

# Transferencia de tecnología y crecimiento económico: desafíos y perspectivas para el desarrollo en México.

*Technology transfer and economic growth: a comparative framework for transfer policy making in México*

**Antonio Chiapa Zenon**



**Palabras clave**  
*Cambio tecnológico*  
*Gestión de la innovación tecnológica y de la I+D*  
*Cambio tecnológico: opciones y consecuencias*  
*Política gubernamental*

**Key words**  
*Technological change*  
*Management of technological innovation and R&D*  
*Technological change: choice and consequences*  
*Government policy*

**Jel:** *O3, O32, O33, O38*

14

\* Profesor de la Facultad de Economía. Evaluador del Premio Nacional de Tecnología y de la Convocatoria para el reconocimiento de oficinas de Transferencia PROSOFT-INNOVATION  
email:antoniochiapa@gmail.com

## Introducción

El desarrollo industrial es un elemento fundamental para la explicación del crecimiento económico. Actualmente, los factores que impulsan el desarrollo de las industrias están asociados a la capacidad de las empresas para generar valor, innovación y cambio tecnológico.

Con mucha frecuencia la creación de productos novedosos requiere capacidades y conocimientos exógenos al conjunto de producción de las empresas, por tanto, los procesos de intercambio económico requieren de mayor colaboración y se hacen más complejos.

Estos esquemas de cooperación suceden, en su mayoría, a través de mecanismos informales de interacción.

En estas condiciones, los procesos de transferencia de tecnología (TT) se hacen cada vez más relevantes para el crecimiento económico, la difusión, adquisición y asimilación de la TT tiene importantes desafíos para el diseño de políticas públicas debido a que (i) es una actividad que ocurre de manera transversal a procesos de innovación, cambio tecnológico, desarrollo industrial e investigación aplicada, (ii) es un área de profesionalización reciente y (iii) se realiza a través de múltiples canales con un fuerte componente tácito. Para países en desarrollo con políticas de TT el reto consiste en la alineación de objetivos con otras políticas relacionadas, la articulación de los procesos de transferencia a distintos niveles de agregación y la definición de criterios de evaluación.

A partir de la revisión teórica y de experiencias en política de TT a nivel mundial, este artículo presenta herramientas para la evaluación y el análisis de las actividades de transferencia para el caso mexicano. Además, a partir del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2014-2018, se ofrece un panorama sobre los mecanismos de acción y sus resultados.

Por último, se presentan recomendaciones para replantear la dirección de la política de TT en nuestro país.

## I. Complejidad industrial y transferencia de tecnología

En la actualidad, las industrias y los procesos competitivos que las conforman, se encuentran en constante cambio. Los mercados se caracterizan por un creciente incremento en la complejidad de los modos de producción debido, principalmente, a factores en la demanda y la oferta. Sobre la demanda algunos estudios afirman que las preferencias de los consumidores se han vuelto más inestables y se ha incrementado la segmentación y la información disponible para identificar nichos de mercado (Ulrich, 1995; Ulrich y Eppinger, 2004).<sup>1</sup> Sobre la oferta, se afirma que la aparición de tecnologías como la biotecnología, la nanotecnología, los nuevos materiales, la radiofrecuencia, las TICs<sup>2</sup> y sobre todo, su convergencia, posibilitan (i) su introducción de manera transversal a muchas industrias (ii) la reconfiguración de los procesos productivos y (iii) procesos de innovación más dinámicos. Este incremento de complejidad se ha estudiado en industrias como la automotriz, software, cómputo, equipos electrónicos, aeroespacial, farmacéutica, comunicaciones, entre otras (Brusoni, Jacobides y Prencipe, 2011).

Las empresas que pertenecen a este tipo de industrias<sup>3</sup> se caracterizan por un alto grado de

1 Esto ha generado que la diversificación de producto sea una estrategia de mercado para industrias que generalmente utilizaban la estandarización como una medida en el corto plazo para reducir sus costos unitarios (Ulrich, 1995).

