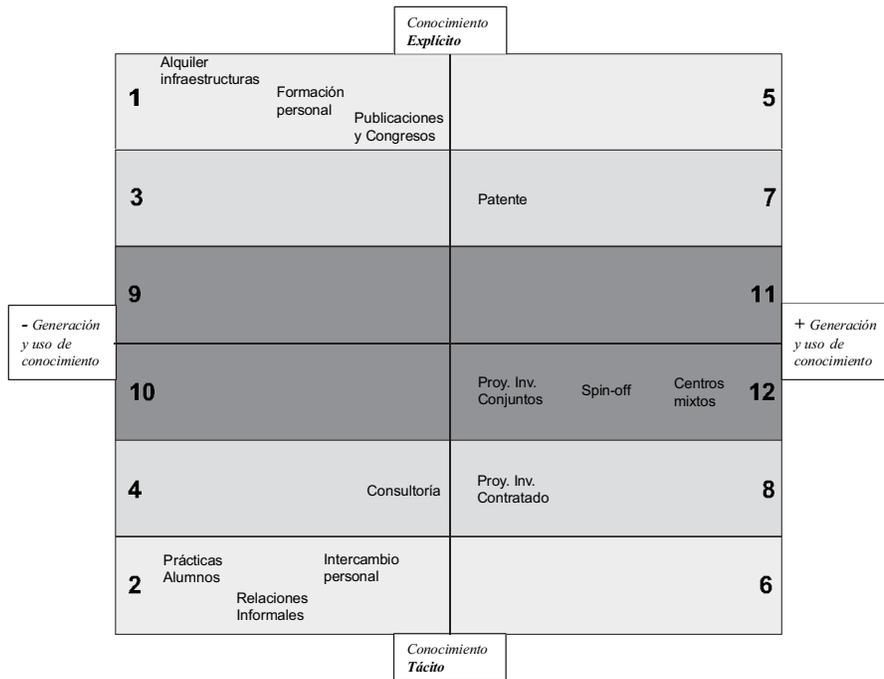
La anterior tipología de mecanismos de cooperación universidad-empresas se puede asociar con la intensidad de la cooperación y transferencia de conocimiento que implican, a partir ciertas asunciones compartidas por estudios teóricos que así lo sugieren. Por ejemplo, Perkmann y Walsh (2007) clasifican los tipos de cooperación basándose en la intensidad de relación personal que implican cada una de las actividades entre el investigador y el representante de la empresa. Basándose en esta dimensión, en primer lugar, estos autores sitúan las relaciones basadas en formas organizativas estables, centros mixtos o *spin-off*, como las actividades que implican una mayor intensidad de relación personal. En segundo lugar, distinguen las relaciones basadas en la movilidad de personal. En tercer lugar, incluyen las actividades de transferencia de conocimiento a través de prestación y servicios, como consultoría y proyectos de investigación, seguidos de aquellas actividades centradas en el uso de instalaciones. Otros estudios empíricos también sugieren la clasificación de estas relaciones de cooperación según el nivel de generación y aplicación de conocimiento que implican (Agrawal y Henderson, 2002).

Desde este punto de vista, concebimos que existe más intensidad de generación y usos de conocimiento en aquellas relaciones donde empresas y grupos de investigación trabajan de forma conjunta en una nueva organización para el desarrollo de un proyecto específico y producen resultados de investigación aplicados por la empresa. Tal es el caso de los centros mixtos y las *spin-off*. En un nivel intermedio, se sitúan las actividades centradas en la realización de proyectos de investigación, seguidas de los servicios de consultoría. Por otra parte, en un nivel menor se posicionan las actividades de formación y recursos humanos, ya que suponen un menor desarrollo y aplicación de nuevos conocimientos científicos.

321

La propuesta de medición que realizamos en este trabajo integra desde el punto de vista teórico, por un lado, las aportaciones científicas que identifican distintos niveles de intensidad en la transferencia de conocimiento universidad-empresa atendiendo a la generación y aplicación de conocimiento. Por otro lado, completamos el concepto de intensidad con aquellas contribuciones que categorizan el conocimiento en base a su dimensión tácita y explícita. Sobre esta base hemos construido una matriz en la que es posible situar cada tipo de cooperación en una posición determinada según estas dos dimensiones claves situadas cada una de ellas en los ejes X e Y respectivamente (ver **Gráfico 1**). La dimensión situada en el eje X tiene en cuenta el nivel de conocimiento nuevo y aplicado que ha conllevado esa interacción. La dimensión representada en el eje Y representa el tipo de conocimiento transferido, es decir, si la actividad de cooperación supone fundamentalmente transferencia de conocimiento codificado, tácito o una combinación de ambos. En el siguiente gráfico se ilustra la fundamentación que sirve de base para la construcción del instrumento de medida.

Gráfico 1. Representación gráfica de la intensidad del conocimiento transferido en las relaciones de cooperación universidad-empresa



322

Elaboración propia.

Cada tipo de mecanismos de interacción ocupa una posición en la matriz dependiendo de su asignación en las dimensiones vertical y horizontal de la misma. Para ello se ha asignado un número que refleja el peso que se ha establecido para cada actividad concreta en función de la generación de conocimiento y el carácter tácito o explícito. Así, para la construcción del sistema de indicadores se establece un criterio de ponderación por el cual es posible atribuir y cuantificar diferentes niveles de intensidad de transferencia de conocimiento a cada una de las relaciones que pueden desarrollarse entre las universidades y las empresas en un contexto determinado. Además, la frecuencia de realización de cada uno de los tipos de interacción posibles se añade como criterio de ajuste en la valoración de la intensidad.

De esta forma, los valores más altos en cuanto a intensidad de transferencia de conocimiento están representados por los tipos de interacción que implican mayor grado de generación y uso de conocimiento (por lo que se sitúan hacia la derecha del eje X) y que, a su vez, suponen mayor combinación de conocimiento tanto tácito como explícito (por lo que se sitúan en la franja central del eje Y). En concreto, en esta franja

de mayor intensidad de transferencia se han distinguido los centros mixtos, seguido de las *spin-offs* y los proyectos de investigación conjuntos. En un segundo nivel se sitúan los proyectos de investigación contratados, al entender que estas actividades suponen una elevada generación y uso de conocimiento, pero que suele basarse en una menor combinación de conocimiento tácito y explícito. En una posición menos elevada en la matriz se distinguen las patentes, que pese a suponer una actividad importante en lo que respecta a la generación y uso de conocimiento, se trata de una relación que implica un intercambio de conocimiento de carácter más explícito. En un nivel inferior se posicionan las actividades de consultoría, seguido de las actividades de intercambio de personal, relaciones informales y prácticas de alumnos. Finalmente, los mecanismos de interacción que reciben los valores más bajos en la matriz son las publicaciones y congresos, la formación de personal y el alquiler de infraestructuras. Estas actividades se han valorado como las menos intensivas en transferencia de conocimiento dado que implican menor capacidad de generación y uso de nuevo conocimiento científico al tiempo que, generalmente, suponen un intercambio y aprendizaje de conocimiento en la empresa esencialmente de carácter explícito.

En el apartado referido al procedimiento concreto de construcción del sistema de indicadores se emplean los valores propuestos en la matriz para elaborar los pesos que dan lugar a un índice sintético que mide la intensidad de la transferencia de conocimiento. No obstante, queremos hacer la salvedad de que no es conveniente entender la ubicación de las actividades como una separación drástica. Más bien, se trata de dimensiones en un continuo que sirven como estrategia interpretativa del significado que pueden ofrecer para la construcción de un sistema de indicadores. Estos indicadores pueden tener utilidad para realizar una evaluación aproximada de la transferencia de conocimiento que existe entre las universidades y las empresas en un sistema de innovación.

323

3. Metodología

3.1. Contexto de la investigación y fuentes de datos

Con el fin de presentar un ejemplo empírico de nuestra propuesta de sistema de indicadores sobre la intensidad de transferencia de conocimiento, en este trabajo hemos querido aplicar este sistema de medida a una región concreta, la Comunidad Autónoma de Andalucía. Como base empírica de la investigación se utiliza una encuesta representativa de las empresas innovadoras existentes en Andalucía. Esta Comunidad Autónoma es la mayor región de España en número de habitantes, y una de las más extensas en territorio. Se trata de una región geográficamente diversa, con grandes áreas rurales y varios núcleos metropolitanos. Tradicionalmente ha sido una región atrasada, aunque en los últimos 20 años ha experimentado un rápido proceso de cambio que la ha acercado a los estándares de la Unión Europea. A comienzos del siglo XX los parámetros relacionados con el estado del bienestar eran similares a los del conjunto del país (CES, 2007). El hecho diferencial era la menor competitividad (73,5% del PIB per cápita de España en 2001). Gran parte del tejido productivo son

PYMEs de carácter familiar. Estas industrias se orientan al mercado local y se dedican a sectores poco intensivos en conocimiento. No obstante, las empresas son cada vez más heterogéneas debido a la modernización económica vinculada a la Unión Europea y a las políticas regionales para la creación y diversificación de empresas (Junta de Andalucía, 2003).

Para determinar la población de empresas de esta encuesta hemos empleado el censo IRTA (Inventario de Recursos Tecnológicos de Andalucía), facilitado por la entidad CITANDALUCÍA, de la Junta de Andalucía. Esta fuente recoge prácticamente todas las empresas que realizan I+D en Andalucía. No obstante, el registro muestra características propias del tejido productivo de la región al incluir un número importante de empresas pequeñas y micro empresas. Con dicha población se ha diseñado una muestra de 800 empresas. La selección ha sido de carácter aleatorio, con distribución proporcional entre estratos formados por el sector de actividad y la provincia en la que se localiza la empresa. El sistema de trabajo de campo ha sido a través de entrevistas cara a cara en la sede de la empresa. La secuencia del trabajo de campo ha sido la siguiente: a las empresas seleccionadas en la primera fase se les ha solicitado la participación en el estudio, primero por carta postal y luego por teléfono. En las empresas que responden afirmativamente, se ha identificado a la persona adecuada para responder al cuestionario. Posteriormente se ha establecido una cita y un entrevistador profesional se ha desplazado a la sede de la empresa. El resultado del trabajo de campo ha dado lugar a una muestra de 737 encuestas.

324

Entre las principales características de las empresas incluidas en la muestra cabe señalar que mayoritariamente son empresas independientes, mientras que menos de una cuarta parte pertenecen a un grupo empresarial. Además, el tamaño de las empresas de la región refleja el predominio de las pequeñas empresas ya que el 52% tiene diez trabajadores o menos, mientras que sólo el 14 % tiene más de 50 trabajadores. Por otra parte, se trata de un tejido empresarial relativamente joven dado que el 24% se han fundado después del año 2000. La ubicación geográfica es representativa de los diversos entornos de la región, al igual que los sectores de actividad. En cuanto a la capacidad de innovación, sólo el 21,3% tiene departamento de I+D en el propio establecimiento, y el 4% lo tiene en otro establecimiento.

Para medir las actividades de transferencia de conocimiento se ha incluido en el cuestionario una pregunta que recoge 12 variables que reflejan las diversas posibilidades, incluyendo las referidas a recursos humanos, la consultoría, varios tipos de proyectos, creación de empresas, utilización de propiedad intelectual, así como las relaciones informales. Es importante señalar que en la formulación del cuestionario el significado que se ha dado a cada una de las variables recoge la definición de las actividades especificadas en el apartado 2.3. La utilización de un grupo de encuestadores profesionales ha permitido explicar de manera detallada aquellos aspectos que se pretenden recoger con cada variable. Para cada una de estas modalidades se ha preguntado el número de ocasiones en las que se han llevado a cabo las actividades en un periodo de referencia acotado a los últimos cinco años (los resultados descriptivos se pueden ver en la **Tabla 1** del Anexo).

3.2. Propuesta de medición de la transferencia de conocimiento entre la universidad y la empresa

A partir de la integración de las asunciones metodológicas enmarcadas en los ejes descritos es posible definir operativamente las formas de transferencia. Esto nos permite identificar una variedad de flujos de conocimiento mediante una gama de mecanismos de interacción universidad-empresa que resultan de diferente intensidad dependiendo de las actividades realizadas, así como del tipo de conocimiento que se intercambia (tácito, explícito o una combinación de ambos). Ambas dimensiones representadas en el **Gráfico 1** forman una matriz que otorga un valor a los distintos tipos de interacción con la empresa en función de su posición en los ejes. No obstante, es necesario tener en cuenta que no es conveniente asumir la existencia de diferencias drásticas entre categorías. Más bien, dicha clasificación sirve como herramienta analítica para informar teóricamente un sistema de indicadores de transferencia de conocimiento y observar sus posibilidades empíricas en un contexto real.

En este caso, se ha partido de las variables obtenidas en el cuestionario para calcular medidas que reflejan la situación de una región cuando se observa desde el punto de vista de la empresa. El procedimiento concreto parte de 11 de las variables de la encuesta.³ La intensidad del conocimiento transferido se entiende como una función dependiente de las variables referidas a las puntuaciones otorgadas a las actividades de generación y aplicación de conocimiento, al tipo de conocimiento transferido y a la frecuencia de la interacción, de acuerdo con la siguiente formulación:

325

$$I_{ITC} = F(R, G, P)$$

donde R hace referencia al tipo de interacción, G a la frecuencia de la colaboración y P es la variable de generación y aplicación de conocimiento

El cálculo del sistema de indicadores refleja por un lado la intensidad del flujo de transferencia de conocimiento para cada uno de los tipos de relación definidos por las variables originales. Por otro lado, se emplea un índice sintético que da cuenta de la intensidad de las relaciones universidad-empresa. Detallamos a continuación los pasos para la construcción de dichos indicadores y del índice sintético.

• Paso 1: Las variables que reflejan la frecuencia de cada tipo de relación $R_{i,i} = 1... 11$, que toman los valores $R_{ij}, j = 1... n$, se han recodificado de forma que G_i toma los siguientes valores:⁴

3. En este escrito incidimos exclusivamente sobre la capacidad de aprendizaje en el tejido productivo, como resultado de la interacción con la universidad. No obstante, este trabajo se enmarca en una investigación de mayor alcance que permite realizar el mismo análisis desde el punto de vista de los grupos de investigación de las universidades. Aunque las mediciones se han realizado en dos muestras representativas, una de grupos de investigación (n: 760) y otra de empresas innovadoras (n: 737) en la Comunidad Autónoma de Andalucía, en este trabajo nos ceñimos a resultados obtenidos de la muestra de empresas.

