

MPRA

Munich Personal RePEc Archive

Determinants of technical efficiency in R&D activities for Spanish Technological Institutes

Ramón Núñez-Sánchez and Aurelia Modrego-Rico

Universidad de Cantabria, Spain, Universidad Carlos III de Madrid

November 2004

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/38685/>
MPRA Paper No. 38685, posted 9 May 2012 17:50 UTC

Determinantes de la eficiencia técnica en las actividades I+DT de los Centros Tecnológicos españoles

Ramón Núñez Sánchez^{*}
Aurelia Modrego Rico^{**}

Resumen

Uno de los objetivos más importantes de la política de innovación en la mayor parte de las naciones industriales avanzadas, es la creación de infraestructuras de soporte a la innovación, que faciliten la transmisión del conocimiento tecnológico a las empresas para que éstas puedan dotarse de las herramientas más útiles y eficaces para mejorar su competitividad. Entre ellas destacan los Centros Tecnológicos, organizaciones sin ánimo de lucro destinadas a prestar servicios tecnológicos en áreas que contribuyan a facilitar y fortalecer la innovación empresarial. El objetivo de este trabajo es estudiar la eficiencia técnica relativa de los centros tecnológicos españoles en la realización de una de sus actividades principales: las actividades de I+DT, así como los factores que determinan las diferencias de eficiencia técnica entre CTs. Algunas conclusiones de este trabajo son las relaciones existentes entre el nivel de eficiencia técnica en las actividades de I+DT del CT y el tamaño, la localización geográfica y el número de empresas clientes del centro.

Palabras clave: Organizaciones sin ánimo de lucro; Economía de la producción; Data Envelopment Analysis.

Clasificación JEL: L31; D24.

^{*} Universidad de Cantabria. Avda. Los Castros, s/n. 39005. Santander. Tfno. 942206728. Fax. 942201603. nunezr@unican.es

^{**} Universidad Carlos III de Madrid. C/ Madrid, 126. 28903. Getafe (Madrid). Tfno. 916249888. modrego@eco.uc3m.es

Introducción

Durante las últimas décadas, en distintos países se han creado diferentes tipos de entidades intermediarias entre proveedores y usuarios de tecnología. Entre ellas destacan los Centros Tecnológicos (CTs), también conocidos en la literatura como *Research and Technology Organisations (RTOs)* *Research & Technology Institutes* o simplemente *Technology Institutes*. Estos centros están destinados a prestar servicios tecnológicos (realización de actividades de I+DT, asesoramiento y asistencia técnica, difusión tecnológica, formación), en áreas que contribuyan a facilitar y fortalecer la innovación empresarial, y por ende su competitividad.

La importancia de estas entidades es mucho mayor en contextos en los que, como el caso español, las empresas son de pequeñas dimensiones, están concentradas en sectores tradicionales y no tienen tradición innovadora, o su esfuerzo en materia de innovación no alcanza el umbral necesario para desarrollar y comercializar con éxito nuevos productos y procesos y mantienen un alejamiento con las Universidades y los Organismos Públicos de Investigación (OPIs).

Hasta este momento, son pocos los trabajos que han tratado de estudiar la figura de los CTs como instituciones que facilitan la transferencia de tecnología a sus empresas clientes. COTEC (1998) estudia el papel de los CTs españoles dentro del Sistema de Innovación español, mientras que Barceló y Roig (1999) elabora una tipología de CTs españoles según su origen así como establece sus factores de éxito. Giral (1999), por su parte, analiza la aportación de los CTs al tejido industrial y trata de establecer una estructura de financiación que les permita establecer líneas de investigación propias. Santamaría (2001), establece un modelo teórico de agencia que trata de capturar los factores sobre los que se basa la relación entre los CTs y las empresas clientes.

Un análisis más detallado de la situación de los CTs españoles ha sido realizado por el Laboratorio de Análisis y Evaluación del Cambio Técnico perteneciente al Instituto Flores de Lemus de Estudios Avanzados en Economía dentro del proyecto “Evaluación de los CTs españoles”, en el que se identifica y analiza las actividades medulares del CT, se establece un modelo de funcionamiento de los CTs, y se elabora una taxonomía de los CTs españoles.

En este trabajo se trata de estudiar la eficiencia técnica¹ de los CTs en la realización de una de sus actividades principales: las *actividades de I+DT*, así como los factores que determinan las diferencias de eficiencia técnica entre CTs. Tradicionalmente, los estudios de eficiencia técnica han tratado de evaluar organizaciones productivas que funcionan bajo mecanismos diferentes al de mercado (universidades, hospitales, aeropuertos, etc.), así como industrias con antiguas estructuras monopolísticas que han entrado en un proceso de liberalización económica (telecomunicaciones, energía, transporte, etc.). En el caso de los CTs, parece interesante estudiar su eficiencia técnica dadas sus especiales características, organizaciones no lucrativas con esquemas mixtos de financiación, compuestos por fondos públicos destinados a realizar actividades de I+DT que generan conocimiento tecnológico, y por fondos procedentes de empresas, destinados a actividades de transferencia de ese conocimiento tecnológico generado al sector productivo de acuerdo con las necesidades existentes. El hecho de que se estudie únicamente la eficiencia técnica de las actividades de I+DT se debe a dos motivos. En primer lugar, porque es la actividad que genera un mayor volumen de ingresos al CT y en segundo lugar, porque si en algo se distinguen los CTs de otras organizaciones, como pueden ser empresas consultoras, es en la realización de actividades de I+DT con el objeto de obtener conocimiento tecnológico para su transferencia a las empresas clientes en función de sus necesidades, a través de la prestación servicios de carácter tecnológico de alto valor añadido.