2 Tecnologías de la Información la Comunicación y el Software.

3 Estas características no se encuentran presentes de manera homogénea ni exhaustiva en las industrias manufactureras. Los sectores muestran un

innovación (producto, proceso, modelo de negocios e insumos) y la generación de nuevas arquitecturas o estructuras de gobernación para coordinar la producción (integración, modularización y formas intermedias de procesamiento del conocimiento). Las firmas integran, al pensamiento estratégico de la organización, la planeación de actividades de innovación y desarrollo tecnológico (IDT) (Iansiti, 1995). Las cadenas de distribución y proveduría presentan, por un lado, una mayor desintegración horizontal y vertical (Sturgeon, 2002; Brusoni y Prencipe, 2001), y por el otro, se observa una mayor colaboración y cooperación entre los agentes que participan en las etapas de producción<sup>4</sup> (Lundval, 2010; Helper, Macduffie y Sabel, 2005). Algunos autores han observado que el diseño de la producción se encuentra en función del diseño del producto (Ulrich, 1995), por lo que la eficiencia de una estructura de gobernación se hace a partir de la gestión del conocimiento (Aoki, 2014) y de la información de las preferencias de los consumidores (Langlois, 2002).

En la actualidad, las firmas se involucran, cada vez con mayor frecuencia, en procesos de IDT, al hacerlo, no sólo generan conocimiento y técnicas en función del esfuerzo interno creado en laboratorios, departamentos de I+D o la hiperespecialización de sus recursos humanos, sino que lo hacen a partir de la constante re-

dinamismo diferenciado a partir de la trayectoria de las empresas que lo conforman, el ciclo de vida de la tecnología, y las capacidades de producción, tecnológicas y de innovación acumuladas en las regiones. De esta manera, en función del país en el que se encuentren, estas industrias podrían presentar (i) poco dinamismo en función de las características antes mencionadas, (ii) una tasa muy baja de convergencia tecnológica y (iii) poco impacto por la introducción de nuevas tecnologías.

4 Se asume que los beneficios creados por la generación de aprendizaje para la innovación excede los costos de coordinación.

configuración de sus procesos (Henderson y Clark, 1990; Teece y otros, 1997), la innovación en formas de gobierno más eficientes para gestionar el conocimiento (Brusoni, 2002), la colaboración estratégica (Hsuan, 1998) y la cooperación con otras empresas, gobierno u otros agentes intensivos en ciencia (Ranga y Etzkowitz, 2013).

El aumento de complejidad en el panorama industrial moderno ofrece ventanas de oportunidad para países como México. Como afirma Szirmai (2012), debido al incremento en los procesos de globalización y al favorecimiento de mecanismos de transferencia de tecnología<sup>5</sup> (TT) entre países<sup>6</sup>, los procesos de catching-up se han acelerado en las industrias manufactureras de las naciones en desarrollo. A nivel micro, empresas pequeñas y medianas han incorporado actividades de TT a su modelo de negocios para aprovechar las oportunidades generadas por la transferencia de tecnología y el comercio internacional (Wani y otros, 2011). Sin embargo, la integración de estas actividades a las capacidades organizacionales de la firma no siempre genera los resultados ni el impacto necesarios para apropiarse de las rentas de las actividades de innovación. Existen fallos de coordinación debido que impiden a las empresas apropiarse de una mayor parte de los beneficios generados por la creación de

5 El término de transferencia de tecnología hace referencia a la transmisión de un cuerpo de conocimientos técnicos de una entidad a otra. Se dice que existe un proceso exitoso toda vez que el agente económico que recibe la tecnología logra asimilarla.

6 La visión macro de la transferencia de tecnología incluye (1) el flujo de recursos humanos a través de las instituciones de educación, (2) el flujo de la tecnología por medio del apoyo del sector público, como lo es la investigación y el licenciamiento de organizaciones internacionales y (3) el flujo de tecnología en el sector privado como podría ser la venta de productos al consumidor y la relación proveedor usuario en cadenas globales de valor (Barton, 2007; Lundvall, 2010).

productos novedosos (Aghion, David y Foray, 2009). Esto se debe a (i) las capacidades de absorción diferenciadas de los agentes, (ii) la mayor complejidad de los procesos de producción actuales, (iii) derechos de propiedad fragmentados con múltiples estructuras propietarias y (iv) los costos de transacción asociados a la estructura institucional (Niosi, 2011) que impiden la eficiente incorporación de tareas altamente especializadas y contextuales, como la TT, cuya frecuencia no es tan recurrente para aprovechar las economías de la gobernanza unificada (Williamson, 1992).

## II. La Transferencia de Tecnología como un elemento transversal de políticas asociadas al crecimiento económico

En distintos países se ha fomentado la creación de agentes intermedios, especializados en actividades de transferencia de tecnología (TT) a través del apoyo explícito de políticas públicas.