4. Para los cálculos utilizamos 11 variables por no disponer de los datos desagregados de la variable Publicaciones y congresos.

$$G_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{si } R_{ij} < p_{33} \\ 2, & \text{si } p_{33} < R_{ij} < p_{66} \\ 3, & \text{si } R_{ij} < p_{66} \end{cases}$$

donde p_{33} y p_{66} son percentiles que dividen la muestra en 3 partes iguales

Los valores de esta nueva variable se definen de la siguiente manera:

$$G_i = \begin{cases} 1, & \text{Frecuencia baja de realización de } G_i \\ 2, & \text{Frecuencia media de realización de } G_i \\ 3, & \text{Frecuencia alta de realización de } G_i \end{cases}$$

• Paso 2: A partir de estas nuevas variables, se construyen 11 indicadores que se definen como la media de la variable G_i , de la siguiente forma: (ver **Tabla 1**)

$$\bar{G}_i = \frac{\sum_j G_{ij}}{n} \text{ para } i = 1 \dots 11, j = 1 \dots n$$

326

donde p_i es el valor de la ponderación para cada tipo de cooperación

• Paso 3: El índice sintético de la intensidad en la transferencia de conocimiento (IITC) para el conjunto de la población se calcula a través de la ponderación asignada a cada variable, según lo especificado en el **Gráfico 1**, de forma que:

$$I_{ITC} = \frac{\sum_j \bar{G}_i * P_i}{\sum_j P_i}, \text{ para } i = 1 \dots 11, j = 1 \dots n$$

El indicador calculado toma valores entre 0 y 3, por lo que el índice sintético de transferencia de conocimiento se puede definir de la siguiente manera:

$$I_{ITC} = \begin{cases} (0-1] & \text{Baja intensidad de transferencia} \\ (1-2] & \text{Media intensidad de transferencia} \\ (2-3] & \text{Alta intensidad de transferencia} \end{cases}$$

4. Resultados: aplicación en un contexto regional

Los resultados de aplicar la propuesta del sistema de indicadores a la encuesta a empresas innovadoras en Andalucía permiten valorar el nivel de intensidad de la transferencia de conocimiento de la cooperación universidad-empresas en una región concreta. Más allá de la apreciación puntual de los valores a los que dan lugar las variables originales, esta conceptualización ofrece posibilidades para comparar valores estandarizados e interpretar la capacidad de aprendizaje que surge de la alianza entre los agentes.

En primer lugar, a partir de la metodología especificada en el apartado anterior, se obtiene el valor de cada indicador referido a los mecanismos de interacción existentes en la región, cuyos descriptivos se presentan en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Intensidad del flujo de transferencia de conocimiento según el tipo de cooperación.

		Total	No realiza	Baja frecuencia	Media frecuencia	Alta frecuencia	Desv. Típica	Media
Asesoramiento tecnológico	Frecuencia	737	613	43	48	33	0,786	0,323
	%	100	83,18	5,83	6,51	4,48		
Proyecto de investigación contratado	Frecuencia	737	650	39	24	24	0,656	0,216
	%	100	88,20	5,29	3,26	3,26		
Proyecto de investigación conjunto	Frecuencia	737	592	80	23	42	0,794	0,342
	%	100	80,33	10,85	3,12	5,70		
Alquiler de instalaciones	Frecuencia	737	689	23	10	15	0,505	0,119
	%	100	93,49	3,12	1,36	2,04		
Explotación de patentes	Frecuencia	737	709	19	9	0	0,269	0,050
	%	100	96,20	2,58	1,22	0		
Prácticas en la empresa	Frecuencia	737	579	74	32	52	0,867	0,399
	%	100	78,56	10,04	4,34	7,06		
Intercambio de personal	Frecuencia	737	697	21	6	13	0,459	0,098
	%	100	94,57	2,85	0,81	1,76		
Formación específica	Frecuencia	737	644	43	23	27	0,678	0,231
	%	100	87,38	5,83	3,12	3,66		
Centro mixto	Frecuencia	737	715	0	20	2	0,360	0,062
	%	100	97,01	0	2,71	0,27		
Spin-off	Frecuencia	737	710	18	5	4	0,312	0,054
	%	100	96,34	2,44	0,68	0,54		
Relaciones informales	Frecuencia	737	590	62	42	43	0,836	0,373
	%	100	80,05	8,41	5,70	5,83		

327

Aunque todos los indicadores tienen un valor de intensidad bajo, podemos observar que en Andalucía existe una particular composición de las relaciones entre universidad y empresa que resulta en el predominio de ciertas formas de transferencia. A saber, la

realización de proyectos de investigación conjuntos y de proyectos de investigación contratados suponen un alto nivel de intensidad de conocimiento transferido: se trata de mecanismos de interacción a los que en este esquema de análisis se atribuye mayor capacidad de generación y uso de conocimiento, destacando la dimensión tácita del mismo. Dichos valores, combinados con una frecuencia mayor, dan lugar a indicadores situados en posiciones relativamente altas. Por otro lado, aunque en este planteamiento se les ha atribuido una ponderación más baja, destacan la consultoría, las prácticas de alumnos y las relaciones informales. Este hecho responde a que se trata de canales de interacción muy presentes en el contexto andaluz. Por el contrario, podemos afirmar que la creación de spin-offs y centros mixtos, a pesar de ser dos de los canales a los que se atribuye más potencialidad en la intensidad de conocimiento generado, aparecen en el sistema regional andaluz con valores bajos debido a que se trata de actividades esporádicas, tal y como lo muestran sus bajas frecuencias (véase **Tabla 1** del Anexo).

En segundo lugar, una vez seguidos los pasos para la construcción del índice sintético, el valor que refleja la intensidad de la transferencia de conocimientos en Andalucía es de:

$$I_{ITC} = 0,174$$

328 Teniendo en cuenta que nuestro índice toma valores entre 0 y 3, se puede decir que muestra un valor muy reducido. Este valor viene determinado por la existencia en la Comunidad Autónoma de Andalucía de un alto porcentaje de empresas que no realizan ninguna actividad de cooperación con universidades (en nuestra muestra un 55% no ha realizado ninguna de las actividades). Adicionalmente, aquellas que afirman realizar alguna actividad de cooperación se centran, sobre todo, en las fórmulas a las que se atribuye menor intensidad de conocimiento transferido, sobre todo las que conllevan el empleo de conocimiento tácito tales como creación de empresas o licencia de patentes, lo que redonda en unos valores sintéticos especialmente bajos.

Para calcular este valor se han tenido en cuenta todas las empresas incluidas en la muestra. Si calculamos el índice sólo teniendo en cuenta aquellas empresas que realizan al menos un tipo de cooperación este valor se ve incrementado hasta tomar el valor de 0,418.

5. Conclusiones

Como conclusiones del trabajo cabe resaltar en primer lugar la utilidad de este tipo de indicadores para procedimientos de evaluación y análisis de políticas públicas en sistemas de innovación definidos. El instrumento de medición creado permite conocer qué tipo de relaciones de cooperación universidad-empresa son las predominantes. A través del proceso de construcción de los indicadores para cada uno de los

mecanismos de cooperación, también es posible observar cuáles de ellos generan mayor intensidad de conocimiento transferido. Adicionalmente, en conjunto permite tener un referente empírico para observar el grado de transferencia de conocimiento en la empresa teniendo en cuenta el conjunto de posibilidades, y no solamente aquellas basadas en relaciones formalizadas, como patentes o cierto tipo de proyectos, que son las que suelen ofrecer los registros estadísticos disponibles.

Este tipo de metodología constituye un primer paso que es posible complementar con otros análisis de acuerdo con las posibilidades de disgregación de la fuente de datos utilizada. En consecuencia, permite realizar comparativas atendiendo a criterios referidos a sectores de actividad, tamaño de empresa, así como variables de tipos estructural u organizativo. También es posible comparar, desde una perspectiva geográfica, en qué áreas se realizan relaciones universidad-empresa, o bien en qué regiones se transfiere más conocimiento a través de los distintos canales. Por tanto, la información que estos indicadores aportan puede ser de utilidad para complementar los registros que actualmente realizan las universidades y agencias de financiación con el objeto de mejorar los sistemas de evaluación.

Adicionalmente, el estudio ofrece posibilidades de replicación en el sector universitario, teniendo como referencia aquellas unidades de análisis que tienen capacidad de actuación para establecer relaciones con la empresa de carácter descentralizado, ya sean individuos, grupos de investigación o departamentos. En este sentido, es posible utilizar el esquema de variables y la metodología de construcción de indicadores con aquella unidad organizativa más apropiada en función del contexto del sistema universitario u organización concreta que se pretenda estudiar.

329

Por otra parte, también permite discutir sobre una base empírica las asunciones de algunos enfoques sobre las dinámicas de transferencia de conocimiento. En particular, refleja la importancia de las relaciones descentralizadas, que sólo emergen cuando se emplean sistemas de observación y tratamiento de los datos que obtienen información de los principales actores implicados.

Bibliografía

AGRAWAL, A. y HENDERSON, R. (2002): *Putting patents in context: Exploring knowledge transfer from MIT*, Management Science, 48, pp. 44-60.

ANCORI, B., BURETH, A. y COHENDET, P. (2000): *The economics of knowledge: the debate about codification and tacit knowledge*, Industrial and Corporate Change, 9, pp. 255-287.

BARNEY, J. B. (1986): *Strategic factor markets: expectations, luck, and business strategy*, Management Science, pp. 1231-1241.

- BELL, D. (1994): *El advenimiento de la sociedad post-industrial*, Alianza Editorial, Madrid.
- CASTELLS, M. (2001): *La era de la información: economía, sociedad y cultura*, Vol.1. La Sociedad Red, Alianza Editorial, Madrid.
- COHENDET, P. y EDWARD STEINMUELLER, W. (2000): *The codification of knowledge: a conceptual and empirical exploration*, *Industrial and corporate change*, 9, p. 195.
- COLLINS, H. M. (2001): *Tacit knowledge, trust and the Q of sapphire*, *Social studies of science*, pp. 71-85.
- COLLIS, D. J. y MONTGOMERY, C. A. (1995): *Competing on Resources: Strategy in the 1990s*, *Knowledge and Strategy*, pp. 25-40.
- CONNER, K. R. y PRAHALAD, C. K. (1996): *A resource-based theory of the firm: Knowledge versus opportunism*, *Organization science*, 7, pp. 477-501.
- COWAN, R., DAVID, P. A. y FORAY, D. (2000): *The explicit economics of knowledge codification and tacitness*, *Industrial and corporate change*, 9, p. 211.
- 330 COWAN, R. y FORAY, D. (1997): *The economics of codification and the diffusion of knowledge*, *Industrial and corporate change*, 6, p. 595.
- DARBY, M. R. y ZUCKER, L. G. (2006): *Innovation, Competition and Welfare-Enhancing Monopoly*, NBER Working Paper.
- DAVENPORT, T. H. y PRUSAK, L. (2000): *Working knowledge: How organizations manage what they know*, Harvard Business Press.
- D'ESTE, P. y PATEL, P. (2007): *University-industry linkages in the UK: What are the factors underlying the variety of interactions with industry?*, *Research Policy*, 36, pp. 1295-1313.
- ETZKOWITZ, H. (1998): *The norms of entrepreneurial science: cognitive effects of the new university-industry linkages*, *Research Policy*, 27, pp. 823-833.
- FOOS, T., SCHUM, G. y ROTHENBERG, S. (2006): *Tacit knowledge transfer and the knowledge disconnect*, *Journal of Knowledge Management*, 10, pp. 6-18.
- FREEMAN, C. (1987): *Technology, policy, and economic performance: lessons from Japan*, Pinter Pub Ltd.
- GEUNA, A. y MUSCIO, A. (2009): *The Governance of University Knowledge Transfer: A Critical Review of the Literature*, *Minerva*, 47, pp. 93-114.

GRANT, R. M. (1991): *The Resource-Based Theory of Competitive Advantage: Implications for Strategy Formulation*, California Management Review, 33, pp. 114-135.

GRANT, R. M. (1995): *Contemporary Strategy Analysis: Concepts, Techniques, Applications*, Blackwell, Londres.

GRIMPE, C. y FIER, H. (2010): *Informal university technology transfer: a comparison between the United States and Germany*, The Journal of Technology Transfer, pp. 1-14.

HALDIN-HERRGARD, T. (2000): *Difficulties in diffusion of tacit knowledge in organizations*, Journal of Intellectual Capital, 1, pp. 357-365.

HALL, M. (2006): *Knowledge management and the limits of knowledge codification*, Journal of knowledge management, 10, pp. 117-126.

HEDLUND, G. (1994): *A model of knowledge management and the N-form corporation*, Strategic Management Journal, 15, pp. 73-90.

HEDLUND, G. y NONAKA, I. (1993): *Models of knowledge management in the West and Japan*, Basil Blackwell, Londres.

JOHNSON, B., LORENZ, E. y LUNDVALL, B. A. (2002): *Why all this fuss about codified and tacit knowledge?*, Industrial and corporate change, 11, p. 245.

331

KLIKNAITE, S. (2009): *How Symbiotic Industry-University Collaboration Contributes to the Knowledge Economy*.

KOGUT, B. y ZANDER, U. (1992): *Knowledge of the firm, combinative capabilities, and the replication of technology*, Organization science, 3, pp. 383-397.

KOGUT, B. y ZANDER, U. (1996): *What firms do? Coordination, identity, and learning*, Organization science, 7, pp. 502-518.

LINK, A. N., SIEGEL, D. S. y BOZEMAN, B. (2007): *An empirical analysis of the propensity of academics to engage in informal university technology transfer*, Industrial and corporate change.

LUNDVALL, B. A. (1988): *Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation*, Technical change and economic theory, pp. 349-369.

LUNDVALL, B. Å. (1992): *National systems of innovation. Towards a theory of innovation and interactive learning*, Pinter, Londres y Nueva York.

LUNDVALL, B., JOHNSON, B., ANDERSEN, E. y DALUM, B. (2002): *National systems of production, innovation and competence building*, Research Policy, 31, pp. 213-231.