Para el estudio de la eficiencia técnica relativa de las actividades de I+DT y de los factores que explican las diferencias en la eficiencia se usan dos métodos. En la primera parte del análisis, la metodología empleada parte de la especificación de una frontera de eficiencia. Esto implica el uso de programas de optimización lineal que proporcionan información sobre la máxima cantidad de producto alcanzable para cada conjunto de factores de producción. Para medir la eficiencia técnica de las empresas se compara el producto observado en cada uno de los centros con el óptimo definido por la frontera estimada. En la segunda etapa del análisis, asumiendo que la eficiencia técnica difiere entre centros tecnológicos en función de ciertas

¹ Entendiendo eficiencia como la consecución de unos objetivos de producción con un consumo adecuado de factores de producción.

características de los mismos, se estima un modelo de regresión mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios.

Los datos empleados en este trabajo provienen de la encuesta elaborada en el año 2000 por el Laboratorio de Análisis y Evaluación del Cambio Técnico para el proyecto de Evaluación de los Centros Tecnológicos españoles. Esta encuesta recoge información completa sobre la situación de los CTs españoles considerando su historia, sus características generales, su impacto, los recursos de los que disponen, la forma en que se gestionan, las relaciones con el entorno y su evolución.

El resto del trabajo se organiza de la siguiente manera. En una primera parte se caracteriza la figura del centro tecnológico tratando de justificar su existencia desde un punto de vista teórico. En el segundo punto, se enmarca la figura del Centro Tecnológico dentro del Sistema de Innovación. En la tercera parte, se establecen algunas hipótesis teóricas a contrastar empíricamente acerca de las variables que determinan la eficiencia técnica de los centros tecnológicos. En la cuarta parte del trabajo se presentan las técnicas que evalúan la eficiencia técnica relativa. El quinto punto presenta los datos empleados en el análisis y la especificación empírica a contrastar. Los resultados de las estimaciones y su contrastación con las hipótesis teóricas se presentan en el sexto apartado. En la última parte del trabajo se enumeran las principales conclusiones que se desprenden del trabajo empírico así como algunas implicaciones de política económica.

1. Una aproximación a los Centros Tecnológicos españoles

Tal y como señalan Barceló y Roig (1999), los Centros Tecnológicos constituyen un fenómeno europeo que ha tenido un fuerte desarrollo en los años 80. A pesar de que una de las características de la población de CTs es su heterogeneidad² se pueden distinguir algunas características comunes en los CTs europeos.

- a) Se trata de organizaciones de dimensiones relativamente reducidas, que se desarrollan en función de las necesidades específicas del entorno empresarial.

² En el informe del proyecto “Evaluación de los CTs españoles”, se elabora una taxonomía de los CTs españoles en función de varias variables, la intensidad de las actividades de I+DT sobre el resto de actividades, la diversidad de las actividades que realiza el CT, y el tamaño del CT.

- b) Suelen tener un origen regional, aunque a menudo su desarrollo les lleva a mercados y redes supraregionales.
- c) Son entidades con un componente no lucrativo, aunque su organización es similar al resto de empresas privadas, con una orientación activa hacia el mercado, tanto en su estructura organizativa como en sus políticas de marketing estratégico y operativo que pasan por la realización de estudios de mercado y acciones de promoción comercial adecuadas a cada tipo de producto y mercado.
- d) Suelen ser de iniciativa privada, con apoyo público más o menos explícito y en sus órganos de gobierno pueden estar representados ambos sectores privado y público.
- e) Son centros que tienden a un alto nivel de autofinanciación de sus actividades, aunque sus inversiones suelen financiarse mediante esquemas mixtos público-privado.

Desde el punto de vista administrativo, una de las características necesarias para que en España se pueda denominar a una entidad como Centro de Innovación y Tecnología (CIT) es que sean entidades privadas sin ánimo de lucro que realicen actividades de I+DT dentro del territorio español.

Sin embargo, la población de centros españoles, no se dedica exclusivamente a actividades relacionadas con la I+DT, sino que en la mayoría de los casos, provee a las empresas de servicios de carácter tecnológico: asistencia técnica (ensayos, homologaciones, certificaciones,..) asesoramiento tecnológico (auditorías tecnológicas, informes, gestión del conocimiento,...) y formación.

2. El CT dentro del Sistema de Innovación

Las políticas de apoyo a la creación de estos centros como entidades que cooperan con empresas en materia tecnológica, sobre todo en realización de proyectos I+DT conjuntos, pueden ser justificadas a través de la teoría económica.

En general, dentro la estrategia innovadora (definida como la combinación de las diferentes actividades del proceso innovador) de una empresa se puede distinguir tres formas de adquisición de conocimiento tecnológico. En primer lugar, la empresa puede obtener conocimiento tecnológico de forma interna, a través de actividades de investigación y desarrollo tecnológico (I+DT) realizadas en la propia empresa. En

segundo lugar, la empresa puede adquirir conocimiento tecnológico comprando tecnología en el mercado, adquiriendo patentes, licencias, etc. Por último, las empresas pueden adquirir conocimiento tecnológico mediante acuerdos de cooperación tecnológica con otras empresas, CTs, universidades, OPIs, etc. El CT dentro de estos acuerdos de cooperación, tendría la misión de mejorar la accesibilidad de conocimiento tecnológico a las empresas, generado a través de su propia actividad interna o de sus relaciones con otros agentes. Los incentivos por parte de las empresas para formar acuerdos de cooperación tecnológica han sido objeto de trabajos recientes (D' Aspremont y Jacquemin, 1988, Cassiman y Veugelers, 2002, Katsoulacos y Ulph, 1998, Alonso y Marín, 2001).

Las actividades de I+DT, en términos de nuevo conocimiento, presentan dos fallos de mercado: la apropiabilidad imperfecta de los rendimientos de investigación y la existencia de un coste social de difusión del conocimiento muy superior al socialmente óptimo (Spence, 1984). La existencia de spillovers o efectos desbordamiento derivados de las actividades de I+DT realizadas por las empresas, tiene como consecuencia una subinversión en dichas actividades debido a la imposibilidad de internalizar los rendimientos obtenidos de la investigación. Esto supone que no se llegue a alcanzar una inversión socialmente óptima. Esta situación se intenta resolver con diferentes mecanismos de actuación por parte de las Administraciones Públicas (AAPP).