Desde los trabajos de Mansfield (1975) se reconoce el papel fundamental de la transferencia de tecnología en el crecimiento económico.

En países desarrollados y en vías de desarrollo, el desempeño de las industrias se encuentra en función de la eficiencia de los procesos que trasladan tecnología y conocimiento a diferentes partes del aparato productivo.

Desde hace algunos años, los economistas se percataron de la importancia de los efectos del la TT entre países y su impacto en los patrones comerciales globales (Wani y otros, 2011), actualmente, se afirma que para aprovechar las ventanas de oportunidad que ofrecen el comercio internacional y la TT, es necesario incorporar el análisis micro de este tipo de tareas.

Para mencionar los aspectos relevantes que se deben tomar en cuenta cuando se habla de TT y crecimiento económico, es necesario hacer un breve análisis de la evolución de las políticas que fomentan estas actividades.

Existen dos problemas para estudiar la evolución de las políticas de desarrollo relacionadas al cambio tecnológico e innovación (CTI): (i) la multiplicidad de objetivos y los vínculos complejos e indirectos con otros sectores (Molas-Gallart y Davies, 2006; y (ii) la diversidad de etiquetas asociadas a estas políticas y la forma en que han evolucionado (Martin, 2012). Las políticas que atienden el crecimiento económico a partir de elementos de CTI han evolucionado de manera casi coincidente con la complejidad del panorama industrial. Algunos autores señalan que esta transformación se puede analizar a partir del nivel de integración de un conjunto de políticas que se encuentran intrínsecamente relacionadas. De acuerdo con Rotwell y Dodgson (1992),<sup>7</sup> en una primera fase, los problemas de cambio tecnológico eran atendidos, de manera separada y poco coordinada, por la política industrial (PIInd) y la política científica (PC). El énfasis se encontraba, por un lado, en el apoyo a grandes empresas y la aglomeración industrial, por el otro, a la educación científica e investigación básica en universidades y laboratorios públicos. En una segunda etapa, la política de innovación (PI) sustituyó, en un solo marco normativo, a las actividades científicas y de apoyo industrial.

En esta fase, se apoyaron principalmente las actividades de innovación de empresas pequeñas y medianas, así como estímulos públicos e incentivos a la inversión en I+D.

Aunque se siguieron fomentando las actividades de investigación científica, los vínculos entre la universidad y la industria eran muy pobres. Finalmente, la política tecnológica (PT) incorporó actividades de ciencia, innovación y fomento industrial, a partir de iniciativas transversales que tenían como objetivo incrementar los vínculos universidad-empresa a partir de es-

<sup>7</sup> En su trabajo se estudian países de Europa, los Estados Unidos y Japón.

trategias no neutrales.<sup>8</sup> En esta fase se promueve la creación de empresas de base tecnológica y la disponibilidad del capital de riesgo.

Otros autores mencionan que han existido tres paradigmas, que aún coexisten, en la definición de política de desarrollo y cambio tecnológico. El primero se define a partir de la literatura de fallas de mercado (Nelson, 1959; Schot y Steinmueller, 2016; Bozeman, 2000). Tradicionalmente se hace énfasis en la falta de incentivos de las empresas para invertir en actividades de I+D debido a la naturaleza incierta de la innovación, de tal manera que los niveles óptimos sociales nunca se alcanzan.

En la actualidad se reconocen otras fallas de mercado como lo son (i) la imperfección en el mercado de capitales; (ii) derechos de propiedad complejos; (iii) deficiente información para actividades de planeación y distribución de los recursos y (iv) la falta de capacidades que aumenten el nivel de apropiabilidad de los beneficios de la inversión (Aghion, David y Foray, 2009). El segundo paradigma está asociado a la literatura de Sistemas Nacionales de Innovación (SNI). En la década de los ochentas las políticas eran orientadas por enfoques no neutrales a partir de la elección de tecnologías que se consideraban como emergentes y por tanto resultaba benéfico invertir en ellas para propiciar procesos de catching-up en el largo plazo.

El tercer paradigma es el de la colaboración. Se enfatiza el rol activo del gobierno y otros sectores como el académico, la cooperación inter sectorial, la participación de laboratorios federales, entre otros (Bozeman, 2000).

