

Documento de Trabajo 03/09

ESTUDIO DE LA INTENSIDAD EN I+D Y EL DESEMPEÑO EMPRESARIAL BASADO EN MÉTODOS FACTORIALES

Luis Alberto Pargas Carmona
María Isabel González Bravo
Universidad de Salamanca

RESUMEN

En el presente trabajo se utiliza la técnica del Análisis Factorial Múltiple (AFM) sobre una muestra de 592 empresas manufactureras de Estados Unidos que llevan a cabo actividades de investigación y desarrollo (I+D) para el período 1999-2003, con el objetivo de analizar las posibles diferencias en rentabilidad y productividad entre las empresas intensivas y las no intensivas en I+D. El tamaño de la empresa y el nivel tecnológico del sector al que pertenece, como ya se había afirmado en trabajos anteriores, parecen ser variables caracterizadoras de estas diferencias. La medición de ambas variables se condiciona a las características innovadoras del sector en el que cada empresa opera, de forma que las empresas se comparan directamente con aquellas que actúan en condiciones similares. El resultado es un mapa de consenso de las empresas por cada grupo en ese período, que permite evidenciar diferencias de desempeño que podrían relacionarse a la intensidad en I+D. Se verificó que las diferencias encontradas eran desfavorables para las empresas altamente intensivas en I+D, lo que es un indicio de la existencia de un punto crítico de inversión en I+D en el cual su retribución comienza a descender. Los resultados son un punto de partida importante para estudios de tipo causal que analicen la forma funcional de esta relación y, por otro lado, despiertan el interés hacia futuros trabajos que incorporen al análisis el desplazamiento de las fronteras tecnológicas y la evaluación de los efectos *spillover*.

Palabras clave: Investigación y desarrollo; I+D y desempeño empresarial, Análisis Factorial Múltiple.

Dpto. de Administración y Economía de la Empresa

Campus Miguel de Unamuno

Universidad de Salamanca

37007 Salamanca

Teléfono: 923 294500 Ext. 3007

luispargasc@gmail.com

lola@usal.es

1. Introducción

Schumpeter (1934) sostiene que las empresas buscan la obtención de rentas a través de la innovación puesto que ésta genera algún tipo de ventaja para el innovador. El Manual de Oslo (1997) recoge algunos de los efectos positivos que los procesos de investigación e innovación pueden generar a las empresas: desarrollo y mejoras en productos que pueden incidir directamente en su poder en el mercado; o eficiencia en los costes soportados en los procesos productivos. Por estas razones, cabe esperar que el efecto de la inversión en I+D resulte detectable en la empresa, al menos en variables como el beneficio que pueda derivarse del incremento de sus ventas, o reducción de costes, o en la mejora de la productividad derivada de la aplicación de sus procesos. En definitiva, mejoras en la ventaja competitiva de la empresa (Chiesa, 2001).

La investigación orientada a evaluar los efectos que la inversión en I+D tiene en los resultados empresariales se ha basado principalmente en, por una parte, estudio de casos y, por otra, estimación econométrica de funciones de producción incluyendo una variable de I+D (Griliches, 1979). El estudio de casos es un valioso instrumento para la generación de hipótesis, pero la generalización de sus resultados es cuestionable. Por su parte, el enfoque econométrico se ha orientado básicamente a evidenciar la existencia de una relación positiva entre la inversión en I+D de la empresa y su rentabilidad y productividad, medida a través de diferentes variables. El objetivo básico es poder valorar el retorno de la inversión en I+D, si es que éste puede derivarse de forma directa; en qué período dicho retorno o rentabilidad se produce; durante cuánto tiempo se produce y si existen variables que pudieran afectar a los niveles de rentabilidad de la inversión en I+D obtenidos por las empresas (Griliches y Mairesse, 1984; Lichtenberg y Siegel, 1991; Sougiannis, 1994, Griliches 1995; Hall y Mairesse, 1995; Co y Chew, 1997; Guangzhou, 2001; Wakelin, 2001).

El análisis de la relación entre I+D y desempeño empresarial a través de la estimación de funciones de producción o a través de modelos multivariantes, presupone la existencia de esa relación entre unidad monetaria invertida y retorno de la inversión, la cual intenta ser ajustada de forma que puedan alcanzarse conclusiones significativas respecto a las variables con mayor peso en el modelo y con mayor poder explicativo. Sin embargo, diversos trabajos apuntan a que la relación entre I+D y productividad no puede ser generalizada sino que ha de ser analizada dentro de un contexto de tamaño empresarial y de nivel tecnológico del sector en el que la empresa desarrolla la actividad (Odagiri e Iwata, 1986; Luh y Chang, 1997; Beneito, 2001). En consecuencia, cabría esperar que los resultados alcanzados por las empresas en distintas dimensiones como productividad, rentabilidad o eficiencia, fueran diferentes dependiendo de las variables antes mencionadas. Es en este contexto donde se plantea el

presente trabajo. El objetivo es evidenciar la existencia de diferencias en el rendimiento de una muestra de empresas manufactureras vinculadas al nivel de la inversión en I+D de las mismas, detectando al mismo tiempo la influencia que el sector y el tamaño ejercen sobre ellas.

A diferencia de los trabajos realizados en esta área, y que se analizarán en una sección posterior, el presente trabajo se centra en el análisis de las similitudes existentes entre las empresas que cumplen determinadas características ligadas a la intensidad en I+D, a través de los posicionamientos alcanzados de acuerdo a su estructura de diferentes indicadores del desempeño empresarial. Se ha optado por una técnica de reducción de información basada en Análisis de Componentes Principales (ACP) (Pearson, 1901; Hotelling, 1933). Puesto que se han querido ofrecer resultados robustos ante las variaciones temporales, se emplea el Análisis Factorial Múltiple (AFM) (Escofier y Pages, 1985), que permite integrar varias matrices de datos en un espacio de consenso. En este caso, como se tiene un conjunto de variables medidas sobre los mismos individuos en distintos períodos, el AFM permite obtener representaciones factoriales que integran las mediciones de los individuos en los diferentes años. Si la I+D efectivamente influye en el desempeño de la empresa, cabe esperar que en la representación obtenida queden perfectamente diferenciados los dos grupos de empresas según su intensidad en I+D.

El trabajo no parte de una asociación directa entre I+D y desempeño empresarial, sino que pretende evidenciar la existencia de ese posible vínculo a través del análisis de los posicionamientos de las empresas de acuerdo a su estructura de rendimiento y en función del nivel de I+D. Esta estructura de rendimiento se construye a través de distintos ratios extraídos de los estados financieros vinculados a medidas de productividad, rentabilidad o margen. Dado que el efecto de la inversión en I+D sobre el resultado empresarial no es inmediato, y a que la estructura de estas variables podría variar a lo largo del tiempo, el análisis cubre el período 1999-2003 para el que se disponían datos. Este hecho provoca que partamos de datos de tres vías (empresas x variables x años) que necesitan ser analizados en conjunto. Es ahí donde el AFM permite el tratamiento simultáneo de grupos de variables, permitiendo obtener representaciones factoriales del conjunto de individuos a través de cada grupo de variables en los diferentes años. Si la I+D efectivamente influye en el rendimiento de la empresa, cabe esperar que las representaciones obtenidas ofrezcan mapas perfectamente diferenciados de los dos grupos de observaciones analizados.