La posibilidad de crear incentivos a las empresas mediante patentes u otros mecanismos que protejan el nuevo conocimiento generalmente establece un precio de monopolio, muy superior al coste de transmisión. La creación de acuerdos de cooperación tecnológica entre empresas (Research Joint Ventures en la literatura anglosajona) tendrían como objetivo internalizar los flujos de información o spillovers producidos por la actividad investigadora de ese conjunto de empresas, produciéndose como consecuencia, asignaciones más eficientes en la provisión del bien.

Estudios tanto teóricos como empíricos (Katsoulacos y Ulph, 1998; Cassiman y Veugelers, 2002) han demostrado que las empresas que tienen mayores incentivos a realizar este tipo de acuerdos poseen una capacidad de absorción de conocimiento alta y un cierto control de los flujos de información que transmiten al exterior. Las empresas pequeñas y medianas sin una mínima capacidad de absorción de los

spillovers producidos por otras empresas y sin control de los flujos de información tienen serias dificultades para llegar a realizar acuerdos de cooperación tecnológica. En estas condiciones los centros tecnológicos podrían tener un papel importante en la misión de producir tecnología o mejoras tecnológicas que facilitaran la asimilación de conocimiento a las empresas que no tienen capacidad crítica para investigar o las que, si bien disponen de una actividad investigadora buscan la complementariedad de las investigaciones.

Algunos trabajos (Santamaría, 1999) señalan la importancia que tiene el factor confianza para las empresas que forman parte de estos acuerdos. Siendo su objetivo la maximización de beneficios, su estrategia óptima en acuerdos de cooperación tecnológica es el aprovechamiento de los spillovers externos tratando de minimizar los spillovers internos (Cassiman y Veugelers, 2002). De esta forma, las empresas pueden tener más incentivos a establecer acuerdos de cooperación tecnológica de carácter tecnológico con organismos cuyo objetivo no sea la maximización de beneficios como es el caso de los CTs que presumiblemente contribuirían a hacer más eficaces este tipo de acuerdos.

3. Hipótesis teóricas

En la literatura existente sobre CTs no se ha encontrado ningún marco metodológico de análisis que haya abordado el estudio de la eficiencia técnica relativa de centros tecnológicos y de los factores que contribuyen a alcanzarla. Por el contrario, sí se han encontrado diversos estudios para empresas y otros organismos sin ánimo de lucro como universidades, hospitales, centros de salud, etc que han servido de referencia, no tanto para establecer hipótesis de partida sino como punto de referencia para obtener un marco metodológico de análisis propio. A partir de la amplia revisión bibliográfica acerca de los CTs ha sido posible establecer algunas hipótesis de partida acerca de los determinantes de la eficiencia técnica de los centros tecnológicos españoles, que posteriormente, se contrastarán con los datos.

Relación entre el tamaño del centro y el nivel de eficiencia técnica.

El estudio de centros tecnológicos, y los resultados de trabajos empíricos realizados con datos de empresas (Jovanovic, 1982), parecen indicar que las organizaciones más grandes son más eficientes que las pequeñas debido a un proceso de selección, según

el cual las organizaciones que han adquirido una serie de habilidades crecen y sobreviven, mientras que las ineficientes acaban desapareciendo. Podría pensarse que introducir una variable de tamaño, como son los ingresos totales, puede considerarse un error en la especificación empírica ya que podría existir una posible endogeneidad de la variable. Sin embargo, en el caso de los centros tecnológicos, se considera que existen otros factores, como la proximidad a las Administraciones Públicas o la existencia de monopolios locales que influyen de manera más significativa en la variable ingresos que la eficiencia técnica de las actividades en I+DT.

Se podría afirmar por tanto que:

Hipótesis 1: Los centros de mayor tamaño, medido éste por los ingresos totales, son más eficientes desde el punto de vista técnico en la producción de actividades de I+DT.

Relación entre la eficiencia técnica de los centros y su localización geográfica.

El País Vasco y la Comunidad Valenciana fueron las primeras regiones españolas que consideraron a los centros tecnológicos como elemento clave para la transferencia de tecnología y apoyo a la innovación tecnológica en el tejido empresarial regional (Olazarán, 2001). Por ello, se podría decir que,

Hipótesis 2: Los centros situados en el País Vasco y la Comunidad Valenciana son más eficientes desde el punto de vista técnico en actividades de I+DT que el resto de centros ubicados en otras regiones españolas.

Relación entre la colaboración del centro tecnológico con otras entidades que realizan investigación y el nivel de eficiencia técnica de los centros.

La cooperación entre universidades y centros tecnológicos contribuye a la obtención de mejores resultados si se realiza con el objeto de la búsqueda de complementariedades en las actividades de investigación, evitándose, de esta manera, duplicidades en inversiones y mejorando el flujo de información entre una organización más relacionada con la investigación básica y otra relacionada con la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico. Por tanto,

Hipótesis 3: Los centros que cooperan en mayor medida con universidades serán más eficientes desde el punto de vista técnico en la producción de actividades de investigación y desarrollo.

Relación entre el nivel de eficiencia técnica de los centros y el número de empresas con las que colabora.

Santamaría (2001), muestra que las empresas que colaboran con centros tecnológicos españoles consideran clave el factor confianza en sus acuerdos con los CTs. Para el centro, porque “su supervivencia está fundamentada en la generación continuada de proyectos, justificándose la reputación como inductor de confianza”. Para la empresa, porque busca un socio en sus acuerdos de cooperación tecnológicos, que le permita compartir costes en las inversiones de I+D y obtener flujos de información del centro. Los acuerdos más eficaces, por tanto, son aquellos duraderos y estables en el tiempo. Dado que el centro puede tener restricciones de capacidad a la hora de realizar proyectos, formulamos la siguiente hipótesis:

Hipótesis 4: Los centros con un número menor de empresas clientes son más eficientes desde el punto de vista técnico en actividades de I+D.