En éste se apoyó la creación de *clusters*, redes de innovación, distritos industriales, vínculos empresa- academia-gobierno (Schot y Seteinmuller, 2016).

<sup>8</sup> Las estrategias neutrales consisten en apoyar tecnologías a partir de criterios exclusivos del mercado. Por el contrario, las políticas no neutrales

Emergen nuevos mecanismos para promover la cooperación como la innovación abierta (Aghion, David y Foray, 2009). Tanto para las aglomeraciones industriales como para los ejercicios de apertura innovativa, son fundamentales las organizaciones encargadas de crear y transferir conocimiento (Aghion, David y Foray, 2009; Wani y otros, 2011). Por último, otros autores sugieren que el término más adecuado para referirse al conjunto de políticas relacionadas a los procesos de cambio tecnológico es el de Estudios de Innovación y Política de Ciencia (ElyPC)<sup>9</sup> (Martin, 2012). Éstos concuerdan en que los estudios de innovación deben hacer explícito el rol de las organizaciones en la distribución de recursos productivos para tareas de exploración, explotación de activos tecnológicos y en la construcción de capacidades de absorción de las empresas. Además, se debe incorporar la gestión del conocimiento al interior de las organizaciones y la forma en que éste se transforma a partir de redes de producción y acción colectiva, en especial, las actividades de transferencia al interior de alianzas estratégicas y formas de colaboración informal.

### III. Perspectivas macro y micro de la Política de Transferencia de Tecnología (PTT)

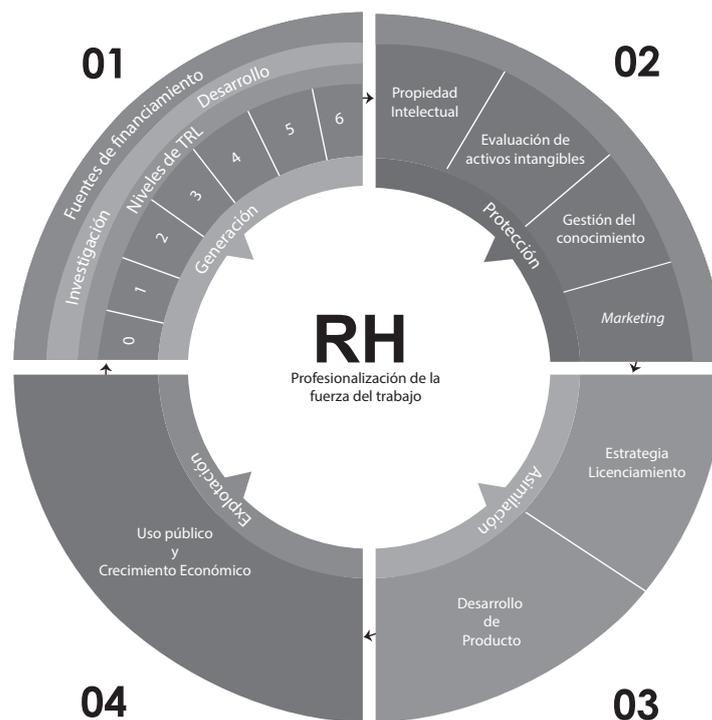
De acuerdo a Bozeman (2000) algunos indicadores señalan la relevancia creciente de la TT en el mundo, entre ellos destacan que (i) desde la década de los ochentas al menos 8 importantes iniciativas de transferencia de tecnología se han aprobado en el congreso de los Estados Unidos (EU) y tendencias similares se observan en el mundo; (ii) la profesionalización de las actividades en TT; (iii) literatura académica y la emergencia de un journal exclusivo a estas actividades.

<sup>9</sup> SPIS por sus siglas en inglés: Science Policy and Innovation Studies.

Aunado a lo anterior, casi la mayoría de las universidades de los EU y de la Unión Europea (UE) cuentan con una oficina de transferencia de tecnología (OTT) para comercializar la propiedad intelectual (Siegel, Reinilde y Wright, 2007). Con base en datos de la Academic Technology Transfers (AUTM), de 1996 a 2015 las OTT contribuyeron con 1.3 trillones al producto industrial bruto, 591 billones al producto interno bruto y han dado ocupación laboral a 4.3 millones de personas en EU.<sup>10</sup> En términos de Propiedad Intelectual (PI), en los últimos 25 años se han sometido 380,000 solicitudes de patente en centros de investigación americanos, de las cuales han sido otorgadas 80,000. Como resultado de la actividad inventiva de las universidades se han creado 11,000 start-ups desde 1995, y el 70 % de los licenciamientos que se han firmado con el sector empresarial ha sido con pequeñas empresas.