- MAHONEY, J. T. y PANDIAN, J. R. (1992): *The resource-based view within the conversation of strategic management*, Strategic Management Journal, 13, pp. 363-380.
- MARSHALL, A. (1890): *Principles of Economics*, Macmillan and Co., Londres.
- MOWERY, D. C. y SAMPAT, B. N. (2001): *Patenting and Licensing University Inventions: Lessons from the History of the Research Corporation*, Industrial and Corporate Change, 10, pp. 317-355.
- NELSON, R. R. (1993): *National systems of innovation: A comparative study*, Oxford University Press, Oxford.
- NONAKA, I. (1991): *The knowledge creating company*, Harvard Business Review, 69, pp. 96-104.
- NONAKA, I. y TAKEUCHI, H. (1995): *The knowledge-creating company*, New York, 1, p. 995.
- NONAKA, I. y TAKEUCHI, H. (1995): *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*, Basil Blackwell, Oxford.
- OECD (2001): *Cities and Regions in the New Learning Economy*, OECD, París.
- 332 PENROSE, E. T. (1959): *The theory of the Growth of the Firm*, Basil Blackwell, Oxford.
- PETERAF, M. A. (1993): *The cornerstones of competitive advantage: a resource-based view*, Strategic Management Journal, 14, pp. 179-191.
- POLANYI, M. (1958): *Personal knowledge*, Routledge Londres.
- POLANYI, M. (1966): *The tacit dimension*, Anchor Day, Nueva York.
- PRAHALAD, C. K., y HAMEL, G. (1990): *The core competence of the corporation*, Harvard Business Review, 68, pp. 79-91.
- SCHARTINGER, D., SCHIBANY, A. y GASSLER, H. (2001): *Interactive relations between universities and firms: empirical evidence for Austria*, The Journal of Technology Transfer, 26, pp. 255-268.
- SELZNICK, P. (1957): *Leadership in administration: A sociological view*, Harper and Row, Nueva York.
- SHAPIRA, P. (2005): "Innovation Challenges and Strategies in catch-up regions", en *Rethinking Regional Innovation and Change: Path dependency or regional breakthrough* (FUCHS, G. y SHAPIRA, P., Eds.), Springer, New York, pp. 195-222.

SIEGEL, D. S., WESTHEAD, P. y WRIGHT, M. (2003): *Assessing the impact of university science parks on research productivity: exploratory firm-level evidence from the United Kingdom*, International Journal of Industrial Organization, 21, pp. 1357-1369.

SIMON, H. A. (1945): *Administrative Behavior*, Macmillan, Nueva York.

SPENDER, J. C. (1996): *Making Knowledge the basis of a dynamic theory of the firm*, Strategic Management Journal, 17, pp. 45-62.

STALK, G., EVANS, P. y SHULMAN, L. E. (1992): *Competing on capabilities: the new rules of corporate strategy*, Harvard Business Review, 70, pp. 57-69.

TEECE, D. J., PISANO, G. y SHUEN, A. (1994): *The dynamic capabilities of firms: an introduction*, Industrial and Corporate Change, 3, pp. 537-556.

VON HIPPEL, E. y VON HIPPEL, E. A. (1988): *The sources of innovation*, Oxford University Press, Nueva York.

WERNERFELT, B. (1984): *A resource-based view of the firm*, Strategic Management Journal, 5, pp. 171-180.

ZANDER, U. y KOGUT, B. (1995): *Knowledge and the speed of the transfer and imitation of organizational capabilities: An empirical test*, Organization science, 6, pp. 76-92. 333

Anexo

Tabla 1. Variables originales

	Total	N	Media	Desv. Típica	Mín	Máx	P33	P66
Asesoramiento tecnológico por parte de una universidad o centro público de investigación	737	124	7,07	11,05	1	80	2	5
Proyecto de investigación a una universidad o centro público de investigación	737	87	3,63	3,53	1	20	2	3
Proyecto de investigación conjuntamente con una universidad o centro público de investigación	737	145	3,80	4,82	1	33	1,667	3
Alquiler de instalaciones o materiales de una universidad o centro público de investigación	737	48	4,60	7,29	1	48	2	4
Explotación de alguna patente de una universidad o centro público de investigación	737	28	2,46	2,53	1	8	1	1,333
Prácticas de personal científico y técnico de alguna universidad o centro público de investigación, en su empresa	737	158	8,10	16,04	1	147	3	5
Intercambio de personal científico y técnico con alguna universidad o centro público de investigación	737	40	4,30	4,50	1	20	2	4,333
Formación específica, por parte de alguna universidad o centro público de investigación, al personal de su empresa	737	93	4,05	5,04	1	40	2	4
Creación de un centro tecnológico de titularidad compartida (centro mixto)	737	22	1,09	0,29	1	2	1	1
Creación de una nueva empresa en colaboración con una universidad o centro público de investigación (<i>spin-off</i> o empresa de base tecnológica)	737	27	5,41	19,02	1	100	1	1,667
Relaciones informales de cooperación con una universidad o centro público de investigación.	737	147	8,16	14,46	1	100	3	6
Otras	737	38	7,08	21,96	1	99	2	2

O elo articulador da práxis educativa: Programa Ciência, Tecnologia e Ambiente da Universidade Estadual do Oeste do Paraná*

Irene Carniatto,^{*1} Iara Ferrari,^{*2} Wilson Alves Oliveira^{*3}
e Ángel Vázquez Alonso^{*4}

Ao longo da história, o homem vem buscando meios para melhorar sua existência e uma dentre suas características é a capacidade de criar. Entretanto, a criatividade humana é despertada a partir da interação dele com o mundo, na construção de novos conhecimentos, na ação transformadora. O ser humano produz tecnologia, isto é, inventa artefatos com princípios científicos que modificam o meio, na interação/inter-relação entre humanos e desses com a natureza. Na contemporaneidade, já não é possível viver em um mundo alheio às tecnologias, elas estão incorporadas ao nosso cotidiano. Mediante essa premissa, o conceito de Educação, como a trans, multi e interdisciplinaridade propõe, “transcende o universo fechado da ciência e faz emergir o reconhecimento à multiplicidade dos modos de conhecimento tanto novos e velhos”. O Programa Ciência, Tecnologia e Ambiente, desenvolvido pela UNIOESTE tem como objetivo promover espaço para a reflexão sobre a relação indivíduo, sociedade, conhecimento, ensino e meio ambiente, de modo a romper com isolamento do conhecimento e provocar a interdisciplinaridade. Assim, nos anos de 2009 e 2010, atuou em eventos, cursos, palestras e oficinas e já atendeu a 5633 pessoas, sendo realizadas pesquisas com 505 pessoas. E foram organizados 02 eventos, um deles com 1250 pessoas, o Seminário Internacional de Ciência, Tecnologia e Ambiente (2009) e o outro com 930 pessoas, o Seminário Nacional de Meio Ambiente e Extensão Universitária (2010), ambos voltados para a formação de profissionais, letramento científico e para a cidadania, a fim de se buscar o diálogo de saberes entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. Nesse caminho, um movimento tem sido encadeado visando à melhora do processo ensino-aprendizagem, à ampliação de possibilidades para a formação nas escolas, com uso das ferramentas tecnológicas e discutindo seus usos, frente às práticas educativas, com vistas à compreensão das relações: Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). As pesquisas qualitativas foram realizadas com acadêmicos de várias áreas da Universidade e com professores e alunos, em parceria com colégios públicos dos Ensinos Fundamental e Médio, no Brasil, com enfoque nos resultados do questionário do Proyecto Iberoamericano de Evaluación de

335

* A pesquisa atual apresenta resultados do Programa Ciência, Tecnologia e Ambiente da Unioeste e do Programa de Desenvolvimento Educacional do Estado do Paraná – PDE.

*1. Pesquisadora e Professora Doutora da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE – Ciências Biológicas, Cascavel/PR. E-mail: irenecarniatto@yahoo.com.br.

*2. Professora do Colégio Estadual Getúlio Vargas - Ensino Fundamental e Médio, Iracema do Oeste/PR. E-mail: isferrari@yahoo.com.br.

*3. Pesquisador e Professor Doutor da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE – Estatística, Cascavel/PR. E-mail: oliveiwa@hotmail.com.

*4. Pesquisador e Professor doutor da Universidad de las Islas Baleares, Palma de Mallorca. E-mail: avzqza@gmail.com.

Actitudes Relacionadas con la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (PIEARCTS).¹ Neste estudo, são analisados os conceitos de CTS de alunos e professores de um colégio público de Ensino Médio, cuja perspectiva é a utilização das ferramentas tecnológicas com vista ao letramento científico. Com base nos resultados das pesquisas e interações realizadas nas atividades desenvolvidas na UNIOESTE e nas escolas parceiras, pode-se afirmar que para dar suporte a esta nova educação, é preciso que os conceitos educativos estejam articulados com as ferramentas tecnológicas e metodologias, visando estabelecer o diálogo e a reflexão sobre os embates e bases da Ciência e Tecnologia em nossa Sociedade.

1. Introdução

“(…) É tão urgente quanto necessária a compreensão correta da tecnologia, a que recusa entendê-la como obra diabólica ameaçando sempre os seres humanos ou a que a perfila como constantemente a serviço de seu bem-estar” (Freire, 2000, p.101).

No início dos tempos, na ânsia da sobrevivência, a humanidade tinha a árdua tarefa de caçar e coletar seus alimentos da natureza. Com o decorrer do tempo, por meio da ciência, muita tecnologia foi agregada aos seus afazeres cotidianos. Assim, é preciso que a educação também caminhe no compasso das grandes inovações tecnológicas, a fim de tornar a aprendizagem dos conhecimentos mais próxima e significativa para os alunos.

336

A educação, ao longo da história da humanidade, vem cumprindo seu papel na sociedade, considerando seu tempo, suas necessidades e seus conceitos. Desse modo, quando se permeia esse mundo que evolui rápida e intensamente, se encontra uma geração de educadores que vivencia a grande transição do mundo, principalmente no que se refere à ciência e tecnologia.

Em pouco tempo, passa-se do quadro e giz para uma gama de novas tecnologias, o que tem dificultado o trabalho pedagógico nessa nova perspectiva. É preciso, ainda, balizar que as tecnologias devem ser instrumentos utilizados com cautela, uma vez que pode libertar ou alienar o indivíduo. Desse modo, o professor deve ser o estimulador e orientador do conhecimento, mediando-o para que este seja considerado segundo a realidade vivida.

Nessa ótica, ensinar é para além da transmissão de conteúdos, é se submeter à dádiva do processo de ensinar e aprender, pois “quem ensina aprende ao ensinar e quem aprende ensina ao aprender” (Freire, 1996, p.23). Nesse enfoque, percebe-se quão árdua é a tarefa das escolas, através da atuação do professor, uma vez que a ele cabe

1. Participação voluntária no Proyecto Iberoamericano de Evaluación de Actitudes Relacionadas con la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad PIEARCTS. Proyecto de investigación SEJ2007-67090/EDUC financiado por la convocatoria de ayudas a proyectos de I+D 2007 del Ministerio de Educación y Ciencia (España).

a mediação dos conhecimentos científicos para que possam ser produzidos, construídos e reconstruídos sob uma ótica emancipadora. O que nos remete a refletirmos sobre uma nova educação, aquela que forma sujeitos e não meros expectadores, ou seja, pessoas sem medo de se aventurar, porém cautelosos, estando além da simples repetição e/ou memorização. Enfatizando, Carniatio (2002, p. 13) quando afirma que “o processo de ensino-aprendizagem-conhecimento é multifacetado e de múltiplos domínios que se entrecruzam”.

Nessa abordagem, para dar suporte a esta tarefa, várias são as ferramentas e metodologias utilizadas com o intuito de facilitar e tornar prazerosa a aprendizagem, além de buscar acompanhar, no mesmo ritmo, a evolução social, cultural, política, econômica e tecnológica na qual estamos imersos. Logo, cabe às instituições educacionais tentar caminhar no mesmo passo que a sociedade. Com a finalidade ímpar de acompanhar as evoluções/revoluções, foram introduzidas as ferramentas tecnológicas no âmbito educacional, pois “na última década, todas as áreas de ensino sofreram mudanças significativas, seja por conta do desenvolvimento epistemológico ou da própria mudança das políticas educacionais” (Carvalho, 2006, p. 135), tudo se conecta e se globaliza.

Embora se conte com várias ferramentas tecnológicas à disposição, elas não atendem às expectativas de alguns grupos que apregoam o ensino exclusivo com o uso da ‘máquina’, visto que a tarefa do professor, enquanto mediador do conhecimento, é insubstituível. Também, vale a pena ressaltar que a tecnologia não é o fator de ruptura na relação humana existente entre professor e aluno. É preciso que as ferramentas sejam utilizadas de forma articulada com as práticas educativas, visando à formação de sujeitos numa educação integradora, além do que o processo ensino-aprendizagem deve possibilitar a produção e (re)construção de novos saberes, através da personalização.²

337

No entanto, com é irreversível o processo de uso das tecnologias e da máquina, é preciso aproveitá-lo com dinamismo e flexibilidade nas ações. A inserção de novas ferramentas no âmbito educacional pressupõe que, para utilizá-las, é preciso capacitar o professor, possibilitando-lhe o domínio e a constante atualização. “(...) É um novo momento para o educador, que estabelece estratégias, cria e entende novas linguagens, fortalece novas relações” (Carvalho, 2006, p.139).

Diante do exposto, com essa pesquisa pretende-se discutir o uso das ferramentas tecnológicas frente às práticas educativas, com alunos e professores da disciplina de Biologia, com vistas à compreensão das relações: Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) dentro de parâmetros pedagógicos.

2. Adaptação do processo ao ritmo, às condições, às motivações e necessidades de cada um.

2. Ciências, Tecnologia e Sociedade – CTS

A aldeia global na qual estamos imersos, assim como o rápido desenvolvimento da ciência e da tecnologia exigem cada vez mais o letramento tecnológico dos indivíduos. Isto significa que além da codificação e decodificação dos símbolos, é necessário que as pessoas sejam capazes de se inserir no meio social com o seu uso, entendimento e compreensão. Cabe ressaltar aqui que ao se fazer referência às tecnologias, entende-se no sentido exposto por Brito (2006, pp. 18-19) quando conceitua tecnologia dizendo que é “(...) um conjunto de conhecimentos especializados, com princípios científicos que se aplicam a um determinado ramo de atividade, modificando, melhorando, aprimorando os ‘produtos’ oriundos do processo de interação dos seres humanos com a natureza e destes entre si”.

338 Consta-se que a ciência é uma edificação contínua do homem, intrinsecamente relacionada com a tecnologia; assim, não é possível conceber a construção histórica da ciência desvinculada dos avanços tecnológicos e à margem da sociedade. Mediante essa perspectiva, cabe fazer referência à Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), que diversos autores denominam como área de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTS&A), pois ela tem como princípio fazer uma ‘ciência’ mais próxima e pertinente à vida dos alunos, motivando-os para que seus interesses sejam despertados e eles possam envolver-se na tarefa de sua aprendizagem. Além do que, ao se dar relevância social ao ensino das ciências, há a contribuição para a formação de bons cidadãos, pois, quando os alunos estão sensibilizados acerca dos problemas sociais, baseados na ciência, eles passam a se interessar mais pela própria ciência (Shamos, 1993, citado em Acevedo, Vázquez e Manassero, 2003).