4. Modelos de medida de eficiencia técnica relativa

El concepto de eficiencia que se emplea en la teoría económica es el de optimalidad paretiana. Decimos que una asignación es eficiente en el sentido de Pareto cuando no es posible reasignar los recursos existentes de tal forma que algún individuo mejore sin que otro empeore. Esto se cumple cuando se garantiza la eficiencia en la producción, en el intercambio y la eficiencia global.

En este trabajo, nos interesa analizar la eficiencia técnica en la producción de actividades de I+DT desde una perspectiva microeconómica para una muestra de centros tecnológicos españoles. En este sentido podemos distinguir dos tipos de eficiencia en la producción: la eficiencia técnica y la eficiencia asignativa.

La *eficiencia técnica* es un concepto tecnológico que se apoya en las cantidades de los inputs y outputs de la función de producción que se quiere estudiar. Podemos estudiar la eficiencia técnica tanto desde el punto de vista de los inputs como de los outputs. En el primer caso se define como la cantidad mínima de inputs combinados en una determinado proporción, necesaria para obtener un nivel dado de output, en el segundo caso como la máxima cantidad de output producida para una combinación específica de factores de producción.

La *eficiencia asignativa* se define como el coste mínimo de producir un nivel de producto cuando se emplean las proporciones óptimas de inputs dados sus respectivos precios y productividades marginales. Hay que tener en cuenta que el hecho de que una unidad de producción sea eficiente desde el punto de vista técnico no implica que lo sea desde el punto de vista asignativo, ya que al tener en cuenta los costes de los inputs puede ser que no se utilice la proporción adecuada de los mismos.

La evaluación de la eficiencia en la producción exige tratar de obtener una función de producción que caracterice el proceso productivo de las entidades objeto de evaluación. La identificación de la tecnología de producción del sector es fundamental para la definición de las variables inputs y outputs relevantes que permitan caracterizar la función de producción.

Charnes, Cooper y Rhodes (1978) elaboraron un modelo denominado *Data Envelopment Analysis (DEA)*, a partir del método pionero propuesto por Farrell (1957) para medir la eficiencia. El modelo trata de calcular un espacio o frontera de producción empírica mediante técnicas de programación lineal capaces de estimar la eficiencia técnica de las unidades de producción suponiendo la existencia de rendimientos constantes a escala (CRS).

El criterio empleado para calcular esa frontera de producción es la noción paretiana de eficiencia. Se considera que una unidad es eficiente si no existe otra unidad en la muestra que produzca más de alguno de los outputs sin producir menos de alguno y sin utilizar más de alguno de los recursos productivos o bien, si no existe ninguna unidad que produzca los mismos outputs con menos de algún factor productivo. La medida de eficiencia que se calcula es una medida relativa. En primer lugar se identifican las unidades productivas eficientes que exhiben las mejores prácticas técnicas, y que definirán por tanto la frontera de posibilidades de producción. A continuación se mide la eficiencia de las restantes observaciones evaluando la distancia o desviación de cada una de ellas con respecto a las unidades denominadas eficientes.

El modelo de Charnes et al. (1978) en términos matemáticos sería de la siguiente manera:

$$\text{Max}_{u,v} \frac{\sum_{m=1}^M U_m Y_{m,j}}{\sum_{n=1}^N V_n X_{n,j}}$$

s.a.

$$\frac{\sum_{m=1}^M U_m Y_{m,j}}{\sum_{n=1}^N V_n X_{n,j}} \leq 1, j = 1, 2, \dots, I$$

$$U_m, V_n \geq 0, \forall m, n$$

donde: $Y_{m,j}$ = unidades de output m que obtiene la empresa j ;

$X_{n,j}$ = unidades de input n que consume la unidad j ;

U_m = ponderación asignada al output m ;

V_n = ponderación asignada al input n ;

I = número de unidades analizadas;

M = número total de outputs;

N = número total de inputs.

Para cada unidad se estaría maximizando el valor de su ratio de eficiencia relativa, que se define como el cociente de la suma ponderada de los outputs entre la suma ponderada de los inputs, con la condición de que el valor máximo asignable al resto de unidades fuese igual o menor que uno. Las ponderaciones asignadas a los inputs y los outputs, U_m e V_n , serían valores a estimar mediante el problema de maximización condicionado. Las ponderaciones obtenidas representan los valores atribuidos a cada input y output que suministran el mayor índice de eficiencia posible a cada unidad y que cumplen con la restricción de que esta combinación de ponderaciones al aplicarlas al resto de unidades genera un índice de eficiencia comprendido entre cero y uno y además las ponderaciones deben ser mayores que cero. Una unidad dará mayores ponderaciones a los inputs que utiliza menos y a los outputs que produce en una cantidad mayor, ya que el problema trata de obtener la valoración en términos de eficiencia más favorable posible.

Dado que el modelo anterior tiene una resolución compleja, Charnes et al. (1978) introducen una nueva restricción que transforma el modelo fraccional en un modelo lineal. Esta transformación puede efectuarse de dos maneras diferentes, según la orientación output o input del problema, lo que da lugar a dos versiones lineales del problema del modelo RCE, maximizando el numerador manteniendo fijo el denominador o bien minimizando el denominador manteniendo constante el numerador. Sin embargo, tal y como señalan Färe y Lovell (1978), bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala, las medidas orientadas a los inputs y aquellas orientadas a los outputs muestran medidas equivalentes de eficiencia técnica.

Si usamos la orientación a los outputs, el nuevo problema de programación lineal tiene asociado un programa dual, cuya resolución es más sencilla, ya que presenta un número menor de restricciones que su primal, aumentando la eficiencia del cálculo del algoritmo.