Estas tendencias también las presentan economías de otros países como la UE, Australia, Canadá y otros (Wright y otros, 2007: en Siegel, Veugelers y Wright, 2007).

Como parte de la articulación de las actividades en TT, el gobierno de los EU define programas de estado dedicados a promover el desarrollo económico basado en tecnología (DEBT) (Geiger y Sá, 2005). El DEBT es una estrategia que alinea a docenas de organizaciones relacionadas con ElyPC para fortalecer programas a nivel estatal que promuevan el acompañamiento de servicios a inventores, emprendedores y compañías establecidas a maximizar el impacto de sus activos tecnológicos.<sup>11</sup> El DEBT está incorporado al Instituto de Ciencia y Tecnología Estatal en los EU y ha sido diseñado a partir de las experiencias de aglomeraciones industriales como el Valle del Silicio, la región de investigación del Triángulo y la Ruta 128.<sup>12</sup>



<sup>10</sup> Todas las cifras en dólares.

<sup>11</sup> <https://ssti.org/TBED>

<sup>12</sup> Ibid.

Como se explicó en los primeros dos apartados, a partir de la complejidad productiva de las industrias, las políticas que promueven la TT deben acompañar a un conjunto de políticas relacionadas a la comercialización de activos tecnológicos desde una perspectiva multidimensional. Ésta puede estudiarse a partir del análisis del proceso vertical de transferencia,<sup>13</sup> las capacidades diferenciadas de las empresas y el entorno del Sistema Nacional de Innovación (SNI) (Wani y otros, 2011; Aghion, David y Foray, 2009). En la figura 1 se presenta un modelo macroeconómico de TT. En éste se pueden apreciar los elementos que conforman el ciclo de transferencia de tecnología en función de los aspectos del SNI que son indispensables para realizar una transferencia eficiente.

Desde la perspectiva basada en recursos se hace énfasis en la capacidad de las empresas por acumular habilidades que les permitan eficientar los procesos de cambio. En el centro del modelo se encuentran los recursos humanos que solventan las fases de I+D, valoración de activos tecnológicos, procesos de manufactura y comercialización. En la periferia se encuentran las actividades que definen el ciclo de TT a partir de estas cuatro etapas.

En la primera se muestran los niveles más básicos del Technology Readiness Level<sup>14</sup> (TRL) que van de la fase de invención hasta el desarrollo tecnológico; en la segunda se hallan las tareas de propiedad intelectual, evaluación de

activos y marketing; en la tercera se definen las estrategias de licenciamiento y desarrollo de producto y finalmente el uso y el crecimiento económico. En el exterior del círculo se encuentran dos factores importantes para las actividades de TT. Por un lado la cultura emprendedora y por el otro las fuentes de financiamiento. La primera es un elemento macro del marco institucional, definido por las restricciones formales (educación en universidades, cursos, diplomados, etcétera) y, sobre todo, las informales (los patrones de comportamiento que emergen a partir de los procesos de competencia en la industria).<sup>15</sup> La segunda es un elemento meso que requiere un fuerte componente de capital de riesgo con enfoques de mercado y dirigidos.

Este elemento de financiamiento se encuentra en la etapa de investigación y desarrollo tecnológico. Por último, se muestra un círculo interior que enfatiza la importancia de los mecanismos de transferencia de conocimiento en todo el proceso, a saber, generación, protección, asimilación y explotación.

Además de las consideraciones macro y meso, es necesario contar con herramientas para entender la dinámica de los elementos del nivel micro. Como se ha mencionado, las políticas de TT deben incluir los procesos que tienen lugar en la empresa y las capacidades diferenciadas de los agentes implicados en actividades de transferencia. Noteboom y otros (2007) afirman que la distancia cognitiva del personal que se involucra en procesos de innovación tiene fuertes implicaciones en el desempeño económico. En este mismo sentido, Sharif and Haq (1980) proponen el concepto de distancia tecnológica potencial (DTP), que es la diferencia en capacidades entre el que genera el conocimiento y el que lo asimila. Ellos