El trabajo presenta una serie de novedades en relación con la mayor parte de los planteamientos seguidos en los trabajos centrados en la relación entre la intensidad en I+D y el desempeño empresarial. En primer lugar, la medición del desempeño no se limita a un único indicador, sino que es entendido como una

variable de múltiples dimensiones en la que tienen cabida varios indicadores analizados por medio de una técnica de interdependencia que pondrá en evidencia dónde ocurren las diferencias entre las empresas según su intensidad en I+D, permitiendo mejorar la formulación de modelos estadísticos sobre la retribución de la I+D. En segundo lugar, el tratamiento de las variables tamaño y sector evita que los resultados del análisis pudieran estar influenciados por una inadecuada clasificación *a priori* de las empresas. Hay que tener en cuenta que la clasificación según la intensidad en I+D es realizada en relación a las empresas similares en tamaño e intensidad tecnológica de su sector.

2. Relación entre I+D y desempeño empresarial

El vínculo entre la I+D y el desempeño empresarial ha sido objeto de numerosas investigaciones. Aunque no hay consenso en los resultados obtenidos, en la mayor parte de los trabajos puede encontrarse evidencia sobre: i) la existencia de una relación positiva entre la productividad y los gastos de I+D de una empresa (Griliches, 1995; Hall y Mairesse, 1995; Guangzhou, 2001); ii) el impacto a largo plazo que tiene la inversión en I+D en los beneficios y en el valor de la empresa (Sougiannis, 1994); iii) la existencia de una relación significativa entre el valor de mercado de una empresa y su capital intangible medido a través de variables *proxy* como los gastos pasados en I+D y el número de patentes (Griliches, 1981); iv) el efecto que la variable tamaño de la empresa tiene sobre el impacto que la inversión en I+D puede tener sobre la productividad y rentabilidad de la misma (Cohen y Klepper, 1996; Tsai y Wang, 2005).

Estudios como los de Grabowski y Mueller (1978), Ravenscraft y Sherer (1982), Griliches y Mairesse (1984) y Griliches (1986), encuentran relaciones positivas y significativas entre inversión en I+D y desempeño, que se han ido afirmando a lo largo de trabajos posteriores. No obstante, Becker y Speltz (1983) llaman la atención sobre un fenómeno que denominan “retornos decrecientes de la I+D”, es decir, la existencia de un punto crítico donde la retribución de la I+D comienza a descender, y del cual Huang y Liu (2005) ofrecen evidencia empírica al encontrar una relación de tipo “U” invertida entre intensidad en I+D y desempeño. Griliches (1995) realiza una revisión sobre diversos trabajos que han relacionado la productividad de las empresas con variables explicativas del gasto en I+D. Para este autor, una de las principales limitaciones de estos enfoques es que las medidas de rendimiento empresarial utilizadas no reflejan de manera adecuada el resultado de la I+D.

A este respecto, entre las variables asociadas a la medición del efecto predomina el enfoque basado en la Total Factor Productivity (FTP). No obstante, algunos de los primeros trabajos incluían variables ligadas directamente al resultado de la actividad, como es el caso de Odagiri (1983) al utilizar las ventas de la

empresa. Posteriormente se han ido incluyendo otras como variables ligadas al valor añadido del *output* de la empresa o variables contables ligadas a la rentabilidad, beneficio e, incluso, valor de mercado. El trabajo de Sougiannis (1994), en el cual las variables de medición están asociadas a indicadores obtenidos de los estados financieros, plantea la posibilidad de que los beneficios empresariales reflejasen los beneficios de la I+D. Whiteley *et al.* (1997) plantean la utilización del denominado *New Sales Ratio* (NRS) para medir la contribución de nuevos productos en el crecimiento de rentabilidad de la empresa. En los últimos años, se han vinculado los efectos de la I+D empresarial a la eficiencia de la misma a través de trabajos que utilizan estimación de funciones con metodologías no paramétricas como el *Data Envelopment Analysis* (DEA), siendo el *score* de eficiencia obtenido, el utilizado como variable de medición del rendimiento (Thore *et al.*, 1996; Co y Chew, 1997; Sengupta, 1999).

Como variables explicativas de la actividad de I+D se han utilizado principalmente gastos de I+D, personal y activos ligados a la actividad (Thore *et al.*, 1996; Co y Chew, 1997), gastos de I+D en años anteriores, y patentes (Griliches, 1981). En algunos casos, incluso se ha intentado analizar la influencia que la financiación pública a la I+D, respecto de la inversión privada, puede tener en la productividad (Guangzhou, 2001). La inversión pública en I+D mostró tener un impacto directo no significativo, e incluso en algunos casos negativo, sobre la productividad, pero puede estimular los gastos privados de las empresas en I+D teniendo, por lo tanto, un efecto positivo indirecto. Sin embargo, sigue existiendo un debate abierto respecto de los indicadores más apropiados para la medición del nivel de I+D de una empresa, así como respecto de las medidas representativas del beneficio reportado por dicha inversión (Werner y Souder; 1997 a y b). Debido a esto, la investigación orientada a recoger las relaciones entre I+D y productividad empresarial se verá afectada por estas cuestiones.