La versión dual del problema de programación lineal primal con una orientación bajo los outputs queda de la siguiente manera:

$$\text{Max}_{\eta, \lambda} \eta_j$$

$$\text{s.a.} \sum_{j=1}^I \lambda_j Y_{m,j} = \eta_j Y_{m,j} + S_m \quad m = 1, \dots, M$$

$$\sum_{j=1}^I \lambda_j X_{n,j} = X_{n,j} - S_n \quad n = 1, \dots, N$$

$$\lambda_j, S_m, S_n \geq 0$$

donde: $\sum_{j=1}^I \lambda_j Y_{m,j}$ = nivel de outputs de la unidad modelo resultante de

combinaciones lineales de dos o más unidades eficientes

$\sum_{j=1}^I \lambda_j X_{n,j}$ = nivel de inputs de la unidad modelo resultante de combinaciones

lineales de dos o más unidades eficientes

$\eta_j Y_{m,j} + S_m$ = nivel de outputs de la unidad evaluada j

$X_{n,j} - S_n$ = nivel de inputs de la unidad evaluada j

Se observa que en el modelo RCE dual con una orientación output, la función exige la maximización del índice de eficiencia técnica relativa η_j . De esta manera, el

modelo trata de determinar el máximo incremento radial de producción $(1 - \eta_j)$, que debe realizar una unidad productiva para ser eficiente manteniendo constantes los niveles de input utilizados.

Tal y como señalamos anteriormente, la versión dual del problema tiene una resolución más sencilla. Mientras que la versión primal requiere $I+1$ restricciones y $M+N$ variables, esta versión permite tener menos restricciones ($M+N$) y un número mayor de variables ($I+1$). El valor de η_j será el nivel de eficiencia de la unidad j -ésima de producción, igual o mayor a uno. Las variables λ_j son los parámetros a partir de los que se construye el grupo de referencia de la unidad productiva objeto de evaluación. Las variables S_m, S_n son las variables de holgura de cada una de las $M+N$ restricciones del modelo.

5. Datos y especificación empírica

Como ya hemos visto en el apartado 1, cuando se ha definido la figura del CT, la población de los centros españoles se caracteriza por ofrecer una variada oferta de servicios a sus empresas clientes, desde la realización de proyectos I+DT, hasta la impartición de cursos de formación. Sin embargo, en este estudio, con el objeto de simplificar el análisis, se ha considerado oportuno estudiar únicamente la eficiencia técnica de las actividades de I+DT. El hecho de estudiar las actividades de I+DT de los CTs se debe a dos motivos. En primer lugar, porque es la actividad que genera un mayor volumen de ingresos al CT, y en segundo lugar, porque si en algo se distinguen los CTs de otras organizaciones, como pueden ser consultoras, es en la realización de actividades de I+DT con el objeto de obtener conocimiento tecnológico para su transferencia a las empresas clientes en función de sus necesidades, a través de la prestación servicios de carácter tecnológico. Es por tanto necesario resaltar la gran importancia de las actividades de I+DT dentro de la cartera de actividades que realiza un CT.

Para estimar la eficiencia técnica de la I+DT se utilizan los datos de la Encuesta de Evaluación de Centros Tecnológicos españoles, correspondientes al año 2000 realizada por el Instituto de Estudios Avanzados en Economía Flores de Lemus

perteneciente a la Universidad Carlos III de Madrid. La población de la encuesta comprende los centros inscritos en registro CIT (Centros de Innovación y Tecnología) del Ministerio de Ciencia y Tecnología y aquellos pertenecientes a FEDIT (Federación de Entidades de Innovación y Tecnología). Así, la cifra total de CTs encuestados ha sido de 83, de los cuales 73 pertenecen al registro CIT y 62 a FEDIT, lo que indica que la mayor parte del colectivo de CTs pertenece a ambas entidades a la vez. La tasa de respuesta fue de un 73%, aunque para dar una mayor fiabilidad al análisis se ha trabajado sólo con centros que ofrecían una información de mayor calidad, por lo que finalmente el número de observaciones se redujo a 41 centros.

La limitación de observaciones disponibles, supone a su vez una restricción para el número de variables inputs y outputs que intervienen en el análisis ya que, para que los resultados obtenidos en el análisis DEA puedan considerarse fiables, existe una regla según la cual el número de inputs y outputs debe ser igual o menor que el número total de observaciones dividido por tres. El modelo por tanto se compone de un output y dos inputs. El output o producto del centro se mide en términos de valor añadido, definido como la suma de los ingresos provenientes de las actividades de I+DT menos las subvenciones a la explotación procedentes de AAPP y los gastos externos y compras referido todo ello a actividades de I+DT. Los dos inputs, son: el número de empleados que realizan actividades de I+DT, incluidos becarios, y el stock de capital, definido como el valor del inmovilizado material en equipos informáticos menos la amortización acumulada

Dado que se emplea el DEA en el análisis, no es necesario suponer ninguna tecnología específica para la función de producción. El programa calculará los índices de eficiencia productiva relativa para cada uno de los centros, siendo eficientes los centros con un valor igual a uno. Los supuestos de partida en el análisis son únicamente dos. Por un lado la orientación del análisis, que se supone hacia el output, es decir que los centros tratan de maximizar la producción de las actividades de I+D sujetos a un nivel dado de trabajadores y de stock de capital. La elección de una orientación hacia el output se ha realizado suponiendo que los centros tecnológicos, en términos relativos, tienen un mayor control sobre los outputs que sobre los inputs. El otro supuesto a formular para ejecutar el DEA es el relativo a la existencia o inexistencia de rendimientos variables a escala. En este caso se supone

que existen rendimientos constantes a escala, es decir que todos los centros operan a una escala óptima y por tanto no existen ineficiencias de escala. A pesar de hacer este supuesto, se calcularon los modelos bajo rendimientos variables a escala para observar el índice de eficiencia de escala de los centros siendo, como se verá en el siguiente apartado, los resultados similares.

Una vez obtenido el índice de eficiencia técnica relativa para cada uno de los centros de la muestra, realizamos un segundo análisis en el que se trata de evaluar la incidencia de las diferentes características del centro sobre la eficiencia técnica. Para este análisis, se consideran las siguientes variables:

La variable *EF* se define como el indicador de eficiencia técnica relativa que toma valores entre cero (si el centro es totalmente ineficiente) y uno (si el centro es eficiente), obtenido del análisis DEA.