Embora haja críticas ao movimento CTS, baseadas na premissa de ser uma inovação educativa com pouca precisão, levando a uma diversidade de interesses que desencadeia em múltiplos enfoques curriculares, há muitos pontos favoráveis à sua adesão, uma vez que os novos desafios educacionais apontam para um ensino de ciências, que viabilize a participação democrática dos alunos em um mundo cada vez mais impregnado de tecnologia (Acevedo *et al.*, 2003).

Brito (2006, p. VII), ao ampliar seu debate sobre Informática na Educação, reflete que “ciência e tecnologia interferem de forma marcante nos rumos das sociedades, e a educação se vê no mínimo pressionada a reestruturar-se num processo inovador na formação de um ser humano universal”.

As ciências e as tecnologias intervêm na sociedade, portanto nesse início de século, a inserção da perspectiva social da ciência e da tecnologia invariavelmente norteará para propósitos específicos sociais, enfatizando o contexto social, os valores, a apropriação e a (re)construção dos conhecimentos para a ação e conseqüentemente a tomada de decisão, o que já era antecipado há mais de trinta anos. “Para los futuros ciudadanos de una sociedad democrática, la comprensión de las relaciones mutuas entre ciencia, tecnología y sociedad puede ser tan importante como la de los conceptos y procesos de la ciencia” (Gallagher, 1971, apud Acevedo *et al.*, 2003).

Nessa dimensão, é preciso pautar um ensino de Ciências não excludente, que leve em consideração os princípios da compreensão e da equidade. Entendendo que o currículo encontra-se no centro do processo, não é possível concebê-lo pelo benefício de algumas classes sociais em detrimento de outras, pois ele expressa nossas convicções, já que na retaguarda de todo currículo, encontram-se orientações teóricas ancoradas em posições filosóficas, científicas, epistemológicas, pedagógicas e em valores (Sacristán, 1998 e 2000) e as pesquisas têm demonstrado que a atuação de professores nas suas aulas é resultante de suas crenças epistemológicas. Dentre tais pesquisadores encontram-se Schnetzler e Aragão (1995), Cawthron e Rowell (1978), Hodson (1985), Silveira (1989), Carniatio e Fossa (1998), citados por Carniatio (2002).

Mediante essa ótica, o currículo precisa ser comum basicamente sob o aspecto das suas finalidades educativas, que se resumem em tomadas de decisões sobre a base da formação cultural comum para todos os cidadãos, em experiências significativas de ciência e atividades científicas para todos os alunos, o que lhes permitirá graus de alfabetização científica para ser o sujeito de uma sociedade democrática (Sacristán, 1998 e 2000; Kuenzer, 2005).

A alfabetização científica e tecnológica tem um amplo significado, cabendo aqui fazer referência ao letramento, uma vez que vai além do ler, compreender e escrever sobre ciência. Inclui a capacidade pessoal de aplicar conceitos, estratégias e procedimentos científicos e tecnológicos no cotidiano, no trabalho, no contexto social, cultural e econômico. Supõe o arbítrio para distinguir entre o uso adequado ou impróprio da ciência e da tecnologia (Zimmermann, 2008; Ulhôa, 2008).

339

Santos (2006) considera que: (...) o letramento científico promove o 'cidadão prático', aquele que, apesar de não ser cientista ou tecnólogo, é capaz de atuar na sociedade em nível pessoal e social, compreendendo com perspicácia a profundidade dos princípios e estruturas que governam situações complexas, compreendendo como a ciência e a tecnologia influencia sua vida. (...) O letramento dos cidadãos vai desde o letramento no sentido do entendimento dos princípios básicos de fenômenos do cotidiano até a capacidade de tomada de decisão em questões relativas à ciência e tecnologia em que estejam diretamente envolvidos, sejam decisões pessoais ou de interesse público. Esse letramento envolve, assim, a preparação do cidadão para ser capaz de fazer julgamentos críticos e políticos.

Para Kemp (2002, apud Acevedo *et al.*, 2003), o letramento científico seria composto por três dimensões que se completam e que, conforme as perspectivas adotadas, se alternam em eminência no interior dos objetivos do ensino de ciências: a conceitual faria referência à compreensão e aos conhecimentos necessários; a procedimental primária pela obtenção e uso da informação científica, aplicação da ciência na vida cotidiana, utilização da ciência para propósitos sociais e cívicos e divulgação da ciência ao público de maneira compreensível; e, finalmente a afetiva promoveria emoções, atitudes, valores e disposição ante a alfabetização científica.

Embora a pretensão quanto ao letramento científico e tecnológico a todas as pessoas

tenha uma conotação utópica, vale salientar que os sonhos e os ideais sempre foram e têm sido poderosos motores a impulsionar a identidade coletiva para o progresso da maioria das culturas (Freire, 1996). Mas, para que tais ideais se concretizem, é imprescindível o trabalho dos professores. Professores inovadores e entusiasmados e que promovam atitudes positivas frente à ciência e tecnologia na sociedade (Moran, 2007).

3. Tecnologias educacionais

Sem dúvida, a tecnologia é uma das grandes realizações do homem, a qual vem se desenvolvendo a uma velocidade alarmante. Já que estamos imersos num mundo em que as tecnologias interferem no nosso cotidiano, é relevante que a educação democratize o acesso ao conhecimento, à produção e à interpretação das tecnologias. O homem criou a tecnologia para que trouxesse mudanças significativas em suas relações com outros homens e com a natureza (Brito, 2006, p.18 e 19).

No âmbito educacional, assim como em muitas áreas, os instrumentos tecnológicos vêm ocupando espaços significativos, logo, são um diferencial e podem operar saltos qualitativos no processo ensino-aprendizagem, pois formam cidadãos competentes tecnicamente, mas, acima de tudo humanos e com valores éticos (Bastos, 2000, citado em Brito, 2006, p. 18).

340

Indubitavelmente, para que as tecnologias educacionais sejam utilizadas de forma inovadora, na educação, é fundamental a capacitação contínua dos professores no domínio técnico e pedagógico de suas ferramentas, pois “o profissional competente deve não apenas saber manipular as ferramentas tecnológicas, mas incluir sempre em suas reflexões e ações didáticas a consciência de seu papel em uma sociedade tecnológica” (Brito, 2006, p. VII).

Niskier (1993, apud Brito, 2006, p. 31) amplia o conceito de tecnologia educacional ao assegurar que “(...) a tecnologia educacional, sabiamente, não se reduz à utilização de meios. Ela precisa necessariamente ser um instrumento mediador entre o homem e o mundo, o homem e a educação, servindo de mecanismo pelo qual o educando se apropria de um saber, redescobrimo e reconstruindo o conhecimento”.

Assim, para que a tecnologia educacional alcance seu objetivo, pressupõe-se a capacitação técnica e uma formação para o uso de cada programa de forma competente, bem como uma capacitação pedagógica que auxilie o docente a encontrar pontes entre as áreas de conhecimento de sua atuação, com as diversas ferramentas disponíveis, tanto presenciais como virtuais.

Embora alguns professores se mostrem adversos à inserção dessas novas propostas e outros receiam serem substituídos pelas máquinas, aparelhos, ou por toda parafernália tecnológica disponível, é preciso salientar a improcedência de tal receio,

uma vez que o professor é o mediador, aquele que intervém no processo educativo e dá direção ao ensino e à aprendizagem, sendo, portanto, insubstituível.

É imprescindível ao professor, nesse início de século, ter o domínio sólido dos conteúdos que transmite, remetendo-os à sua historicidade e relacionando-os à vida dos alunos e a uma realidade histórico-social mais ampla. Para tanto, é preciso que o professor busque conhecimentos, tome consciência de sua práxis e utilize-se das tecnologias educacionais. Brito (2006, p. 39) salienta que “(...) se o compromisso do professor competente é realmente com o homem concreto, com a causa de sua humanização, de sua libertação, ele não deve prescindir da ciência nem da tecnologia, com as quais deve instrumentalizar-se para melhor lutar por sua causa”. Ainda se faz necessária uma formação onde a criticidade esteja em sintonia com a ética e a estética, uma vez que, de posse do conhecimento, o indivíduo tem o livre arbítrio para provocar mudanças ou fazer escolhas conscientes.

Vale lembrar que o processo ensino-aprendizagem é dialético e não pode ser “diluído pelo peso da organização, da massificação, da burocratização, da ‘rotinização’ que freiam o impulso questionador, superador, inovador” (MORAN, 2007, p. 48).

É preciso orientar o aluno à construção do saber, pois ele não pode ser imposto ou transmitido. A respeito de tal afirmação, Paulo Freire (1996, p. 22) reforça ao dizer: “(...) ensinar não é transferir conhecimentos, mas criar possibilidades para a sua produção ou a sua construção”.

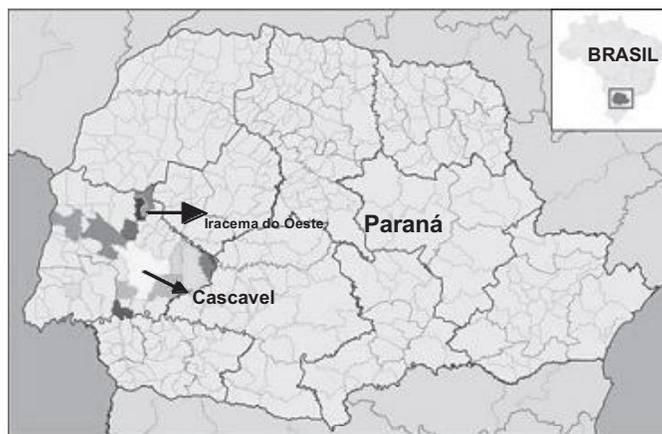
341

4. Metodologia (estratégias de ação)

A pesquisa é parte do Programa Ciência, Tecnologia e Ambiente, desenvolvido pela UNIOESTE, Campus de Cascavel, Paraná – Brasil (**Figura 1**), e faz parte dos programas da Pró-Reitoria de Extensão, com o objetivo de promover espaço para a reflexão sobre a relação indivíduo, sociedade, conhecimento, ensino e meio ambiente, de modo a romper com o isolamento do conhecimento e provocar a interdisciplinaridade.

O programa atua em eventos, cursos, palestras e oficinas, desde 2008 já atendeu a um total de 5633 pessoas, sendo realizadas pesquisas com 505 pessoas; desenvolveu dois eventos: um com 1250 pessoas, durante o Seminário Internacional de Ciência, Tecnologia e Ambiente (2009) e outro com 930 pessoas, durante o Seminário Nacional de Meio Ambiente e Extensão Universitária (2010), ambos voltados para a formação de profissionais, letramento científico e para a cidadania, em busca do diálogo de saberes entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.

Figura 1. Localização da UNIOESTE em Cascavel e do colégio público em Ensinos Fundamental e Médio - Iracema do Oeste, Paraná, Brasil



342

Nesse caminho, um movimento tem sido encadeado visando à melhoria do processo ensino-aprendizagem, à ampliação de possibilidades para a formação nas escolas, com uso das ferramentas tecnológicas e discutindo seus usos, frente às práticas educativas, com vistas à compreensão das relações Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

As pesquisas quali-quantitativas têm sido realizadas com acadêmicos de várias áreas da Universidade e com professores e alunos parceiros, dos colégios públicos de Ensino Fundamental e Médio, no Brasil, cujo objetivo é dar enfoque aos resultados do questionário do *Proyecto Iberoamericano de Evaluación de Actitudes Relacionadas con la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (PIEARCTS)*.³ Neste estudo são analisados os conceitos de CTS de alunos e professores de um colégio público de Ensino Médio, localizado no município de Iracema do Oeste, da Mesorregião Oeste Paranaense (**Figura 1**). Sendo utilizada a pesquisa quali-quantitativa para a coleta de dados, tendo como perspectiva a utilização das ferramentas tecnológicas com vistas ao letramento científico.

Para o levantamento das informações, aplicou-se um questionário semi-estruturado, cuja aspiração foi analisar opiniões distintas sobre os aspectos concretos e complexos da ciência e da tecnologia e como elas se relacionam com a sociedade atual (Vázquez

3. Participação voluntária no Proyecto Iberoamericano de Evaluación de Actitudes Relacionadas con la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad PIEARCTS. Proyecto de investigación SEJ2007-67090/EDUC financiado por la convocatoria de ayudas a proyectos de I+D 2007 del Ministerio de Educación y Ciencia (España).

Alonso, 2008). Foi empregado o questionário desenvolvido pelo Projeto Ibero-americano de Avaliação de Atitudes Relacionadas com a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade (PIEARCTS), projeto de investigação coordenado Universidad de las Islas Baleares de Palma de Mallorca/Espanha apoiado pelo Ministerio de Educación y Ciencia (Espanha), da qual a Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE participa como instituição voluntária na pesquisa.

A pesquisa qualitativa tem por princípio a preocupação com o nível de realidade que não pode ser quantificado, ou seja, trabalha com um universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis (Carinatto, 2002). Assim, os dados não falam por si, tem-se que ir além dos números, em que se faz uma análise teórica fundamentada.

Nessa abordagem, a pesquisa qualitativa não é antagônica à quantitativa, mas sim complementares, pois abrangem toda realidade, interagem dinamicamente, estabelecendo importantes vínculos entre as pesquisas e as suas naturezas.

O questionário aplicado foi elaborado pela coordenação da Espanha e apresenta-se de modo que cada questão oferece várias afirmativas, em que o entrevistado apresenta seu grau de concordância ou discordância, numa escala de 0 a 9. Todas as questões apresentam a mesma estrutura: um texto inicial que coloca um problema, ao qual segue uma lista de afirmativas, as quais representam diferentes alternativas de conceitos e possíveis respostas a esse problema, bem como estão ordenadas e identificadas sucessivamente com uma letra (A, B, C, D, etc.).

343

Ao entrevistado é solicitado que atribua um valor relativo ao seu grau de concordância pessoal com cada uma dessas frases. O mesmo deve escrever o escore que representa a sua opinião no espaço à esquerda da frase, expresso numa escala de 1 a 9 (**Figura 2**) com os seguintes significados:

Figura 2. Escala de respostas para o Questionário do Projeto PIEARCTS

DESACORDO				Indeciso	ACORDO				OUTROS	
Total	Alto	Médio	Baixo		Baixo	Médio	Alto	Total	Não a entendo	Não sei
1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S

Além disso, como possibilidade para respostas são oferecidas para os casos em que o entrevistado não possa manifestar a sua opinião a alguma alternativa, duas razões: E – não entendo o assunto, ou S – não sei o suficiente para avaliar.