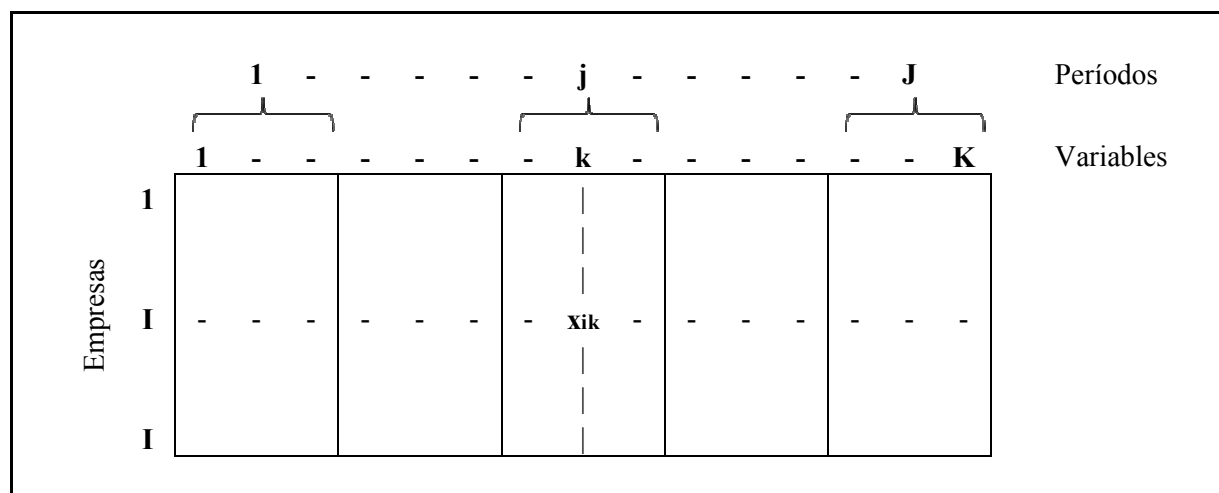
En los últimos tiempos, los resultados de las investigaciones evidencian que determinadas variables ajenas al nivel de inversión en I+D, como el tamaño o el sector, ejercen influencia en el impacto final sobre el desempeño. Algunos autores también han advertido diferencias de este tipo de acuerdo a la intensidad tecnológica del sector (Chia-Hung, 2004). Kafouros (2008) también detectó que las empresas de baja tecnología tienen mejores rendimientos de su inversión en I+D. Esto podía ser explicado porque en aquellos sectores con una alta competencia tecnológica, aquellas empresas más dinámicas en I+D tienen que competir también con el efecto de la imitación. Wakelin (2001) afirma también la existencia de una relación positiva y significativa entre gasto en I+D y aumento de la productividad, pero con un retorno superior en las empresas innovadoras. Por su parte, Beneito (2001) encontró diferencias en la productividad obtenida por las empresas dependiendo de la intensidad

tecnológica del sector en el que la empresa operaba, así como la intensidad investigadora de dicha empresa medida a través del ratio de gastos I+D sobre ventas. Este ratio es bastante utilizado en la literatura como medida del esfuerzo innovador de las empresas, principalmente en aquellos casos en los que se ha planteado el efecto de los rendimientos que pueden producir los conocimientos adquiridos por terceros.

3. Metodología, muestra y variables

El AFM fue propuesto por Escofier y Pagès (1985) con el propósito de analizar varias matrices de datos resultantes de la observación de varios grupos de variables. Lo que se persigue es la representación simultánea de todas las matrices de datos en un sistema de ejes común. Estas matrices de datos pueden representar mediciones de distintas variables sobre los mismos individuos o mediciones de las mismas variables en distintos períodos. Las representaciones finales obtenidas a través de un AFM de los distintos individuos están en un espacio de consenso. De esta forma, el AFM trabaja con datos de tres vías (observaciones x variables x grupos de variables), en nuestro caso estas tres vías se corresponden con (empresas x ratios/variables x períodos). El tratamiento se realiza de acuerdo al esquema de la Figura 1.

Figura. 1. Análisis Factorial Múltiple



Fuente: Adaptado de Escofier y Pagès (1985).

De esta forma, dado un conjunto de matrices de datos cuantitativos (si bien también podrían utilizarse datos cualitativos), el AFM genera una matriz de consenso que podrá ser representada en un mapa una vez que los datos han sido procesados a través de dos etapas: i) un ACP realizado sobre cada una de las

matrices de datos; y ii) una normalización de las matrices mediante la ponderación por la inversa de la raíz cuadrada del primer autovalor respectivo, obtenido de ese análisis. Finalmente, los factores globales, representativos de las estructuras de datos originales se obtienen utilizando todas las matrices yuxtapuestas, previamente ponderadas de la siguiente forma:

$$X = \left[\frac{1}{\sqrt{\lambda_1^{(1)}}} X_1 \dots \frac{1}{\sqrt{\lambda_1^{(j)}}} X_j \dots \frac{1}{\sqrt{\lambda_1^{(j)}}} X_j \right] \quad [1]$$

Donde $\lambda_1^{(j)}$ es el primer autovalor de la matriz j .

El AFM también permite generar gráficos de los individuos representados por las variables de cada matriz en los mismos planos factoriales. La representación que se obtiene es un mapa de consenso en el que se puede observar la existencia de similitudes en los niveles de las variables utilizadas en el análisis entre dos individuos. De esta forma, si dos individuos aparecen próximos, es porque comparten magnitudes similares de las variables recogidas por los factores seleccionados. La interpretación ofrece un punto de partida válido para un análisis explicativo sobre las posibles diferencias generadas por los niveles de intensidad en I+D de las empresas. El AFM permite observar interdependencia entre las variables analizadas, no relaciones de dependencia específicas, por lo que los resultados son generalmente entendidos como una base para la formulación de posibles hipótesis sobre las relaciones de causalidad.

El AFM permite aportar un análisis más sólido, en el sentido de estabilidad ante los cambios de estructura entre períodos. Las representaciones obtenidas a través de técnicas de reducción de datos como el Análisis de Componentes Principales (ACP), no ofrecen información sobre la estabilidad de las relaciones entre las variables dentro del grupo de individuos que describen. Una representación se considera estable si se obtiene ésta al introducir nuevas mediciones sobre la muestra (Abascal y Landaluce, 2002). El objetivo básico es analizar si la estructura de las distintas matrices de datos es la misma o se producen alteraciones. En este sentido, como afirman los autores anteriores el AFM es un valioso instrumento para medir la estabilidad de los resultados de un ACP.

Enfoques similares pueden encontrarse en técnicas como el INDSCAL (*INDividual Differences SCALing*) propuesto por Carroll y Chang (1970), o el STATIS (*Structuration des Tableaux A Trois Índices de la Statistique*), propuesto por L'Hermier des Plantes (1976) y desarrollado por Lavit (1988). Este último, particularmente, presenta grandes similitudes con el AFM, y sus

diferencias radican básicamente en el criterio para la obtención de la matriz de compromiso.

Los datos utilizados en este estudio corresponden a un conjunto de empresas manufactureras estadounidenses en el período 1999-2003, y fueron obtenidos de la base de datos Datastream®. La utilización de distintos períodos es necesaria por cuanto el AFM se planteó no sólo como una técnica para el análisis de la relación entre I+D y productividad, sino también para poder concluir sobre la estabilidad de las representaciones y resultados alcanzados. Del mismo modo, el hecho de partir de la no existencia de un efecto inmediato entre inversión en I+D y productividad, obligaba, en cierta medida, a considerar más de un período.

Una empresa forma parte del análisis si existen datos económicos y financieros para todos los años analizados, de forma que puedan obtenerse las distintas variables analizadas. Como el objetivo del trabajo es analizar las posibles diferencias en el rendimiento empresarial ligadas al nivel e intensidad de la investigación, se obviaron aquellas empresas para las no había datos en la partida Gastos de I+D. Del mismo modo también fueron eliminadas aquellas empresas que no aportaban datos sobre empleados por condicionar su clasificación de tamaño tal y como se expone a continuación. Un total de 592 empresas fueron seleccionadas constituyendo un total de 2960 observaciones-años.