La información contenida en la muestra permite construir una serie de variables relacionadas con las hipótesis teóricas enunciadas previamente. La variable asociada a la hipótesis 1 es *logITOT* que mide el logaritmo de los ingresos totales del centro, indicador que muestra el tamaño.

PV y *VAL* son variables dicotómicas, que expresan la situación geográfica del centro. La variable *PV* toma el valor uno cuando el centro está localizado en el País Vasco, y cero en caso contrario. Mientras que la variable *VAL* toma valor uno cuando el centro está en la Comunidad Valenciana, y valor cero en caso contrario.

logUNI representa el logaritmo del número de universidades que colaboraron con el centro.

logEMP, el logaritmo del número de empresas clientes.

Los estadísticos descriptivos de estas variables aparecen en la tabla 1.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de las variables

	EF	logITOT (M. De Eur.)	PV	VAL	logUNI	logEMPR
Media	0,410622	1,626	0,297297	0,243243	2,332	6,622
Mediana	0,251	1,238	0	0	1,792	5,858
Máximo	1	2,742	1	1	3,951	8,351
Mínimo	0,011	-0,637	0	0		
Desviación típica	0,316844	1,437	0,463373	0,434959	2,417	6,858

Una vez estimado el modelo se contrastarán las hipótesis de que los parámetros de las variables explicativas del nivel de eficiencia técnica sean cero, tanto de forma individual como de forma conjunta.

$$EF_i = \beta_0 + \beta_1 \log(ITOT_i) + \beta_2 PV_i + \beta_3 VAL_i + \beta_4 \log(UNI_i) + \beta_5 \log(EMPR_i) + \varepsilon_i$$

En el apartado correspondiente a las hipótesis teóricas, afirmamos que los centros con un mayor tamaño deberían ser más eficientes en la producción de actividades de I+DT, por tanto, se esperaría que el coeficiente de la variable logITOT, que indica el tamaño del CT, fuese estadísticamente significativo y tuviese signo positivo. En cuanto a la relación entre la eficiencia técnica en actividades de I+DT y su localización geográfica, se hizo la hipótesis de que los CTs situados en las regiones del País Vasco y de la Comunidad Valenciana serían más eficientes que los CTs situados en otras regiones, por lo que se esperaría que los coeficientes de las variables PV y VAL fuesen estadísticamente significativos y tuviesen signos positivos. Dado que se realizó la hipótesis de que los centros que cooperan en mayor medida con universidades son más eficientes en cuanto a las actividades de I+DT, se esperaría que el coeficiente de la variable logUNI fuese estadísticamente significativo y tuviese signo positivo. Por último, por lo que respecta a la relación entre el nivel de eficiencia técnica de las actividades de I+DT y el número de empresas clientes, se espera que el coeficiente de la variable logEMPR sea estadísticamente significativo y con signo negativo.

6. Resultados

6.1 Estimación de la eficiencia técnica relativa de los CTs en las actividades de I+DT.

Para la estimación de la frontera eficiente se usó una muestra de 41 centros. La distribución de los centros con sus niveles de eficiencia técnica de las actividades de I+DT aparece en la Tabla 2³. En la primera columna aparece la eficiencia técnica de las actividades de I+DT bajo rendimientos constantes a escala, la media que se obtiene en este caso es igual a 0,39, siendo sólo dos centros eficientes desde el punto de vista técnico. En la segunda columna aparece la eficiencia técnica relativa de actividades de I+DT bajo rendimientos variables a escala que se calcula introduciendo una restricción de convexidad en el problema de eficiencia bajo rendimientos constantes a escala (Coelli, 1998), siendo la media igual a 0,48, mayor que bajo rendimientos constantes ya que con rendimientos variables se aísla el nivel de ineficiencia de escala del nivel de ineficiencia técnica “puro”. Bajo este supuesto, el número de centros que son eficientes se eleva a cuatro. En la tercera columna aparece el nivel de eficiencia de escala de producción que se define como el cociente entre el nivel de eficiencia técnica bajo rendimientos constantes y el nivel de eficiencia técnica bajo rendimientos variables a escala. La media de esta medida es 0,82, siendo su mediana 0,91.

Para analizar los factores que influyen en la eficiencia técnica se ha utilizado la medida relativa bajo rendimientos constantes a escala como variable explicada, suponiendo que los CTs operan bajo una escala óptima. Se ha hecho así ya que la medida de eficiencia técnica bajo rendimientos variables a escala sobrevalora aquellos centros que son muy pequeños, por lo que se ha considerado, que la medida más adecuada para determinar los factores explicativos de la eficiencia técnica de los centros es bajo RCE.

³ Para la estimación de los índices de eficiencia técnica relativa se empleó el programa libre DEAP desarrollado por Tim Coelli. Este programa usa como índice de eficiencia técnica bajo una orientación de outputs $1/\eta_j$, que varía entre cero y uno.

Tabla 2. Niveles de eficiencia técnica relativa en realización de actividades de I+DT bajo rendimientos constantes a escala (crste), bajo rendimientos variables a escala (vrste), y niveles de eficiencia de escala relativa (scale) de los CTs españoles.