De posse dos dados levantados no estudo de caso, efetuaram-se reflexões quanto ao movimento CTS no âmbito educacional, entendendo-o como um movimento dinâmico

e arraigado junto ao desenvolvimento social, econômico, cultural e político de toda conjuntura na qual estamos inseridos.

5. Resultados e discussão

As escolas locais de socialização do conhecimento, de acesso ao mundo letrado, do conhecimento científico, da reflexão filosófica e do contato com a arte (Paraná, 2009, p. 14) não podem estar alheias a todo desenvolvimento tecnológico. Por meio das tecnologias educacionais, almeja-se a inclusão sócio-digital da comunidade escolar, a fim de tornar a escola mais próxima do meio social onde está imersa. Assim, as tecnologias educacionais precisam ser fundamentalmente instrumentos de mediação entre o homem e o mundo, o homem e a educação, bem como servirem de mecanismo pelo qual o aluno se apropria de um saber, (re)descobrimo e (re)construindo o conhecimento (Brito, 2006).

Diante das necessidades da contemporaneidade, cabe à escola acelerar seu ritmo e caminhar no mesmo compasso evolutivo de toda sociedade, em busca de inovações para que o processo ensino-aprendizagem aconteça de forma satisfatória.

344 Dessa forma, com a intenção de possibilitar a articulação das ferramentas tecnológicas às práticas pedagógicas do professor, se fez necessário ouvir a todos os envolvidos no processo educativo e assim agregar informações. Nesse contexto, e desta forma, buscar compreender o processo educativo, que almeja uma alfabetização científica e tecnológica para todos, significa a utopia por uma educação integral do ser humano. É preciso um caráter ideológico como meta geral, dando relevância ao ensino das ciências ao longo do tempo, uma vez que o conhecimento é (re)construído por meio das diversas vias pelas quais o ser humano a apreende e se emancipa.

5.1. Pesquisa: Proyecto Iberoamericano de Evaluación de Actitudes Relacionadas con la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (PIEARCTS)

Ainda, primando por uma gestão democrática, fez-se necessário ouvir as diversas opiniões dos professores da área das ciências biológicas e dos alunos de um Colégio público de Ensino Fundamental e Médio, sobre suas concepções de ciência e tecnologia e como elas se relacionam com a sociedade atual.

A primeira questão fez referência à definição de ciência. Foram ofertadas nove afirmativas para que os consultados pudessem atribuir valores de 0 a 9 de acordo com seu grau de concordância. Foram computados os maiores valores de concordância (9, 8, 7 e 6) atribuídos a cada questão.

De acordo com os gráficos apresentados nas **Figuras 3 e 4**, nos resultados pode-se constatar que tanto professores, quanto alunos entrevistados apresentam pontos de concordância e algumas divergências de opinião sobre o quê é ciência.

Há uma parcela cujo grau de concordância é elevado, os professores obtiveram 100% e os alunos 78,9% (Coluna C - resposta considerada plausível), quando afirmaram que ciência é o “ato de explorar o desconhecido e descobrir coisas novas sobre o mundo e o universo, e como funcionam”; além de ser “o ato de pesquisar e usar conhecimentos para fazer deste mundo um lugar melhor para se viver (por exemplo, curar enfermidades, solucionar a contaminação e melhorar a agricultura)”, na resposta F – resposta considerada plausível, com 80% dos professores e 84,2% dos alunos.

Respostas consideradas ‘adequadas’ estão apresentadas nas colunas B e H, como “um corpo de conhecimentos, tais como princípios, leis e teorias que explicam o mundo que nos rodeia (matéria, energia e vida)” com 100% dos professores e 57,9% e, “um processo investigador sistemático e o conhecimento resultante” admitido por 60% dos professores e apenas 26,3% dos alunos.

Figura 3. Afirmações sobre a definição de Ciências, obtidas nas respostas dos professores dos ensinos fundamental e médio, no questionário do Projeto PIEARCTS

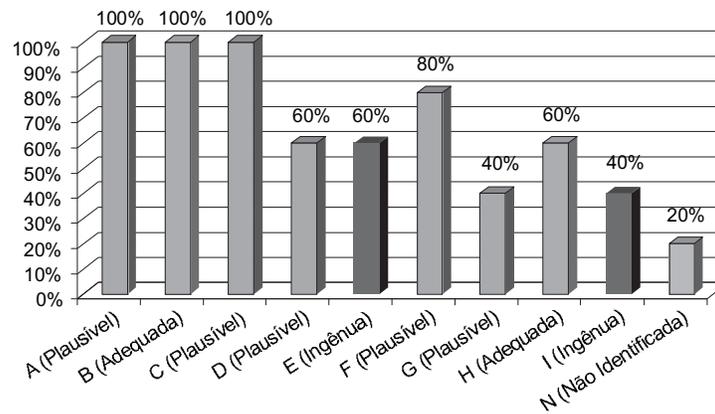
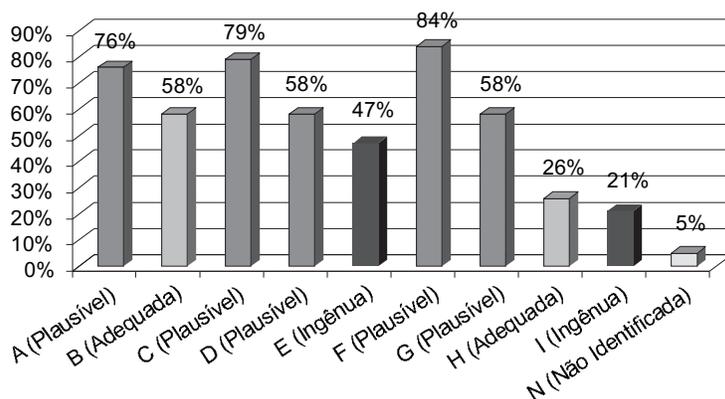


Figura 4. Afirmações sobre a definição de Ciências, obtidas nas respostas dos alunos dos ensinos fundamental e médio, no questionário do Projeto PIEARCTS



Fonte: UNIOESTE 2008.

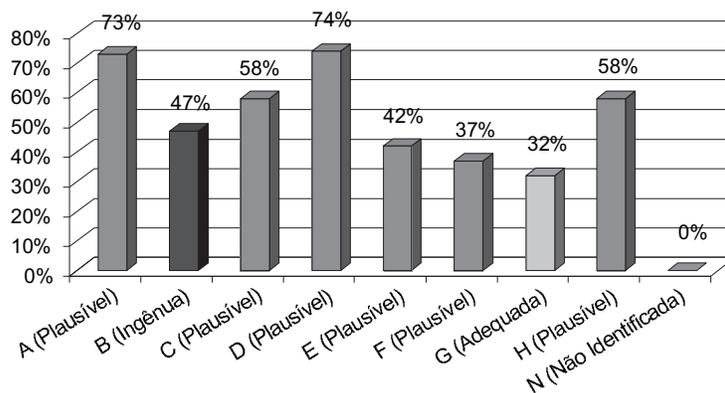
346

Os alunos quando questionados sobre a definição de tecnologia, apresentam geralmente respostas plausíveis (**Figura 5**). Na questão: “Definir que é a tecnologia pode ser difícil porque esta serve para muitas coisas. Porém, a tecnologia PRINCIPALMENTE é”: apenas 31,6% responderam a alternativa G, considerada ‘adequada’: idéias e técnicas para desenhar e fazer coisas; para organizar aos trabalhadores, as pessoas de negócios e os consumidores; e para o progresso e a sociedade”.

A maioria responderam como: 73,7% acham que é “muito parecida com a ciência” e definem como “robô, eletrônica, computadores, sistemas de comunicação, automatismos, máquinas”. 57,9% indicam como sendo “novos processos, instrumentos, maquinaria, ferramentas, aplicações, artefatos, computadores ou aparelhos práticos para uso diário”.

Muitos ainda acreditam que o conhecimento de ciência e de tecnologia por vezes ajuda a resolver problemas ou a tomar decisões sobre coisas como cozinhar, não adoecer ou explicar ampla variedade de fenômenos físicos.

Figura 5. Afirmações sobre a definição de Tecnologia, obtidas nas respostas dos alunos dos ensinos fundamental e médio, no questionário do Projeto PIEARCTS

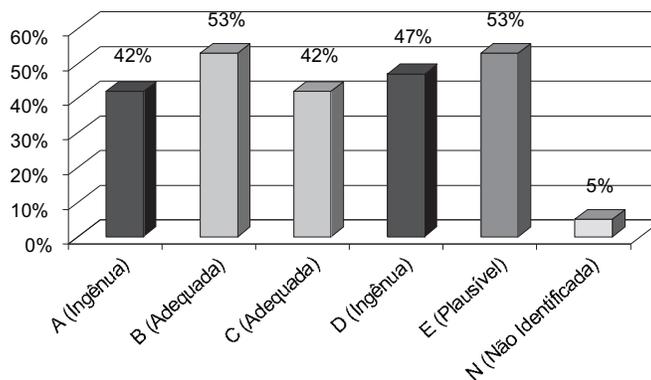


Fonte: UNIOESTE 2008.

Quando perguntados se “A ciência e a tecnologia estão estreitamente relacionadas entre si”, mesmo com as discrepâncias de opiniões (**Figura 6**), verifica-se que muitos possuem dificuldade no conhecimento acerca de ciência e tecnologia, pois 52,6% apresentam respostas consideradas ‘adequadas’, ou seja, “ainda que sejam diferentes, atualmente estão unidas tão estreitamente que é difícil separá-las” e 42,1% afirmam que a “investigação científica conduz a aplicações práticas tecnológicas, e as aplicações tecnológicas aumentam a capacidade para fazer investigação”.

347

Figura 6. Afirmações sobre a relação Ciência versus Tecnologia, obtidas nas respostas dos alunos dos ensinos fundamental e médio, no questionário do Projeto PIEARCTS



Fonte: UNIOESTE 2008.

Mas também, a relação entre ciência e tecnologia apresenta um alto índice de respostas consideradas ingênuas: 42,1% responderam “porque a ciência é a base dos avanços tecnológicos, ainda que é difícil ver como a tecnologia poderia ajudar a ciência” e que ao contrário “a tecnologia é a base dos avanços e a ciência não pode ajudar a tecnologia” (47,4%).

Assim, é preciso minimizar as dificuldades que os educandos têm, ao se perceber que a relação entre ciência e tecnologia cria um elo articulador para que a práxis educativa aconteça.

No ensino, a práxis pedagógica precisa estar articulada com metodologias que despertem no educando interesse pela disciplina, na percepção do sentido dessas em sua vida social que o faça interagir com a sociedade na qual se insere. Entretanto, é preciso que os profissionais da educação tenham a clareza de que tecnologia não é sinônimo de metodologia, e que o professor é o mediador e facilitador da aprendizagem com projetos definidos.

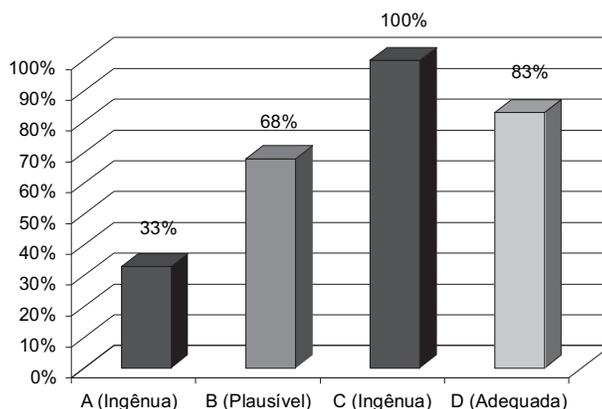
Assim, Freire (1996) reitera ao afirmar: “Quem ensina aprende ao ensinar e quem aprende ensina ao aprender”.

348 Nessa perspectiva, o educador precisa encarar as novas ferramentas tecnológicas que estão ao seu dispor como aliadas no processo ensino-aprendizagem, bem como receptivo às formações continuadas a fim de estar apto às mudanças na sua práxis; caso contrário, a tecnologia pode alienar, mitificar o processo e o uso dos recursos midiáticos.

Faz-se pertinente constatar que existe uma grande divergência nas opiniões dos professores (**Figura 7**), ao responderem se “Mais tecnologia melhorará o nível de vida de nosso país”. 100% afirmaram ‘adequadamente’ que: “Sim e não. Mais tecnologia faria a vida mais agradável e mais eficiente, PORÉM também causaria mais contaminação, desemprego e outros problemas. O nível de vida pode melhorar, porém a qualidade de vida pode ser que não”. E 83,3 % admitem que “Sim, porém só para aqueles que podem usá-la. Mais tecnologia destruirá postos de trabalho e causará que tenha mais gente abaixo da linha de pobreza”.

Contrariamente também 100% admitem uma resposta ‘ingênuas’, que “Sim, porque a tecnologia cria trabalho e prosperidade. A tecnologia ajuda a fazer a vida mais agradável, mais eficiente e mais divertida” (**Figura 7**).

Figura 7. Afirmações sobre a percepção dos professores se a tecnologia melhorará o nível de Vida do Brasil, obtidas no questionário do Projeto PIEARCTS, UNIOESTE 2008



Convém ressaltar que é preciso que todos os envolvidos no processo educativo reflitam responsabilmente sobre quais devem ser as principais finalidades do ensino das ciências e tecnologias para o século XXI. Há também a necessidade de se compreender que a tecnologia não é uma panacéia, porém pode se constituir em instrumento catalisador significativo para mudanças. A tecnologia apresentada num conceito mais amplo, como o conjunto de idéias, conhecimentos e métodos de que uma sociedade dispõe sobre ciências e artes industriais, incluindo os fenômenos sociais e físicos, procedimentos, instrumentos e objetos próprios de qualquer técnica, arte ou ofícios usados na criação e utilização de bens e serviços, pode se configurar como uma das respostas para os que procuram metodologias inovadoras, as quais promovam uma aprendizagem significativa e contextualiza.

349

6. Considerações finais

A ciência e a tecnologia estão presentes em todos os setores de nossa vida e causam profundas transformações econômicas, sociais e/ou culturais. Portanto, gradativamente, a sociedade se conecta à rede digital, o que implica intensas conseqüências, tanto no ato de ensinar quanto no de aprender.

Assim, as respostas ao questionário do Projeto PIEARCTS, aplicadas a esta amostra revelaram que existem muitas divergências e confusão sobre os conceitos de ciência e tecnologia entre as pessoas. E que não existe um padrão de respostas que demonstrem um balizamento de conceitos entre estudantes e professores. Tal análise remete à necessidade de repensarmos como são trabalhados, em nosso fazer pedagógico diário, os conceitos e conteúdos que envolvem a discussão de ciência e tecnologia, enquanto a práxis pedagógica se expressa diante das novas tecnologias,

que atualmente são apropriadas para o uso no processo educativo.