Para investigar la relación entre innovación tecnológica y el desempeño sobre distintos sectores, varios autores han dividido a los sectores de acuerdo a su intensidad tecnológica. Griliches y Mairesse (1984) clasificaron a las empresas en “científicas” y “otras”. Así mismo, Odagiri e Iwata (1986) separaron a los sectores en “innovadores” y “no innovadores”. Wakelin (2001) prefirió una clasificación basada en la producción neta de innovaciones: sectores que usan más innovaciones de las que producen, y sectores que producen más innovaciones de las que usan. En este trabajo se clasificaron los sectores en “alta tecnología” y “baja tecnología” con base en el estudio conducido por Hadlock *et al.* (1991), en el cual se realizó esa distinción utilizando un ratio de empleados de I+D sobre personal total.

En cuanto al tamaño de la empresa, puesto que cada sector tiene sus particularidades, se consideraron injustas las típicas clasificaciones que ofrecen medidas generales, se creyó conveniente utilizar una clasificación que los evaluara individualmente. Por esa razón, empleamos la clasificación propuesta por la SBA (*U.S. Small Business Administration*, 2008) en la tabla de tamaños estándares de pequeñas empresas vinculada al sistema de códigos norteamericanos de clasificación industrial, en la cual se utiliza este criterio de acuerdo a la facturación promedio anual y al número promedio de empleados.

Después de realizar un análisis previo de los datos para detectar y corregir (o excluir) casos con valores extremos y valores ausentes, se formaron los siguientes cuatro grupos de acuerdo al tamaño de la empresa y al nivel tecnológico del sector de pertenencia:

- Grupo 1 (grande-alta tecnología): Empresa clasificada como grande en un sector de alta tecnología.
- Grupo 2 (grande-baja tecnología): Empresa clasificada como grande en un sector de baja tecnología.
- Grupo 3 (pequeña-alta tecnología): Empresa clasificada como pequeña en un sector de alta tecnología.
- Grupo 4 (pequeña-baja tecnología): Empresa clasificada como pequeña en un sector de baja tecnología.

En cada uno de esos grupos se diferenciaron las empresas atendiendo a la intensidad en I+D, de forma que fueran identificadas las empresas intensivas y no intensivas en investigación. Para dicha diferenciación se utilizó una variable recurrente en otros trabajos (Beneito, 2001; Zhan *et al.*, 2003): gastos de I+D sobre ventas. La clasificación se hizo teniendo en cuenta las particularidades de los sectores a los que pertenecen, utilizando como punto de corte para la clasificación de las empresas de acuerdo a su intensidad en I+D, la mediana de esa variable en cada grupo, la cual presenta la ventaja adicional de ser una medida más robusta de centralidad por no verse afectada por valores extremos.

La Tabla 1 muestra la cantidad de empresas que conforman cada uno de los grupos de clasificación.

Tabla 1. Tamaño de la muestra

Grupo	Tamaño - Sector	Muestra
1	Grande - Alta tecnología	186
2	Grande - Baja tecnología	63
3	Pequeña - Alta tecnología	250
4	Pequeña - Baja tecnología	93

Como variables representativas del desempeño se seleccionaron 11 ratios obtenidos de los estados financieros y vinculados de forma generalizada al rendimiento y productividad empresarial, y están recogidos en la Tabla 2. La selección tiene la ventaja de utilizar un enfoque multidimensional sobre el rendimiento de la empresa mejorando otros planteamientos donde únicamente se toma una variable de referencia para la medición de la productividad.

Tabla 2. Definición de los ratios contables

Variable	Ratios	Definición del ratio
R1	Resultado explotación/Ventas	Margen Bruto explotación
R2	Ventas/Empleado	Ingresos Ventas por empleado
R3	Resultado explotación/Empleado	Resultado por empleado
R4	Ventas/Activo Total	Rotación activo
R5	BAll/Activo Total	Rentabilidad económica
R6	Cash-flow operaciones/Activo Total	Fondos de operaciones sobre activos totales
R7	Resultado explotación/Gastos I+D	Resultado sobre gastos de I+D
R8	Cash-Flow operaciones/Gastos I+D	Fondos de operaciones sobre gastos de I+D
R9	Resultado Neto/Fondos propios	Rentabilidad financiera
R10	Resultado neto/Gastos I+D	Beneficio neto sobre gastos I+D
R11	Inversiones Activo no corrientes/Activo Total	Tasa renovación estructura fija

Las variables escogidas están relacionadas a medidas de resultados empresariales como: rentabilidad, margen, productividad o generación de fondos. Para conseguir una representación que recogiese la mayor parte de la información correspondiente al desempeño de la empresa, se consideró necesario el incluir el mayor número de variables medidoras de rendimiento. Contrariamente a lo que se exige en muchas técnicas de dependencia, en el ACP, por tratarse de un análisis de interdependencia, no es necesario que las variables sean independientes. De hecho, es conveniente que existan correlaciones altas entre ellas para que la información pueda ser resumida por unos pocos factores.

4. Resultados

Realizado el AFM se obtienen los factores condensadores de la información de partida introducida a través de las 11 variables indicadas anteriormente en los 5 años analizados. La Tabla 3 recoge la varianza explicada de los cuatro primeros factores representativos de la estructura de cada matriz de datos por año. Los factores extraídos y presentados en esa tabla tienen un autovalor mayor que uno en todos los años, y se presentan para cada uno de los grupos de empresas estudiados de acuerdo al tamaño y a la intensidad tecnológica de su sector.

Es importante valorar en qué medida las distintas variables presentan una estructura similar para cada uno de los años analizados. Esta estabilidad de la estructura de las variables puede ser detectada a través del coeficiente de correlación entre las variables canónicas y los factores del análisis global. En la Tabla 4 se recogen dichas correlaciones para cada uno de los grupos de empresas analizados. En general, los factores 1 y 2 presentan correlaciones razonablemente altas para el período 1999-2003 en todos los grupos. No obstante, podrían destacarse los valores relativamente bajos alcanzados en el año 1999. Esas cifras evidencian que en ese año la estructura de las variables estudiadas no está muy bien reflejada en la estructura factorial obtenida.

Recordemos que el objetivo principal del presente trabajo es obtener una representación global de las diferentes matrices analizadas, que pueda evidenciar la existencia o no de diferencias entre el nivel de inversión en I+D y el desempeño de las empresas, y que los resultados sean robustos al haber introducido la variable temporal. Por esta razón, es importante evaluar en qué medida cada matriz-año está representada por la matriz de consenso. En este sentido, y junto con las correlaciones analizadas anteriormente en la Tabla 4, el Coeficiente RV (Escoufier, 1973; Robert y Escoufier, 1976) puede ser utilizado como una medida de integración de la información disponible en las matrices individuales en la matriz de consenso global.