SIGLAS	crste	crste	scale	
CT-01	0,011	0,011	0,964	-
CT-02	0,207	0,371	0,56	Drs
CT-03	0,238	0,242	0,983	Irs
CT-04	0,342	0,363	0,94	Irs
CT-05	0,028	0,052	0,538	Irs
CT-06	0,77	0,914	0,842	Drs
CT-07	0,247	0,311	0,794	Irs
CT-08	0,176	0,47	0,375	Irs
CT-09	0,239	0,249	0,961	Irs
CT-10	0,064	1	0,064	Irs
CT-11	0,22	0,48	0,458	Drs
CT-12	0,121	0,127	0,953	Drs
CT-13	0,256	0,402	0,637	Irs
CT-14	0,218	0,316	0,691	Irs
CT-15	0,728	0,779	0,934	Irs
CT-16	0,025	0,026	0,974	Drs
CT-17	0,529	0,66	0,801	Irs
CT-18	0,775	0,779	0,996	Irs
CT-19	0,319	0,36	0,887	Irs
CT-20	0,37	0,5	0,739	Irs
CT-21	1	1	1	-
CT-22	0,726	0,919	0,79	Irs
CT-23	0,882	0,915	0,964	Irs
CT-24	0,765	0,952	0,804	Drs
CT-25	1	1	1	-
CT-26	0,857	0,908	0,944	Drs
CT-27	0,769	0,936	0,822	Drs
CT-28	0,916	1	0,916	Drs
CT-29	0,807	0,809	0,997	Irs
CT-30	0,183	0,202	0,904	Irs
CT-31	0,251	0,256	0,981	Drs
CT-32	0,056	0,058	0,968	Irs
CT-33	0,32	0,323	0,993	Irs
CT-34	0,211	0,226	0,933	Irs
CT-35	0,17	0,313	0,542	Irs
CT-36	0,129	0,139	0,933	Irs
CT-37	0,36	0,43	0,837	Drs
CT-38	0,194	0,198	0,98	Irs
CT-39	0,372	0,375	0,992	Irs
CT-40	0,159	0,309	0,514	Irs
CT-41	0,225	0,339	0,665	Irs
Media	0,396	0,488	0,819	
Desviación típica	0,302049543	0,320418253	0,208403635	
Mediana	0,251	0,371	0,916	

6.2 Estimación de los factores explicativos de la eficiencia técnica relativa de los CT

Los resultados de la estimación del modelo Mínimos Cuadrados Ordinarios aparecen en la tabla 3.

Tabla 3. Estimación de los factores explicativos del nivel de eficiencia técnica de las actividades de I+DT de los CTs.

Variable Dependiente: EF		
Variable	Coeficiente	
C	-0.023984	(0.9190)
logITOT	0.104320	(0.0232)
PV	0.408249	(0.0000)
VAL	0.049038	(0.5415)
logUNI	0.022003	(0.5456)
logEMPR	-0.069341	(0.0031)
R cuadrado corregido	0.730816	
Nº de observaciones	35	

Los p-valores aparecen entre paréntesis

Vemos que el coeficiente de la variable logITOT es positivo y significativo al 95%. confirmando que aquellos centros con un tamaño mayor presentan mayores niveles de eficiencia técnica relativa en sus actividades de I+DT. Este resultado coincide con los resultados empíricos obtenidos con datos de empresas maximizadoras de beneficios.

En cuanto a la relación entre localización geográfica del centro y el nivel de eficiencia técnica relativa, vemos que los coeficientes de las variables artificiales del País Vasco y de la Comunidad Valenciana, *PV* y *VAL* son positivos, aunque en el caso de la C. Valenciana no se puede rechazar estadísticamente que el coeficiente sea cero. Podemos afirmar por tanto que los centros del País Vasco, ceteris paribus, presentan mayores niveles de eficiencia técnica relativa en actividades de I+DT con respecto al resto de centros situados en otras CCAA. Este resultado también es consistente con la hipótesis teórica que enunciamos. El hecho de que sólo haya diferencias en la eficiencia técnica de los CTs vascos con respecto al resto de CTs de otras CCAA, puede deberse a las diferentes características que tienen los CTs vascos, centros con un tamaño grande, especializados en la realización de actividades de I+DT, y con un elevado número de proyectos en colaboración con organismos internacionales de investigación. Sin embargo, los CTs de la Comunidad Valenciana

tienen un tamaño menor, realizan principalmente servicios de asistencia técnica y asesoramiento tecnológico además de actividades de I+DT, aunque en menor medida que los CTs del País Vasco. Como vemos en la Tabla 4, su perfil es, en definitiva, similar al del resto de centros de las otras CCAA.

Tabla 4. Promedio de los ingresos de los CTs y su distribución por servicios por CCAA

	Ingresos totales (M. De Eur.)	Ingresos I+DT	Ingresos Asistencia Técnica	Ingresos Asesoramiento Tecnológico	Ingresos Formación
C. Valenciana	2,77	43,39%	12,82%	15,00%	8,68%
País Vasco	6,82	69,98%	7,35%	7,94%	2,14%
Resto CCAA	2,85	25,11%	18,09%	10,85%	9,46%

Por lo que respecta a la cooperación con universidades, el coeficiente de la variable logUNI es positivo pero no estadísticamente significativo, por tanto, no podemos afirmar que aquellos centros que cooperan en mayor medida con universidades presentan un nivel de eficiencia técnica en las actividades de I+DT mayor.

El coeficiente de la variable logEMPR es negativo y también significativo al 95%, es decir, aquellos centros con un número elevado de empresas clientes presentan menores niveles de eficiencia técnica en las actividades de I+DT que aquellos que tratan de hacerse con un número limitado de empresas clientes estableciendo relaciones estables. Tal y como señalamos en el apartado de hipótesis teóricas, los centros tecnológicos necesitan crearse una reputación entre sus empresas clientes como entidad que es capaz de transferir su conocimiento tecnológico y adecuarlo a las necesidades de dichas empresas clientes. Para lograrlo el CT puede participar en acuerdos de cooperación tecnológica con empresas. Sin embargo, tal y como señalamos en la caracterización de los CTs, éstos son de dimensiones reducidas, existiendo restricciones de capacidad a la hora de realizar dichos proyectos. Aquellos centros que tratan de establecer acuerdos eficaces y duraderos en el tiempo con un número limitado de empresas clientes son más eficaces desde el punto de vista técnico en la realización de actividades I+DT.

Una vez obtenidos los resultados, podemos afirmar que los CTs más eficientes desde el punto de vista técnico en la realización de actividades I+DT tienen un tamaño grande en cuanto a su volumen de ingresos totales, están localizados

principalmente en el País Vasco, y tienen un número de empresas clientes limitado con respecto al resto de CTs.