Com base nos resultados das pesquisas e interações realizadas nas atividades desenvolvidas na UNIOESTE e nas escolas parceiras, pode-se afirmar que para dar suporte a esta 'nova educação', é preciso que os conceitos educativos estejam articulados com as ferramentas tecnológicas e metodologias, visando estabelecer o diálogo e a reflexão sobre os embates e bases da Ciência e Tecnologia em nossa Sociedade.

O conhecimento e a construção da ciência é intrinsecamente um processo histórico, e reflete o desenvolvimento e as rupturas que ocorreram nos diferentes momentos da história, em seus contextos sociais, políticos, econômicos e culturais. Destaca-se que é preciso se nortear por uma educação integradora, na qual o aluno se sinta como sujeito da história e, responsável pela sua transformação e continuidade, uma vez que a educação, por si só, não é a única responsável pelo desenvolvimento de uma nação, entretanto ela amplia o horizonte dos indivíduos por meio do conhecimento, instrumentalizando-os para uma visão crítica.

350 Assim, em tempos de profundas mudanças, não se concebe mais um homem alheio aos avanços tecnológicos, é preciso alfabetizá-lo científica e tecnologicamente para que possa caminhar no mesmo ritmo da "Sociedade da Informação", onde o homem coloca-se concomitantemente como produtor e consumidor de informações, o qual pode participar democraticamente como cidadão responsável e distinguir os propósitos associados ao emprego da ciência e tecnologia.

Nessa ótica, para que os conteúdos de Biologia sejam abordados sob uma perspectiva emancipadora, se propõe a formação de sujeitos críticos, reflexivos, analíticos, por meio da ampliação do entendimento quanto ao seu objeto de estudo, através dos mais variados instrumentos a seu dispor. É preciso que o professor tenha o domínio consistente dos conteúdos que transmite, os quais remetam-no a sua historicidade e contextualizem-no a uma vasta realidade histórico-social.

A fim de atenderem a esta expectativa, as ferramentas tecnológicas foram introduzidas no âmbito educacional, todavia, não com a pretensão de substituir o professor e, sim com o intuito de auxiliá-lo em sua prática pedagógica, uma vez que o professor deve ser visto como sujeito que interage com outros sujeitos, pois, aquele que ao buscar a sua práxis conhece a si mesmo, suas limitações e possibilidades e nesta dinâmica constrói seu próprio fazer.

A inserção das novas tecnologias e angústias apontadas pelos professores foi a chave-motriz para a reflexão da Ciência e Tecnologia enquanto elo articulador da práxis educativa. Assim, ressalta-se que, objetivando uma educação integradora, na qual o aluno se sinta como sujeito da história e, portanto, responsável pela sua transformação e continuidade, há muito pelo quê se lutar, para se promoverem atitudes positivas no que concerne à ciência e tecnologia, além de se refletir sobre quais devem ser as principais finalidades do ensino para o Século XXI.

Bibliografía

- ACEVEDO DÍAZ, J. A., VÁZQUEZ ALONSO, Á. e MANASSERO, M. A. (2003): *Papel de la Educación CTS en una Alfabetización Científica y Tecnológica para todas las Personas*, Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciências, Vol. 2, N° 2.
- BRITO, G. S. e PURIFICAÇÃO, I. (2006): *Educação e Novas Tecnologias – um Re-pensar*, Ibpex, Curitiba.
- CARNIATTO, I. (2002): *A Formação do Sujeito Professor*, Edunioeste, Cascavel.
- FREIRE, P. (1996): *Pedagogia da Autonomia*, Paz e Terra, São Paulo.
- FREIRE, P. (2000): *Pedagogia da Indignação – Cartas Pedagógicas e Outros Escritos*, UNESP, São Paulo.
- KUENZER, A (org.) (2005): *Ensino Médio – Construindo uma Proposta para os que vivem do Trabalho*, 4ª ed., Cortez, São Paulo.
- MORAN, J. M. (2007): *A Educação que Desejamos – Novos Desafios e Como Chegar lá*, Papirus, São Paulo.
- PEREIRA DOS SANTOS, W. L. (2006): *Letramento em Química, Educação Planetária e Inclusão Social*, Química Nova, Vol. 29, N° 3, PP. 611-620. 351
- PESSOA DE CARVALHO, A. M. (org.) (2006): *Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática*, Pioneira Thomson Learning, São Paulo.
- SACRISTÁN, J. G. (2000): *O Currículo: Uma Reflexão sobre a Prática*, Tradução Ernani F. da Fonseca Rosa, 3ª ed., ArtMed, Porto Alegre.
- SACRISTÁN, J. G. e PÉREZ GÓMEZ, A. I. (1998): *Compreender e Transformar o Ensino*, tradução Ernani F. da Fonseca Rosa, 4ª ed., ArtMed, Porto Alegre.
- SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO DE PARANÁ (2009): *Diretrizes Curriculares da Educação Básica – Biologia*, Curitiba.
- ULHÔA, E., GONTIJO, F. e MOURA, D. (2008): *Alfabetização, Letramento e Letramento Científico*, acesso em 13 de maio em: http://www.senept.cefetmg.br/galerias/Arquivos_senept/anais/terca_tema1/TerxaTema1Artigo11.pdf.
- VÁZQUEZ ALONSO, Á. (2008): *Presentación Del Proyecto Iberoamericano De Evaluación CTS (PIEARCTS)*, Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien, 5(3), pp. 382-383.

ZIMMERMANN, É. e MAMEDE, M. (2008): *Novas Direções para o Letramento Científico: Pensando o Museu de Ciência e Tecnologia da Universidade de Brasília*, acesso em 5 de abril em http://www.senept.cefetmg.br/galerias/Arquivos_senept/anais/terca_tema1/Terxa_Tema1_Artigo11.pdf.

Análisis de los factores que influyen la disponibilidad de los investigadores universitarios a participar en los procesos de transferencia de tecnología universidad-industria

Rafael Antonio Viana Barceló,^{*1} Claudia Patricia Cote Peña,^{*2}
Jorge Luis Navarro España^{*3} y Jairo Orlando Villabona Robayo^{*4}

1. Introducción

Las presiones políticas y económicas que han recibido en las últimas décadas las universidades para que aumenten la financiación de la investigación de la industria han llevado al surgimiento y consolidación de lo que algunos autores, como por ejemplo Laredo (2007) y Muscio (2009), llaman la tercera misión: la transferencia de conocimiento de la universidad a la industria. Lo anterior, unido a las misiones tradicionales de educación e investigación científica, contribuye al desarrollo económico y social de los países y regiones en donde éstas están ubicadas.

353

En los últimos años, sobre todo en Europa y en los Estados Unidos de América, las universidades en general y particularmente las instituciones de investigación grandes han aumentado rápidamente su participación en la actividad de transferencia de tecnología (Power, 2003). Por esta razón, las universidades están siendo vistas por los hacedores de política como motores del crecimiento económico, vía la comercialización de la propiedad intelectual generada a través de la transferencia de tecnología (Siegel *et al.*, 2004).

La transferencia de tecnología de la universidad a la industria se desarrolla básicamente a través de dos canales: el formal y el informal.¹ Dentro de los canales formales se destacan: patentes, acuerdos de licencias e investigación conjunta (Link y

*1. Profesor Escuela de Economía, Universidad Industrial de Santander, Colombia. Correo electrónico: ranviana@uis.edu.co.

*2. Profesora Escuela de Economía, Universidad Industrial de Santander, Colombia.

*3. Profesor Escuela de Economía, Universidad Industrial de Santander, Colombia.

*4. Profesor Asociado: Facultad de ciencia Económicas, Universidad Nacional de Colombia.

1. Para Link *et al.* (2007), los mecanismos de transferencia tecnológica formales encarnan o se derivan de instrumentos jurídicos formales, tales como, por ejemplo, patentes, licencias o acuerdos de regalías. De igual manera, los autores definen los acuerdos de transferencia tecnológicas informales como aquellos que facilitan el flujo de conocimiento tecnológicos a través de procesos de comunicación informal, tales como consultorías, asistencia técnica e investigación colaborativa.

Siegel, 2005, Heisey y Adelman, 2009, Anderson *et al.*, 2007, Landry *et al.*, 2006). En lo que tiene que ver con canales informales de transferencia de tecnología, la literatura reconoce los siguientes: acuerdos de consultorías entre las empresas y los profesores, contactos entre el personal académico y de la industria en conferencias, simposios o seminarios y las publicaciones conjuntas (Levy *et al.*, 2009, Grimpe y Hussinger, 2008, Bercovitz y Feldmann, Link *et al.*, 2007).

Otros autores, como por ejemplo Phan *et al.* (2006), reconocen que las investigaciones que valoran la transferencia de tecnología universitaria han centrado sus análisis en las instituciones que han emergido para facilitar la comercialización de la mismas, tales como: parques industriales, incubadoras de empresa, oficinas de transferencias de tecnología universitaria y centros de investigación de cooperación universidad-industria.

Otra parte de la literatura concerniente a la transferencia de tecnología, aunque en menor medida, ha tomado como objeto de estudio los agentes involucrados en la comercialización de la tecnología originada en las universidades, verbo y gracia de los científicos académicos. Por lo tanto, no es sorprendente que el papel de los profesores en la transferencia de tecnología universidad-industria sea el centro de atención de algunas investigaciones recientes en el área.

354

La literatura emergente referente al papel de los científicos académicos en los procesos de transferencia de tecnología universidad-industria ha examinado los estímulos tanto individuales como institucionales que inciden en las decisiones de estos agentes en lo referente a participar en dicho proceso.

El objetivo de este estudio es el de analizar los factores tanto personales como institucionales que inciden en la disponibilidad de los investigadores académicos colombianos de las siguientes áreas del conocimiento: ingenierías (civil, eléctrica, mecánica, de materiales y metalurgia, química), geociencias, bioquímica, química, físicas, matemáticas, ciencias de la computación, biología y microbiología, ciencias básicas para transferir tecnología al sector productivo.

El presente análisis está basado en información recolectada a través de la aplicación de un formulario electrónico enviado a los científicos de las áreas del conocimiento mencionadas anteriormente.

En primera instancia, a través de la Plataforma ScienTI-Colombia (ciencia y tecnología para todos) se identificaron los investigadores que al momento de la aplicación de la encuesta tenían títulos académicos de magister o PhD en la áreas de conocimiento en referencia. De igual manera, la encuesta permitió identificar quiénes han participado en algunas de las siguientes actividades de transferencia de tecnología: involucramiento en actividad para transferir o comercializar tecnología, publicaciones conjuntas y consultorías. Todo esto con el objetivo de correlacionar la respectiva participación con las características personales e institucionales que la literatura en la materia predice.

La organización del presente documento es la siguiente: en la segunda sección se presenta una breve revisión de la literatura de la transferencia de tecnología que ha tomado como objeto de estudio a los investigadores universitarios con el objeto de determinar las variables tanto institucionales como personales que más afectan la disponibilidad de los científicos para interactuar con la industria. En la tercera parte se presenta la metodología utilizada, en la cuarta sección se presentan los resultados y en la quinta las principales conclusiones derivadas del estudio.

2. Estímulos individuales e institucionales de los investigadores académicos para participar en los procesos de transferencia de tecnología universidad-industria

Antes de analizar los determinantes individuales e institucionales que motivan a los investigadores académicos a participar en los procesos de transferencia de tecnología universidad-industria, es importante reconocer que la transferencia que se da en el marco de la relación universidad-industria es de la clase que Mansfield (1975) denominó como vertical. El autor describe la transferencia vertical como la transmisión de información desde la investigación básica a la investigación aplicada, de la investigación aplicada al desarrollo, y del desarrollo a la producción.² Sin embargo, aclara que este tipo de transferencia ocurre en ambas direcciones.

De igual manera, Muscio (2009) destaca que la transferencia universidad-industria no significa transferir conocimiento del primer ente al segundo, sino que por el contrario, la transferencia de conocimiento se da en ambas direcciones. Es decir, la interacción con la industria capacita de una mejor manera a los científicos universitarios para conducir la investigación, a la vez que les permite adoptar diferentes perspectivas, lo cual puede ser la inspiración para la investigación innovadora. Para Bercovitz y Feldmann (2006), el corazón de transferencia de tecnología es el miembro del profesorado a nivel individual, que a su vez está motivado por un conjunto de incentivos tanto de carácter personal como institucional.

355

2.1. Factores institucionales

El hecho que las universidades sean tanto instituciones sociales como económicas hace que el comportamiento del profesorado esté basado en normas sociales, estructuras organizacionales e incentivos respecto a la promoción y tenencia (Geiger, 1993, citado por Bercovitz y Feldmann, 2006).

2. Mansfield también tiene en cuenta a la transferencia horizontal de tecnología. Con respecto a esta, anota que es cuando la tecnología que es usada en un lugar, organización o contexto es transferida y usada en otro lugar, organización o contexto de características similares.

Las actividades de transferencia de tecnología entre la universidad y la industria históricamente han estado gobernadas por dos modelos de gobernanzas (Geuna y Muscio, 2008): el que existía antes del advenimiento de la economía del conocimiento y el nuevo modelo.³ En el primer modelo, los científicos basados en sus contactos personales (algunos de ellos creados durante sus años de estudios universitarios) desarrollaron redes de interacciones con las empresas y el gobierno, y actuando a título personal, fungieron como asesores y solucionadores de problemas de las organizaciones mencionadas anteriormente.

Los autores también argumentan que la emergencia del segundo modelo se da con el establecimiento en los Estados Unidos del primer conjunto de Centros de Investigación y Cooperación Universidad-Industria, en 1975, por parte de la Fundación Nacional de Ciencias.⁴ Este hecho constituyó la base de la institucionalización de la transferencia de tecnología a la industria como una misión más de la universidad.

Los hechos mencionados anteriormente han llevado a que diferentes gobiernos adopten políticas dirigidas a facilitar la cooperación universidad-empresa: Estados Unidos (1980), Canadá (1985), Japón (1998), Gran Bretaña (1998), Alemania (1998, 2001), Francia (1999), Austria (2002), Italia (2001), Bélgica (1999), España (1986), Dinamarca (2000), Suiza (2002), Holanda (1998) y Corea (1998-2001) (Diaman y Pugatch, 2007).

356 Al tiempo que los diferentes países han adoptados políticas dirigidas a estimular la relación universidad-industria, las universidades han diseñado mecanismos para incentivar la participación de los científicos universitarios en dicho proceso. Los incentivos van desde la creación de oficinas de transferencia de tecnologías, diseños de derechos de propiedad universitarios, pagos basados en el rendimiento y regalías por conceptos de licencias derivadas de las innovaciones creadas por los científicos hasta la disminución de las horas de docencia directa.