El valor del Coeficiente RV varía de 0 a 1, de forma que valores cercanos a 0 indican una relación débil entre los períodos considerados, y valores cercanos a 1 indican una estructura interna similar. En la Tabla 5, se muestran los valores del Coeficiente RV para los grupos de empresas analizadas. Puede observarse que la información contenida en los datos de 1999 y 2003 tienen una representación más débil, con valores del coeficiente que no alcanzan el 0,70. Así mismo, el grupo de empresas pequeñas de alta tecnología es el que tiene una peor representación en la matriz de consenso. Las correlaciones de la Tabla 4 y los coeficientes de la Tabla 5 ponen en evidencia variaciones temporales de la estructura de las variables. Los valores anteriores confirman la necesidad de utilizar una metodología que incorpore varias mediciones temporales para la creación de un consenso que permita la obtención de una representación única y la generalización de los resultados.

Tabla 3. Autovalores y varianza explicada por cada matriz de datos

		1999		2000		2001		2002		2003	
	Factor	Autovalor	Porcent.	Autovalor	Porcent.	Autovalor	Porcent.	Autovalor	Porcent.	Autovalor	Porcent.
Grupo 1	1	2,9604	26,9126	3,3400	30,3639	3,2355	29,4138	3,1620	28,7454	3,0772	27,9741
	2	2,0374	18,5217	2,2992	20,9015	1,7025	15,4774	1,8416	16,7414	1,8891	17,1737
	3	1,6143	14,6752	1,3322	12,1112	1,3093	11,9028	1,1227	10,2060	1,4589	13,2625
	4	1,2826	11,6596	1,0359	9,4169	1,0682	9,7108	1,0006	9,0961	1,1848	10,7709
Grupo 2	1	3,5612	32,3742	2,5646	23,3148	3,0185	27,4408	3,0788	27,9893	3,0452	27,6836
	2	1,7744	16,1309	1,6317	14,8333	2,1772	19,7927	1,7969	16,3351	2,0929	19,0262
	3	1,5040	13,6723	1,4380	13,0727	1,6419	14,9265	1,2304	11,1858	1,7080	15,5273
	4	1,0334	9,3948	1,2631	11,4830	1,1100	10,0911	1,0801	9,8187	1,1688	10,6254
Grupo 3	1	2,7468	24,9705	3,2281	29,3462	2,8664	26,0583	3,1030	28,2093	3,1627	28,7517
	2	1,7218	15,6531	1,5878	14,4343	1,4750	13,4095	1,4036	12,7598	1,8216	16,5600
	3	1,3837	12,5790	1,2597	11,4520	1,1155	10,1407	1,3607	12,3696	1,0978	9,9801
	4	1,0650	9,6821	1,1108	10,0984	1,0658	9,6887	1,0331	9,3922	1,0378	9,4348
Grupo 4	1	3,8245	34,7685	3,4175	31,0680	3,2296	29,3598	3,6085	32,8043	3,0495	27,7228
	2	2,2801	20,7283	1,5962	14,5109	1,8153	16,5023	1,7393	15,8116	1,9595	17,8132
	3	1,1165	10,1501	1,3510	12,2819	1,3133	11,9394	1,1631	10,5738	1,5472	14,0654
	4	1,0076	9,1603	1,1643	10,5843	1,0858	9,8709	1,0955	9,9593	1,2234	11,1222

Tabla 4. Correlaciones entre las variables canónicas y los factores del análisis global (por grupo)

	Factor	1999	2000	2001	2002	2003
Grupo 1	1	0,8959	0,9403	0,9168	0,8934	0,7336
	2	0,7682	0,8043	0,8042	0,7727	0,7425
	3	0,5039	0,5897	0,5981	0,7692	0,8354
	4	0,6841	0,6028	0,7252	0,6980	0,6042
Grupo 2	1	0,7137	0,9102	0,9183	0,9055	0,7410
	2	0,7638	0,9386	0,8845	0,8994	0,7486
	3	0,5743	0,7764	0,8371	0,7594	0,6241
	4	0,4157	0,6762	0,5887	0,5793	0,6948
Grupo 3	1	0,7646	0,8262	0,8257	0,8418	0,6813
	2	0,5260	0,8197	0,8652	0,8486	0,6704
	3	0,4650	0,5105	0,4147	0,5240	0,7440
	4	0,4877	0,6695	0,6830	0,6841	0,5747
Grupo 4	1	0,8405	0,9036	0,8959	0,9034	0,7631
	2	0,4336	0,8654	0,5668	0,8250	0,8165
	3	0,6863	0,8520	0,8775	0,7178	0,5439
	4	0,4604	0,4968	0,6518	0,8664	0,8124

Tabla 5. Coeficiente RV de relación entre las matrices de cada año y la matriz de consenso (por grupo)

	1999	2000	2001	2002	2003	Global
Grupo 1 - Global	0,698	0,7417	0,7338	0,7318	0,5719	1
Grupo 2 - Global	0,6027	0,7729	0,7685	0,7527	0,5951	1
Grupo 3 - Global	0,5602	0,647	0,6437	0,6619	0,5458	1
Grupo 4 - Global	0,64	0,7715	0,7292	0,7783	0,6506	1

Utilizando los factores obtenidos puede ser representada la nube de puntos-observaciones. En este estudio se muestran las representaciones correspondientes a cada uno de los grupos en el primer plano factorial por ser el que mejor evidencia las diferencias entre las empresas según su intensidad en I+D, además de que obviamente es el que explica la mayor varianza. En los Gráficos 1, 2, 3 y 4, puede observarse que existen diferencias posicionales, respecto a los factores utilizados para la representación, dependiendo de la intensidad en I+D de las empresas en todos los grupos en mayor o menor medida.

Para poder comprender la información recogida en los ejes de los gráficos, en la Tabla 6 se muestra la contribución de cada variable a la formación de los mismos. Puede observarse que el eje 1 de las empresas pequeñas de alta tecnología agrupa los fondos operativos y los resultados obtenidos en la actividad en relación con dos de los factores básicos de explotación: trabajadores y gastos de I+D, mientras que el eje 2 está relacionado con componentes de la rentabilidad económica. Por su parte, en el grupo de empresas pequeñas de baja tecnología el eje 1 está relacionado con los fondos operativos, mientras que el eje 2 es más difícil de interpretar, puesto que combina parte de la información explicada por el eje 1, y además combina ventas por empleado con resultado de la I+D. En el caso de las empresas grandes, en ambos sectores el eje 1 está relacionado con el retorno de la inversión en I+D. El eje 2 de estas empresas en sectores de alta tecnología tiene que ver con la productividad por empleado y por activos, mientras que en los sectores de baja tecnología está asociado sólo a la productividad por empleado.