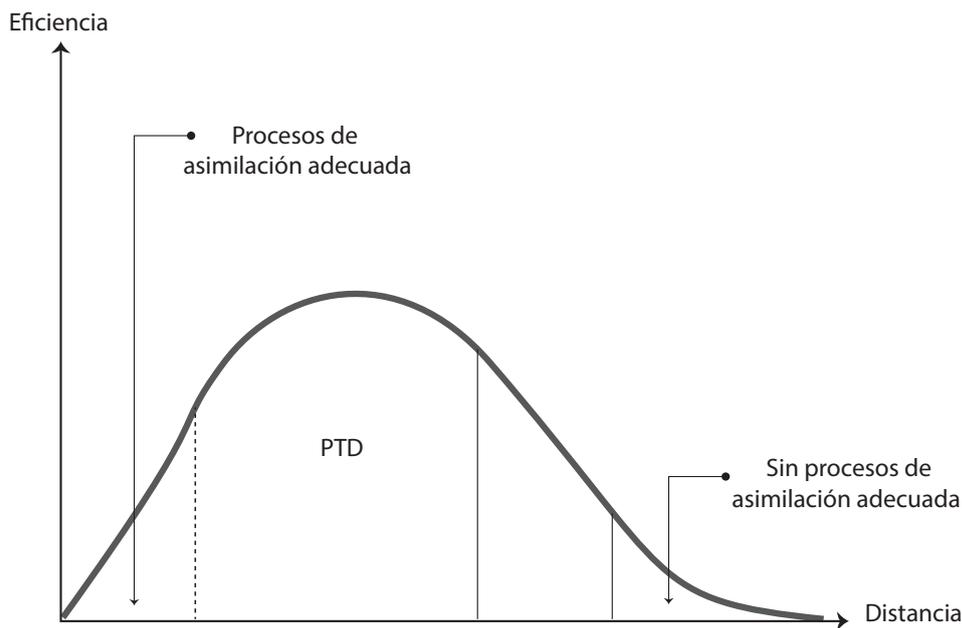
13 Se refiere a la transferencia tecnológica que se realiza de manera vertical a lo largo de la cadena de producción. Esto es de los insumos hacia la comercialización.

14 El TRL es una medida estandarizada que segmenta en nueve fases el ciclo de la tecnología. El primero de estos niveles es la investigación básica y el último la venta del primer lote de producción en el mercado. Por tanto, el TRL es una herramienta de niveles ascendentes, lineales y secuenciales. Por su simplicidad es ampliamente usada para múltiples sectores industriales y tecnológicos.

15 Se utiliza la segmentación del trabajo propuesta por Aoki (1990).

afirman que cuando la DTP es muy pequeña o muy grande la efectividad de la transferencia es muy baja.

Este trabajo afirma que las capacidades diferenciadas de las firmas que constituyen la distancia cognitiva entre agentes se encuentra en función de habilidades organizacionales (Nelson y Winter, 1982), tecnológicas (Bell y Pavit, 1995) y de absorción (Zahra y George, 2002). Además, la transferencia debe ser evaluada en términos de eficiencia y no de efectividad. La efectividad se mide a partir del grado de asimilación del *know why* y *know how* de la tecnología que se transmite. En la gráfica 2 se muestra la relación entre la eficiencia y la distancia de capacidades (DDC). Para valores bajos de la DDC el aprendizaje es casi nulo o redundante (región 1).



Cuando la diferencia es considerable (región 2) las tasas de aprendizaje pueden reducir el *gap* tecnológico entre los agentes. En esta región es importante analizar (i) el tipo de transferencia que se lleva a cabo:

1. intensiva en comercialización;
2. intensiva en valoración de activos intangibles;
3. intensiva en manufactura;
4. intensiva en investigación y desarrollo.

Y (ii) la forma en que se evalúa el impacto. Algunos autores sugieren que el análisis de impacto debe tomar en cuenta los siguientes criterios (i) *out-the-door*,<sup>16</sup> (ii) impacto de mercado -a nivel de la firma-; (iii) desarrollo económico -región o país-; (iv) costos de oportunidad<sup>17</sup> (Bozeman, 2000).

16 Se basa en el hecho de que la organización receptora recibió la tecnología por parte del agente generador, sin ninguna consideración de su impacto, en la firma o en la región.

17 Examina no sólo los usos alternativos de los recursos para actividades de transferencia sino de otras tareas u objetivos de la empresa beneficiaria.