El conjunto de incentivos que las universidades ofrecen a sus empleados investigadores ha evolucionado para satisfacer los objetivos tanto de la institución como de investigadores. Esta evolución, se da teniendo en cuenta el hecho que los profesores universitarios, a la vez que contribuyen a lograr los objetivos institucionales, persiguen sus objetivos individuales (Graff *et al.*, 2002).

Por otra parte, autores como Lach y Schankerman (2004) muestran cómo las universidades en los Estados Unidos de América han diseñados instrumentos monetarios por medio de los cuales se especifica la repartición de los ingresos

3. Los autores afirman que la gobernanza de la transferencia de tecnología universitaria en el viejo modelo se caracterizó por las relaciones personales entre los investigadores académicos, la industria y el gobierno (local o nacional).

4. Éste es el organismo encargado de apoyar la investigación básica en los Estados Unidos de América.

derivados de las licencias de invenciones a la industria entre el inventor (investigador universitario) y la universidad. La universidad distribuye su parte del ingreso entre varias unidades, tales como el laboratorio del inventor, el departamento o la escuela. A la vez, han determinado que las universidades con mayores cuotas de regalías generan mayores niveles de ingresos por conceptos de licencias. De esta forma, sugieren que las instituciones privadas son más efectivas en las actividades de transferencia de tecnología con orientación comercial.

Otras características institucionales reconocidas por la literatura que inciden en la disponibilidad de los científicos universitarios a participar en la transferencia de tecnología universidad industria son las destacadas por Ponomariov (2007), quien argumenta que ciertos factores, tales como la calidad académica, el nivel de patentamiento, el gasto total en investigación y desarrollo por parte de la universidad y la financiación de la industria, son características aproximadas del contexto organizativo a nivel universitario, que derivan en un clima organizacional que puede afectar la disponibilidad de los científicos en las universidades para interactuar con las empresas del sector privado, así la intensidad de tal interacción.

De igual forma, algunos autores, como por ejemplo Graff *et al.* (2002), destacan que las limitaciones presupuestales que enfrentan ciertas universidades también inciden sobre la disposición de los académicos para interactuar con la industria. Para los autores, algunas universidades conscientes de sus limitaciones presupuestales priorizan las contribuciones de las investigaciones originales, dan a sus empleados libertad en materia de investigación y oportunidades para ganar fama de sus éxitos. La fama académica puede derivar en fortuna personal, en términos de altos salarios, más oportunidades lucrativas en términos de consultorías u otras actividades externas.

357

2.2. Factores o motivaciones individuales

La literatura ha reconocido principalmente dos fuentes de motivación por parte de los científicos universitarios para transferir tecnología. La primera tiene que ver con el reconocimiento dentro de la comunidad académica. El reconocimiento puede ser alcanzado a través de las publicaciones, aplicación de patentes, presentaciones y la concesión de becas de investigación (Grimpe y Fier, 2009). Dado que los responsables de las universidades tanto públicas como privadas (éstas últimas en una mayor proporción) tienen que tomar decisiones con respecto a la tenencia y promoción de sus profesores, el reconocimiento dentro de la comunidad científica puede servir en muchos casos como un indicador que le facilita la toma de decisiones a este respecto a los administradores universitarios. De igual manera, cabe anotar que los miembros del profesorado contratados a términos definidos por las universidades tienen fuertes incentivos para alcanzar dicho reconocimiento y de esta manera ganarse una plaza fija en una institución.

El segundo factor tiene que ver con la oportunidad de conseguir recursos adicionales que resultan en ganancias financieras o en la oportunidad de financiar activos físicos y capital humano en la institución (Link *et al.*, 2007).

Por otra parte, Graff *et al.* (2002) señalan que los objetivos de casi todos los investigadores en el mundo pueden ser resumidos en lo que ellos llaman como la búsqueda de los siguientes tres elementos: fama, fortuna y libertad.⁵

Los autores definen la libertad como la autodeterminación que tiene un investigador para seleccionar sus objetivos de investigación y estrategias, para “ser sus propios jefes” y de esta forma dar rienda suelta a su pasión por la búsqueda del conocimiento científico.

Es importante señalar también que los científicos universitarios de igual forma están motivados por la obtención de ganancias financieras adicionales, así como la necesidad de obtener financiación adicional de capital físico y humano necesario para investigación experimental (Link *et al.*, 2007).

Lach y Schankerman (2004) señalan que la investigación académica y la actividad inventiva responden a incentivos monetarios. A la vez, observan que la respuesta a los incentivos monetarios por parte de los científicos académicos es mucho más fuerte en las universidades privadas que en las públicas. Para los autores, esto se debe al hecho que las universidades privadas son significativamente más propensas a utilizar el pago basado en el rendimiento. Destacan que estas universidades, al estar menos restringidas en su libertad de acción por las leyes y los reglamentos, probablemente se centran más en generar ingresos por licencias en comparación con las instituciones públicas que tienen objetivos más sociales, tales como la promoción del desarrollo local y regional.

358

Para Thursby y Thursby (2003) reviste gran importancia comprender la naturaleza de la participación de los profesores en actividades de licenciamiento de tecnología universitaria. Esto es significativo dado que permite entender cómo la tecnología es transferida a través de licencias. Por otra parte, sostienen que los críticos argumentan que la concesión de licencias por parte de las universidades es innecesaria. El argumento se fundamenta en que la difusión de las investigaciones se da mediante la publicación, y el personal de I & D de las empresas puede recoger y utilizar las invenciones sin licencias. Los autores reconocen que, en la medida en que el conocimiento de los profesores sea importante en el desarrollo de las invenciones, la simple lectura de la bibliografía pertinente no será suficiente para la comercialización de la investigación universitaria.

Los autores analizan la medida en que los licenciarios utilizan los profesores como insumos, no sólo en la identificación de las invenciones de interés, sino también en un mayor desarrollo (tanto de la investigación patrocinada como de los términos de licencias propiamente dichos). También examinan el grado en que la naturaleza de las investigaciones es un factor en la interacción de las empresas con las universidades.

5. Originalmente los autores mencionan que los científicos tienen como objetivo primordial la búsqueda de las tres F: fame, fortune y freedom.

Por su parte, Daza y Slaughter (1999) destacan tópicos de conflictos entre los administradores universitarios y los profesores involucrados en las actividades de transferencia de tecnología, por un lado, y de los profesores no involucrados y los involucrados, por el otro. El primer tópico de conflicto tiene que ver con la autonomía para realizar acuerdos con la industria y flexibilidad para capturar recursos que demandan los profesores. El segundo tópico de conflicto se centra entre los profesores involucrados y los no involucrados. Los profesores involucrados difieren de los no involucrados en cuanto a sus nociones acerca del servicio público y las actividades que son de interés público.

2.3. Consultorías

La consultoría es definida como un proceso de transferencia de experiencias, conocimientos y/o habilidades de una parte (el consultor) a otra (el cliente), con el objetivo de proporcionar ayuda o resolver problemas (Block, 2000, citado por Jacobson *et al.*, 2005).

Perkmanna y Walsh (2006) Desarrollan una tipología de la consultoría académica que distingue entre las diferentes formas en las cuales los académicos ofrecen su experiencia a las organizaciones externas. Los autores identificaron tres tipos de consultorías académicas:

- 1) Las consultorías impulsadas por las oportunidades.
- 2) Las impulsadas por la comercialización.
- 3) Las impulsadas por la investigación.

359

Esta clasificación, a criterio de los autores, es importante porque permite evaluar el impacto de las diferentes actividades de la consultoría sobre las universidades y la firma.

Los autores afirman que la consultoría tiene un impacto limitado sobre la dirección de la investigación académica hacia temas más aplicados. De igual forma, sostienen que la productividad académica de la investigación está asociada positivamente con la consultoría impulsada por la investigación, en menor medida con la impulsada por la comercialización y negativamente con la consultoría impulsada por la oportunidad.

Debido a que la literatura sugiere que la consultoría es uno de los factores más importante de intercambio intelectual entre la academia y la industria, autores como Jensen *et al.* (2010) desarrollaron un modelo teórico de consultoría en el cual incorporaron la decisión de los profesores universitarios con respecto a la asignación del tiempo de investigación entre su laboratorio en la universidad y el laboratorio de la empresa, así como también las decisiones del gobierno y de las empresas en lo referente a la financiación del trabajo del investigador dentro de la universidad. Por otra parte, afirman que dado que el investigador docente se preocupa por la reputación y el incremento de los beneficios financieros, es posible que éstos estén dispuestos a aumentar o disminuir el tiempo dedicado a esta actividad en función de su compromiso entre los ingresos y la reputación.

Cabe aclarar que algunos autores como Bercovitz y Feldmann (2006) consideran que los acuerdos de consultorías entre firmas y los profesores a manera individual están fuera del ámbito de la transferencia de tecnología universitaria, las empresas pagan a los miembros del profesorado por su propio tiempo y por lo general son dueños de propiedad intelectual que éstos crean durante dicho tiempo.

El hecho que los profesores realicen consultoría a título personal ha llevado a que las mayorías de universidades reglamenten esta práctica. Aunque es importante anotar que la reglamentación no ha corregido este fenómeno, puesto no existe forma de comprobar que los profesores no realicen esta actividad dentro de la jornada laboral, a la vez que estos son dueños del tiempo extrajornada y pueden invertirlo como mejor les parezca.

Los acuerdos de consultorías del tipo descrito anteriormente, unido a los contactos entre el personal académico y de la industria en conferencias, simposios o seminarios, publicaciones conjuntas (Levy *et al.*, 2009, Grimpe y Hussinger, 2008, Bercovitz y Feldmann, Link *et al.*, 2007), constituyen la base de lo que hoy en día se conoce como canales informales de transferencia de tecnología.

360 En resumen, la literatura que analiza el papel de los investigadores en las actividades de transferencia de tecnología sugiere que los miembros del profesorado tienen suficientes incentivos personales y desincentivos institucionales para involucrarse en dicha actividad. En la siguiente sección de este documento, se presenta evidencia empírica de la disponibilidad de los académicos nacionales para participar en la transferencia informal de tecnología al sector productivo.

3. Metodología

Los datos utilizados en el presente estudio se derivan de una encuesta realizada a los investigadores colombianos con título académico de magister o PhD adscritos a los grupos de investigación registrados y clasificados en la Plataforma ScienTI-Colombia (ciencia y tecnología para todos), a la vez que se consideró que tuvieran relación laboral con alguna universidad del país. Siguiendo a Link *et al.* (2007) y Landry *et al.* (2006), las áreas del conocimiento tenidas en cuenta para el análisis empírico fueron las siguientes: ingenierías (civil, eléctrica, mecánica, de materiales y metalurgia, química), geociencias, bioquímica, química, físicas, matemáticas, ciencias de la computación, biología y microbiología.

Luego de consultar la plataforma ScienTI se identificó que 480 investigadores cumplían con los requisitos mencionados anteriormente. Seguidamente, se procedió a extraer los correos electrónicos de los mismos y enviarles el formulario electrónico con preguntas que trataban de indagar los canales a través de los cuales los científicos interactúan y transfieren tecnología a la industria, al igual que las motivaciones tanto personales como institucionales que tienen en cuenta para participar en dicho proceso. El formulario electrónico les fue enviado a los investigadores en el periodo comprendido

entre el 25 de julio de 2009 y el 17 de diciembre del mismo año. Se recibieron respuestas durante el mismo lapso de tiempo.

De los 480 formularios enviados se recibieron 212 respuestas, las cuales equivalen al 44,16% del total. Alrededor de 73 formularios (15,2%) rebotaron debido a que la dirección electrónica registradas en los cvlac no correspondía. De igual forma, se recibieron 12 (2,5%) emails de investigadores que afirmaban que no tenían relación laboral con ninguna universidad debido a que se habían pensionado.

Teniendo en cuenta lo anteriormente enunciado, se deduce que la muestra total utilizada en el presente estudio consistió de 212 investigadores. De éstos, 47 no completaron el formulario. El estudio generó 164 formularios útiles para una tasa de respuestas del 34,37%, lo que constituye el tamaño de la muestra.

3.1. Instrumentos y medidas

Las medidas de transferencia de tecnología por parte de los investigadores universitarios consideradas en este estudio son las siguientes:

Durante los anteriores 24 meses:

- 1) Trabajó directamente con personal de la industria en un esfuerzo para transferir o comercializar tecnología.
- 2) Ha escrito documentos en coautoría con personal de la industria que haya sido publicado en una revista de referencia.
- 3) Ha servido como consultor pagado por las firmas.

361

El modelo a estimar para cuantificar las relaciones de las variables personales e institucionales y las actividades de transferencias de tecnología por parte de los profesores universitarios en Colombia es el siguiente:

$$Y_i = \beta_i X_i$$

Tomando como referencia a Lnk *et al.* (2007), Y_i es un vector que representa las tres dimensiones de transferencia de tecnología: involucramiento en actividad para transferir o comercializar tecnología, publicaciones conjuntas y consultorías. X_i es un vector de características personales e institucionales que la literatura ha reconocido como determinantes de la disponibilidad de los investigadores universitarios para participar en actividades de transferencia de tecnología universidad-industria.

3.2. Variables

Si: variable binaria que toma el valor de uno (1) si el investigador considera que sistema de incentivo institucional estimula la participación de los profesores universitarios en los procesos de transferencia universidad-industria y cero (0) si considera lo contrario.

Tis: variable continúa que expresa las horas de la carga laboral que el investigador dedica a la investigación.⁶

Tiptcta: variable binaria que toma el valor de uno (1) si el investigador en los últimos dos años ha trabajado directamente con personal de la industria en un esfuerzo para transferir o comercializar tecnología o investigación aplicada y cero (0) si sucede lo contrario.

Ccpi: variable binaria que toma el valor de uno (1) si el investigador considera que la interrelación con la industria lo capacita de una mejor forma para conducir los procesos de investigación que lidera y cero (0) si considera lo contrario.

Ecdr: variable que toma el valor de uno (1) si el investigador ha escrito documentos en coautoría con personal de la industria que ha sido publicado en una revista de referencia y cero (0) si sucede lo contrario.

Cp: variable binaria que toma el valor de uno (1) si el investigador ha prestado sus servicios como consultor formal pagado por la industria y cero (0) si sucede lo contrario.

Tvi: variable continua que expresa los años que el investigador lleva vinculado a la universidad respectiva.

362 Rce: variable binaria que toma el valor de uno (1) si el investigador en busca del reconocimiento de la comunidad científica se involucra en los procesos de transferencia de tecnología universidad-industria y cero (0) si sucede lo contrario.