Tabla 6. Suma de las contribuciones de las variables en los dos primeros ejes factoriales (por grupo)

	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4	
	Eje 1	Eje 2	Eje 1	Eje 2	Eje 1	Eje 2	Eje 1	Eje 2
R1	0,81	18,84	1,79	10,46	5,89	38,79	7,08	9,60
R4	14,91	21,53	1,27	47,71	11,96	9,76	5,44	15,96
R5	11,41	9,65	6,24	14,82	21,19	4,09	19,08	7,47
R6	0,09	17,32	1,89	3,95	2,98	12,72	1,32	3,36
R7	1,02	10,02	2,42	4,58	4,74	1,18	4,73	3,46
R8	0,21	8,90	4,13	1,90	5,18	0,33	4,28	2,83
R9	23,25	3,10	24,94	2,62	19,28	12,10	19,06	18,75
R10	26,07	1,92	30,70	7,44	12,40	10,78	19,35	14,73
R11	0,11	7,07	1,01	2,13	2,67	0,26	2,36	0,73
R12	21,83	0,56	24,63	3,32	13,33	9,26	16,26	22,57
R13	0,31	1,08	0,97	1,08	0,39	0,73	1,04	0,54

Gráfico 1. Grandes – Alta Tecnología (plano factorial 1-2)

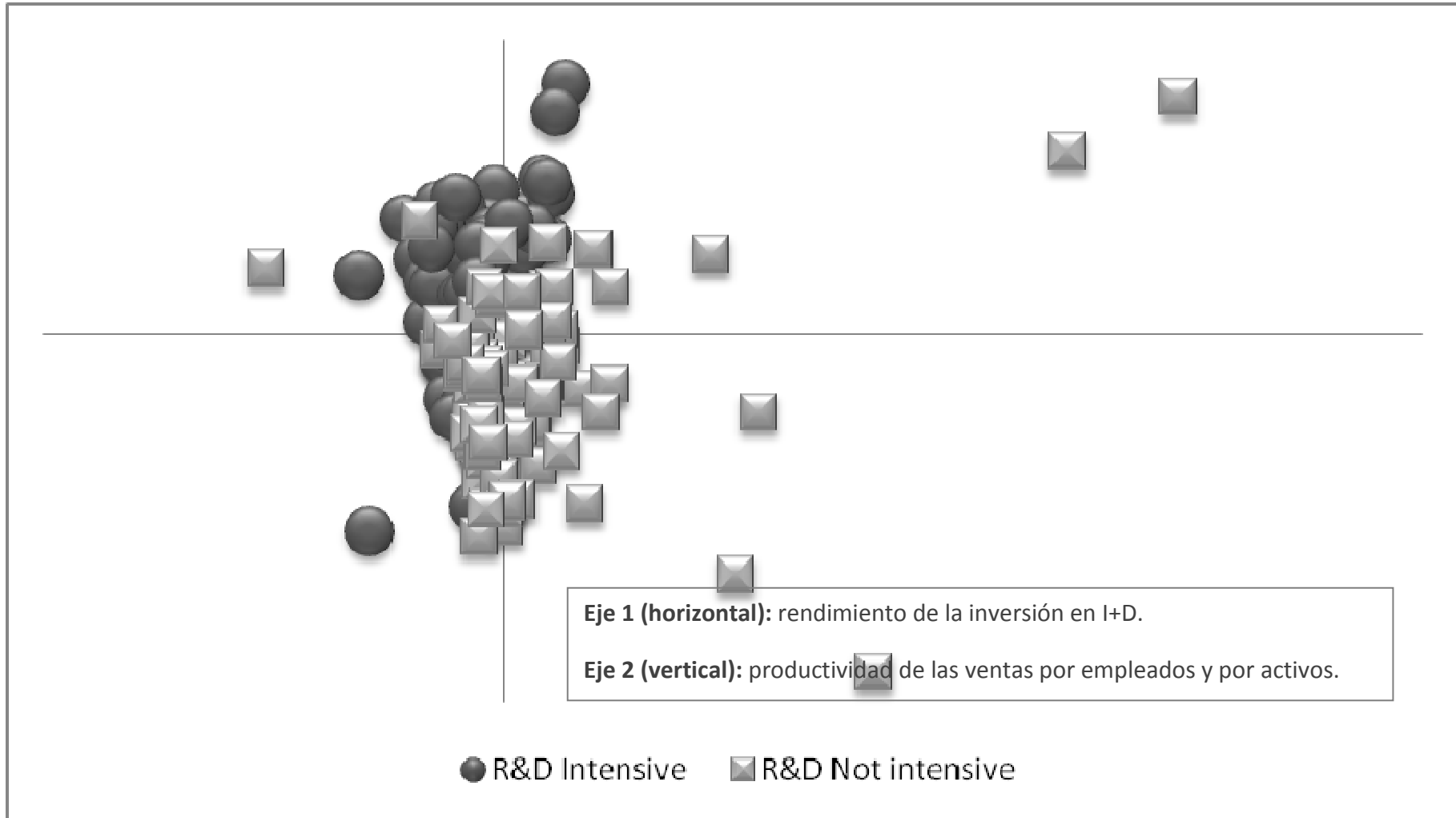


Gráfico 2. Grandes – Baja Tecnología (plano factorial 1-2)