7. Conclusiones

En España, la mayoría de las empresas se caracterizan por su pequeña dimensión, por su concentración en sectores tradicionales y no tener capacidad de innovación. Una de las acciones propuestas tanto por instituciones privadas (COTEC) como por las AAPP (Plan Nacional de I+D+i 2000-2003) en materia de política industrial, para fomentar la innovación en el entramado empresarial, es la creación de infraestructuras que faciliten la transmisión de conocimiento tecnológico al entramado empresarial de acuerdo con sus necesidades. Entre ellas destacan los CTs. Este trabajo de carácter empírico ha tratado de estimar un índice de eficiencia técnica relativa para las actividades de I+DT que realizan los CTs españoles, usando técnicas de Análisis Envolvente de Datos (DEA), así como establecer unas hipótesis acerca de la influencia de determinados factores que influyen en la eficiencia técnica, que han sido validadas después con la estimación de un modelo de regresión mediante Mínimos Cuadrados Ordinarios. Los datos usados en este estudio provienen de la Encuesta de Evaluación de Centros Tecnológicos españoles realizada por el Instituto de Estudios Avanzados en Economía Flores de Lemus perteneciente a la Universidad Carlos III de Madrid.

Los resultados obtenidos empíricamente son consistentes con la mayoría de las hipótesis teóricas. Podemos decir entonces que el tamaño del centro, la localización en una región como el País Vasco donde se ha considerado clave la figura del centro para la transferencia de tecnología a empresas, y la existencia de una serie de empresas clientes que establecen relaciones estables determinan el nivel de eficiencia técnica de los centros tecnológicos.

La naturaleza de los datos, de corte transversal, que no nos permite determinar efectos de heterogeneidad inobservada y el uso de una técnica no paramétrica que no tiene en cuenta que las variables puedan tener un componente de error hace que debamos ser cautelosos a la hora de evaluar los efectos cuantitativos de los parámetros.

Las implicaciones para política económica son dos. En primer lugar parece que el efecto localización del centro es sumamente importante para evaluar la eficiencia técnica de las actividades de I+DT de los centros españoles. Los organismos públicos o la Federación Española de Entidades de Innovación y Tecnología (FEDIT), organismo que agrupa a los principales centros tecnológicos del país, deberían promover estudios de benchmarking en los centros situados en el País Vasco para conseguir establecer un modelo que pudiera servir de referente al resto de centros españoles, así como estudios que trataran de establecer la influencia de la estructura industrial de la zona en la que se sitúa el CT así como el apoyo por parte de las AAPP de carácter local y autonómico en el funcionamiento y desarrollo del CT.

Por último, los centros deben tratar de conseguir acuerdos de colaboración duraderos con sus empresas clientes, de tal manera que se produzcan relaciones estables beneficiosas para ambas partes ya que se demuestra que son los centros con un número pequeño de empresas clientes quienes son más eficientes desde el punto de vista técnico en las actividades de I+DT. Se debería estudiar la implementación de programas que fidelizaran a las empresas clientes más comprometidas con la contratación y colaboración con el centro, programas ya existentes en alguno de los CTs entrevistados. Con este tipo de empresas con una mayor trayectoria de colaboración, el CT trataría de acometer proyectos de mayor valor añadido y mayor impacto en la estructura productiva de sus empresas clientes.

Referencias

- Alonso, T.; Marín, P.L. 2001, “Cooperación en I+D: el papel de los centros públicos de investigación”. *Tesina CEMFI n.º 0101*.
- Barceló, M.; Roig, J. 1999, “Centros de innovación y redes de cooperación tecnológica en España”. *Economía Industrial* 327: 75-85.
- Cassiman, B.; Veugelers, R. 2002, “R&D cooperation and spillovers: some empirical evidence”. *American Economic Review*.
- Charnes, A., Cooper, W.W. y Rhodes, E. 1978, “Measuring the efficiency of decision making units”. *European Journal of Operational Research*, 2: 429-444.
- Coelli, T.J.; Prasada, D.S.; Batters, G.E. 1998, “An introduction to efficiency and productivity analysis”. *Kluwer Academic Publishers*.
- COTEC 1998, “El sistema español de innovación. Diagnósticos y recomendaciones”. Libro Blanco. Madrid.
- D’Aspremont, C.; Jacquemin, A. 1988, “Cooperative and non cooperative R&D in duopoly with spillovers”. *The American Economic Review* 78 no. 5: 1133-1137.
- Farë R.; Lovell, C.A.K. (1978), “Measuring the Technical Efficiency of Production”, *Journal of Economic Theory*, 19, 150-162.
- Farrell, M.J. 1957, “The measurement of efficiency productive”. *Journal of the Royal Statistical Society*, serie A, 120: 253-266.
- Giral, J.M. 1999, “Los centros tecnológicos: modelo y financiación”. *Economía Industrial*. 327: 87-94.
- Jovanovic, B. 1982, “Selection and the evolution of industry”, *Econometrica*, 50: 649-670.
- Katsoulacos, Y.; Ulph, D. 1998, “Endogenous spillovers and the performance of research joint ventures”. *Journal of Industrial Economics*. Vol. 46(3), 333-357.
- Olazarán, M., Gómez-Uranga, M. (eds.) 2001, “Actores, ideas e instituciones: políticas tecnológicas regionales y creación de un sistema de I+D en la Comunidad Autónoma del País Vasco”, en el libro *Sistemas Regionales de Innovación*, *Servicio de Publicaciones de la UPV*: 405-432.
- Santamaría Sánchez, Ll. 2001, “Centros Tecnológicos. Confianza e innovación tecnológica en la empresa: un análisis económico”. *Tesis Doctoral*. Universidad Autónoma de Barcelona.

Spence, A. M. 1984, "Cost reduction, competition, and industry performance".
Econometrica, 52: 101-121.