Rt: variable binaria que toma el valor de uno (1) si el investigador en busca de la renovación de la tenencia se involucra en los procesos de transferencia de tecnología universidad-industria y cero (0) si sucede lo contrario.

Lc: variable que indaga si el investigador en busca del lucro económico personal se involucra en los procesos de transferencia de tecnología universidad-industria.

Nfi: variable binaria que toma el valor de uno (1) si el investigador decide involucrarse en los procesos de transferencia de tecnología universidad-industria por la necesidad de asegurar financiamiento adicional para el capital humano y financiero requerido en procesos de investigación que son de su interés pero no cuentan con financiación de ningún ente y cero (0) si sucede lo contrario.

Tco: porcentaje del tiempo laboral que dedica a la consultoría.

6. Originalmente se les preguntó a los investigadores el porcentaje de tiempo de la semana laboral que éstos dedican a realizar investigación. Teniendo en cuenta que el día labora en Colombia es de ocho horas, en la semana se tienen 40 horas laborales que en la mayoría de las ocasiones se distribuyen entre docencia, investigación sin ánimo de lucro (investigación básica) e investigación con ánimo de lucro (investigación aplicada y/o consultorías).

Li: variable binaria que toma el valor de uno (1) si el investigador antes de laborar en la universidad lo hizo en la industria y cero (0) si sucede lo contrario.

Sexo: variable de control que toma el valor de uno (1) si el investigador es hombre y cero (0) si es mujer.

Tu: Variable binaria que toma el valor de uno (1) si el investigador labora en una universidad pública o cero (0) si la universidad es privada.

4. Resultados

4.1. Estadísticas descriptivas

De los 164 investigadores universitarios que conforman la muestra del presente estudio, el 46,34% tiene relación laboral con universidades privadas y el 53,66% con universidades públicas. Del 30,49% de los investigadores que consideran que el sistema de incentivos estimula su participación en actividades de transferencia de tecnología, el 52% tiene relación laboral con una universidad del privado y el 48% con universidades públicas. Esto, aunque de manera muy sutil, está acorde con la evidencia mostrada por Lach y Schankerman (2004).

Tabla 1. Estadísticas descriptivas

363

Variable	Media	Desviación estándar
Si	0,30	0,46
Tis	12,5	9,29
Tiptcta	0,57	0,49
Ccpi	0,89	0,31
Edcr	0,25	0,43
Cp	0,34	0,47
Tvi	10,39	7,78
Rec	3,06	1,45
Rt	3,09	1,30
Lp	3,13	1,27
Fi	2,94	1,59
Tco	3,74	6,04
Li	0,53	0,50
Sexo	0,79	0,40
Tu	0,53	0,50

En la tabla también se puede observar que el 25,61% de los participantes ha escrito documentos que se han publicados en revistas de referencia en coautoría con personal de la industria. Estos resultados son similares a los hallados por Grimpe y Fier (2009),

quienes encontraron que la tasa de publicación de los investigadores alemanes en coautoría con la industria fue del 23%.

Del 25,61% de documentos producidos en coautoría entre los investigadores universitarios y el personal de la industria, la mayor participación la tienen los investigadores de las universidades públicas con el 59,52% frente al 40,48% de los privados.

Los resultados mostrados en la **Tabla 1** también muestran que aparentemente los investigadores colombianos son más proclives a interactuar con la industria como consultores pagados (34%) frente a sus pares de Alemanes (Grimpe y Fier, 2009), 17,2%, y estadounidenses, 18% (Link *et al.*, 2007). Los acuerdos de consultoría corresponden en un 53,57% a profesores de universidades privadas y en 46,43% a profesores de universidades públicas.

364 Es de destacar que el 57,03% de los investigadores, en los dos años anteriores al periodo de aplicación de formulario, habían trabajado directamente con personal de la industria en un esfuerzo para transferir o comercializar tecnología o investigación aplicada. Esto puede explicar en parte la baja tasa de publicación. De acuerdo con Anderson (2001), la relación universidad-industria en lo referente a transferencia de tecnología puede desembocar en un problema de secretismo. Esto tiene que ver con que los profesores universitarios que trabajan en proyectos de investigación no pueden revelar los resultados de la misma dadas las restricciones impuestas por la empresa o la administración de la universidad, con respecto al posible patentamiento del producto de dichas investigaciones.

Otro hecho a destacar tiene que ver con que de los 57,03% investigadores que afirmaron haber trabajado con la industria en los dos últimos años en un esfuerzo para transferir tecnología, el 45,25% labora en universidades públicas frente al 54,75% que lo hace en las privadas.

4.2. Resultados empíricos

La **Tabla 2** presenta los resultados de los modelos de regresión probit. Se estimó un modelo para cada variable dependiente. Contrario a lo encontrado por Link *et al.* (2007) y Grimper y Fier (2009), en Colombia no existe mayor disponibilidad de los investigadores con respecto a las investigadoras para participar en actividades de transferencia de tecnología en lo concerniente a comercialización de tecnología, actividades de consultorías y mucho menos para publicar.

El que el sistema de incentivos institucional promueva la comercialización de tecnología de manera positiva, pero las consultoría de manera negativa por parte de los investigadores universitarios, esta explicado en gran medida por el hecho de que éstos, en la mayoría de los casos, prefieren realizar la segunda actividad de transferencia a manera personal.

El interés de los investigadores para firmar acuerdos directos de consultorías con la industria se debe en gran medida a que esta forma puede tasar directamente con la industria sus honorarios y no supeditarse a los reglamentos de las universidades que en algunos casos ni existen.

Resulta curioso el hecho de que, para los investigadores universitarios colombianos, el reconocimiento de la comunidad científica no tenga importancia para involucrarse en actividades de transferencia de tecnología, sino que por el contrario, cuando éstos deciden participar en dicho proceso, los mueve más el afán de obtener dinero adicional. Esto se puede deber a los salarios relativamente bajos que pagan, en términos generales, las universidades del país.

Es de destacar también que, cuando los investigadores deciden involucrarse en los procesos de transferencia de tecnología universidad-industria para asegurar financiamiento adicional para el capital humano y financiero requerido en procesos de investigación que son de su interés, lo hacen a través de la comercialización de tecnología.

Por último, se observa que los investigadores de las universidades privadas son más propensos a involucrarse en las diferentes actividades de transferencia de tecnología que sus pares de las universidades públicas. Lo anterior tiene como explicación el hecho de que las primeras instituciones tienen en cuenta la productividad tanto académica como de generación de ingresos por parte de sus profesores al momento de renovar los contratos, contrario a lo que ocurre en la gran mayoría de las universidades públicas.

Tabla 2. Estimaciones Probit de la ecuación

Variables independientes	Variables dependientes (errores estándar entre paréntesis)		
	Comercializa tecnología	Publicaciones conjunta	Consultorías
Si	0,608** (0,252)	-0,146 (0,247)	-0,453*** (0,261)
Tis	0,011 (0,012)	0,006 (0,011)	-0,005 (0,126)
Ccpi	1,32 (0,387)*	0,419 (0,394)	0,740*** (0,402)
Tvi	0,018 (0,014)	0,002 (0,014)	-0,011 (0,015)
Rec	-0,34 (0,91)	-0,131 (0,093)	-0,304* (0,098)
Lp	0,168*** (0,088)	0,077 (0,090)	0,175*** (0,094)
Fi	0,153*** (0,024)	-0,047 (0,085)	0,056 (0,087)
Tco	0,096* (0,024)	0,040* (0,018)	0,076* (0,025)
Li	0,287 (0,223)	0,243 (0,230)	1,040* (0,250)
Sexo	0,372 (2,85)	0,094 (0,293)	0,429 (0,312)
Tu	-0,807 (0,233)	0,079 (0,229)	-0,316 (0,241)
Constante	-1,19 (0,568)	1,253** 0,585	-1,64* (0,586)
Log likelihood	-82,7	-86,16	-79,84
Pseudo R ²	0,21	0,07	0,24

366

5. Conclusiones

Los hallazgos empíricos del presente estudio se deben analizar con cierto cuidado debido a que las medidas de transferencia de tecnológica utilizadas son simples variables categóricas, a la vez que puede existir cierto sesgo en la respuesta por parte de los investigadores.

La evidencia muestra que en el sistema universitario colombiano existen pocos incentivos para que los investigadores universitarios decidan realizar actividades de consultorías bajo la potestad de la institución como tal. Es por esta razón que en la mayoría de los casos, los científicos deciden entablar relaciones con la industria a título personal, lo cual a su vez estaría indicando por parte de la industria el soslayar la importancia de las uniones estratégicas desde la institucionalidad.

Los resultados también dejan ver que en Colombia, contrario a lo encontrado por Link *et al.* (2007) en los Estados Unidos de América, y Grimper y Fier (2009) en Alemania, no existe mayor disponibilidad de los investigadores con respecto a las investigadoras para participar en actividades de transferencia de tecnología en lo concerniente a comercialización de tecnología y actividades de consultorías.

De igual manera, cabe destacar que ni el reconocimiento científico (esto unido a la renovación de la tenencia), ni la consecución de recursos adicionales motivan a los investigadores a participar en la transferencia de tecnología. Solamente la variable personal de obtención de ingresos adicionales es lo que motiva a involucrarse en dicho proceso, lo cual provoca que el avance de la ciencia sea un factor incidental.

Bibliografía

ANDERSON, T. R., DAIM, T. U. y LAVOIE, F. F. (2007): *Measuring the efficiency of university technology transfer*, Technovation 27, pp. 306-318.

BERCOVITZ, J. y FELDMAN, M. P. (2006): *Entrepreneurial Universities and Technology Transfer: A Conceptual Framework for Understanding Knowledge-Based Economic Development*, Journal of Technology Transfer, 31(1), pp. 175-188.

BLOCK, P. (2000): *Flawless Consulting: A Guide to Getting Your Expertise Used*, 2ª ed., Jossey-Bass, San Francisco.

BRANCO, L. P. (2008): *Effects of university characteristics on scientists' interactions with the private sector: an exploratory assessment*, Journal of Technology Transfer 33, pp. 485-503.

DAZA, T. y SLAUGHTER, S. (1999): *Faculty and Administrators' Attitudes toward Potential Conflicts of Interest*, The Journal of Higher Education, Vol. 70, N° 3 (mayo-junio), pp. 309-352t, Commitment and Equity in University-Industry Relationships.

DIAMANT, R. y PUGATCH, M. (2007): *Measuring Technology Transfer Performance in Public-Private Partnerships – A Discussion Paper*, IP Academy.

GEUNA, A. y MUSCIO, A. (2008): *The governance of University knowledge transfer*, SPRU Electronic Working Paper Series 173, University of Sussex, SPRU – Science and Technology Policy Research.

GEIGER, R. L. (1993): *Research and Relevant Knowledge: American research universities since World War II*, Oxford University Press, Nueva York.

GRAFF, G., HEIMAN, A. y ZILBERMAN, D. (2002): *University Research and Offices of Technology Transfer*, California Management Review 45, N° 1.

GRIMPE, C. y FIER, H. (2009): *Informal University Technology Transfer: A Comparison Between the United States and Germany*, Journal of Technology Transfer.

HEISEY, P. y ADELMAN, S. (2009): *Research expenditures, technology transfer activity, and university licensing revenue*, Journal of Technology Transfer.

JACOBSON, N., BUTTERIL, D. y GOERING, P. (2005): *Consulting as a Strategy for Knowledge Transfer* *The Milbank Quarterly*, Vol. 83, N° 2, pp. 299-321.

JENSEN, R., THURSBY, J. y THURSBY, M. (2010): *University-Industry Spillovers, Government Funding, and Industrial Consulting*, NBER Working Papers 15732, National Bureau of Economic Research, Inc.

LACH, S. y SCHANKERMAN, M. (2004): *Royalty sharing and technology licensing in universities*, Journal of The European Economic Association, 2, pp. 252-264.

LANDRY, R., AMARA, N. y OUIMET, M. (2007): *Determinants of knowledge transfer: Evidence from Canadian university researchers in natural sciences and engineering*, Journal of Technology Transfer, 32, pp. 561-592.

LAREDO, P. (2007): *Revisiting the Third Mission of Universities: Toward a Renewed Categorization of University Activities*, Higher Education Policy 20, 1° de diciembre, pp. 441-456.

LEVY, R., RACHEL, P., ROUX, P. y WOLFF, S. (2009): *An analysis of science-industry collaborative patterns in a large European University*, Journal of Technology Transfer 34, pp. 1-23.

LINK, A. y SIEGEL, D. (2005): *Generating Science-Based Growth: An Econometric Analysis of the Impact of Organizational Incentives on University-Industry Technology Transfer*, The European Journal of Finance, Vol. 11, N° 3, pp. 169-181.

LINK, A., SIEGEL, S. y BOZEMAN, B. (2007): *An empirical analysis of the propensity of academics to engage in informal university technology transfer*, Industrial and Corporate Change, 16(4), pp. 641-655.

MANSFIELD, E. (1975): *International Technology Transfer: Forms, Resource Requirements and Policies*, The American Economic Review, Vol. 65, N° 2, Papers and Proceedings of the Eighty-Seventh Annual Meeting of the American Economic Association, pp. 372-376.

MUSCIO, A. (2009): *What drives the university use of technology transfer offices? Evidence from Italy*, Journal Technology Transfer.

PHAN, P. y SIEGEL, D. (2006): *The Effectiveness of University Technology Transfer: Lessons Learned from Quantitative and Qualitative Research in the U.S. and the U.K.*,

Rensselaer Working Papers in Economics, <http://www.rpi.edu/dept/economics/www/workingpapers>.

PERKMANN, M. y WALSH, K. (2008): *Engaging the scholar: Three types of academic consulting and their impact on universities and industry*, Research Policy, Elsevier, Vol. 37(10), pp. 1884-1891.

POWERS, J. (2003): *Commercializing Academic Research: Resource Effects on Performance of University Technology Transfer*, The Journal of Higher Education, Vol. 74, N° 1, pp. 26-50.

SIEGEL, D. S., WALDMAN, D., ATWATER, L. y LINK, A. N. (2004): *Toward a model of the effective transfer of scientific knowledge from academicians to practitioners: Qualitative evidence from the commercialization of university technologies*, Journal of Engineering and Technology Management, 21(1-2), pp. 115-142.

THURSBY, J. y THURSBY, M. (2003): *Are Faculty Critical? Their Role in University-Industry Licensing*, Emory Economics 0320, Department of Economics, Emory University, Atlanta, http://www.economics.emory.edu/Working_Papers/wp/thursby_03_20_paper.pdf.