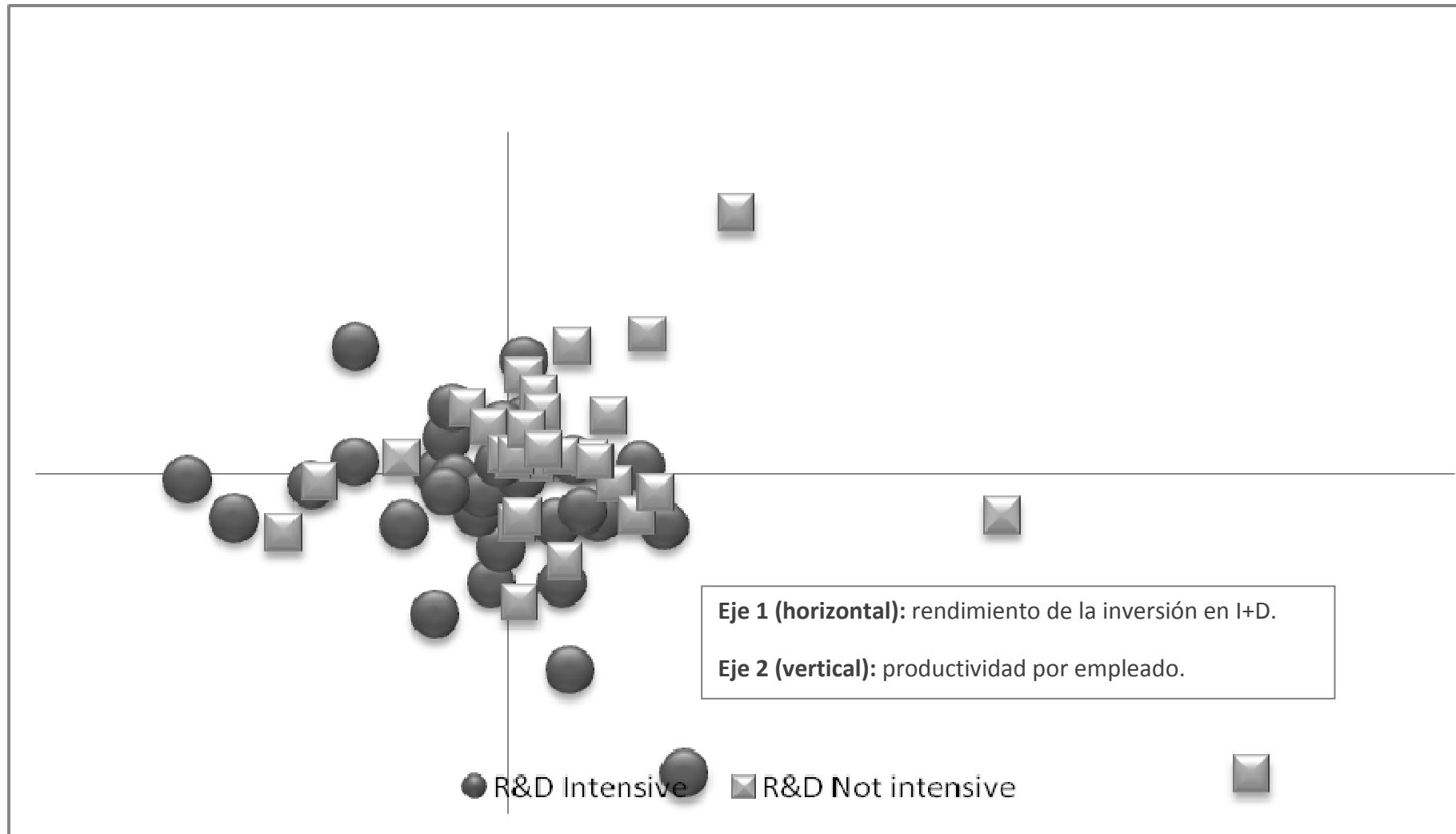


Gráfico 3. Pequeñas – Alta Tecnología (plano factorial 1-2)

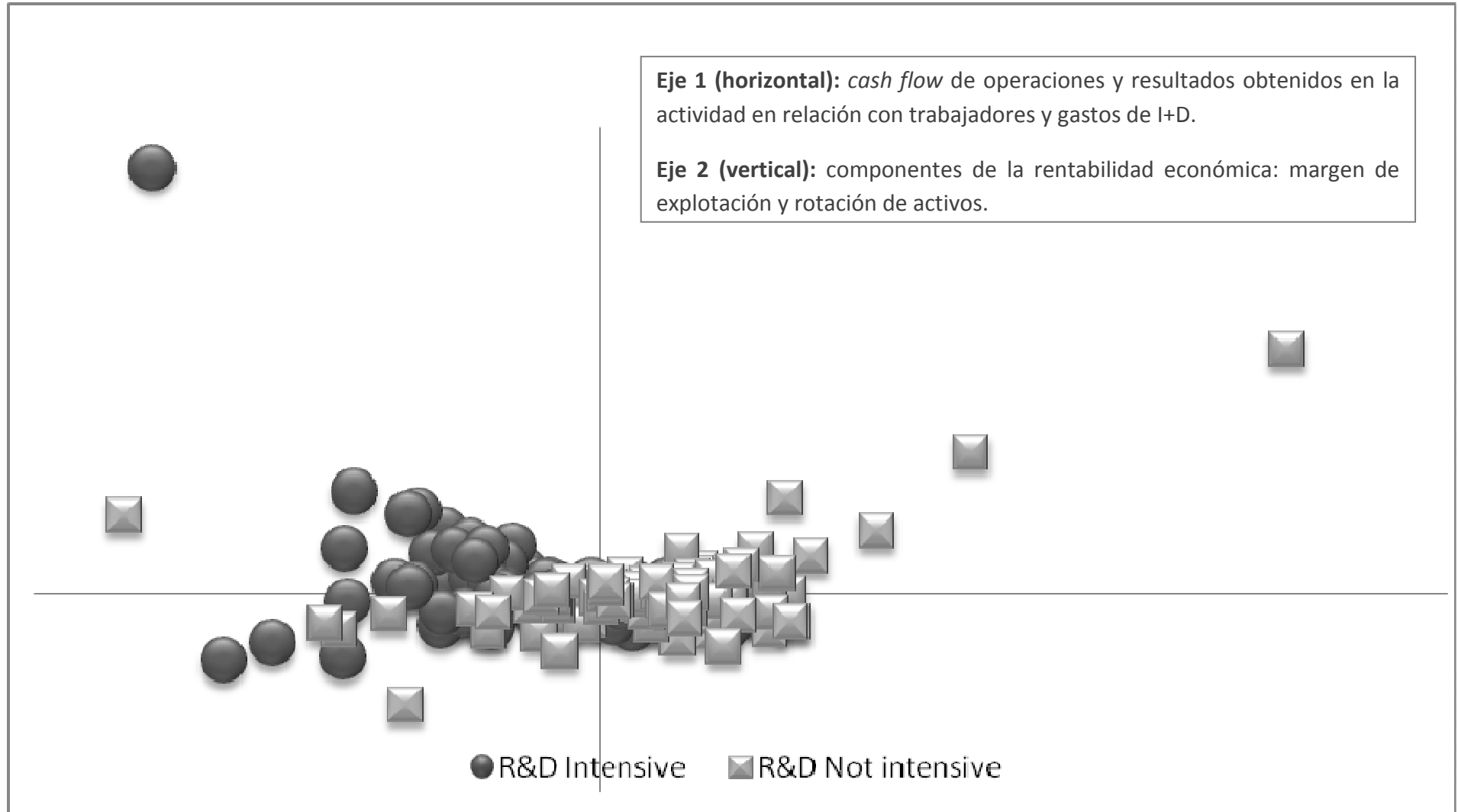
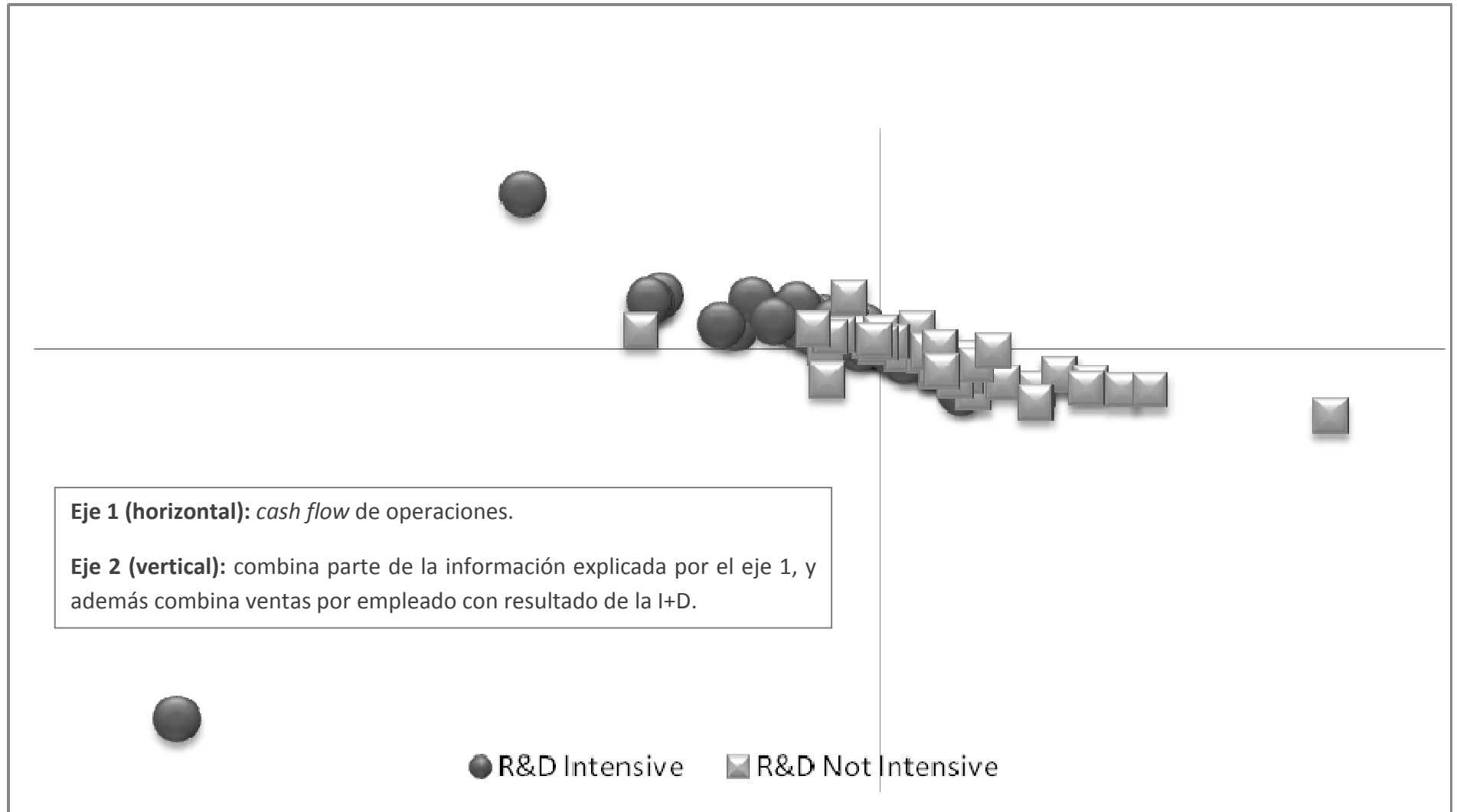


Gráfico 4. Pequeñas – Baja Tecnología (plano factorial 1-2)

En todos los casos resultan menos favorecidas las empresas altamente intensivas en I+D en relación a las menos intensivas. Los resultados anteriores proporcionan una idea de cómo se relaciona la intensidad en I+D y el desempeño. Es importante recordar que la interpretación de los resultados obtenidos debe servir cómo un punto de partida para la generación de hipótesis a ser contrastadas en un estudio causal posterior. En este sentido, uno de los hallazgos de este trabajo que pueden aprovecharse en futuros análisis es el soporte para la sospecha que se tiene de que existe un punto óptimo de inversión en I+D donde los beneficios comienzan a descender. Otro de los aspectos que puede aprovecharse de este trabajo es el conocimiento de en cuáles variables ocurren las diferencias de desempeño.

5. Conclusiones

En este estudio se exploraron las estructuras de las variables de desempeño en unos grupos de empresas manufactureras de acuerdo su intensidad en I+D, teniendo en cuenta la intensidad tecnológica del sector al que pertenecían. Dicha exploración puso en evidencia la existencia de diferencias de desempeño entre las empresas intensivas en I+D y las no intensivas en I+D en los grupos formados de acuerdo al tamaño y a la intensidad tecnológica de su sector, y permitió identificar en cuáles variables ocurre esa diferenciación.

Se verificó que las diferencias encontradas eran desfavorables para las empresas altamente intensivas en I+D, lo que es un indicio de lo que Becker y Speltz (1983) denominan “retornos decrecientes de la I+D”, es decir, la existencia de un punto crítico donde la retribución de la I+D comienza a descender. Huang y Liu (2005) ofrecen evidencia empírica en este sentido cuando encuentran una relación de “U” invertida entre la intensidad en I+D y el desempeño, medido por medio del retorno sobre ventas (ROS) y el retorno sobre activos (ROA).

Los resultados de este análisis constituyen un punto de partida importante para futuros estudios de carácter explicativo y proporcionan una comprensión inicial del papel del sector en la relación de la I+D con el desempeño empresarial. Parecen confirmarse algunas de las ideas encontradas en trabajos previos sobre los efectos directos que la inversión en I+D puede tener sobre el desempeño de la misma. Los resultados de este trabajo confirman la necesidad de introducir la variable “sector” en estudios que vinculen la I+D con el desempeño empresarial. Del mismo modo, es importante destacar que, puesto que la referencia utilizada para clasificar las empresas por su tamaño puede ser una importante fuente de variación entre los resultados, es también necesario en este tipo de investigaciones ser cuidadoso con la selección del criterio de clasificación.

Adicionalmente, la poca estabilidad de la estructura de las variables, detectada por medio del AFM, junto al hecho de que el estudio de una relación causal de este tipo exige un análisis longitudinal, hace atractivo un estudio que incorpore al análisis el desplazamiento de las fronteras tecnológicas y la evaluación de los efectos *spillover*. La utilización del Índice Malmquist podría ser una opción interesante puesto que con esta metodología se analizaría cuáles empresas son las que convierten verdaderamente su inversión en I+D en mejoras en eficiencia modificando su estructura *outputs/inputs* (cambio tecnológico) o en mejoras en eficiencia respecto al resto de empresas.

6. Referencias bibliográficas

Abascal, E. y Landaluce, M.I. (2002): “Análisis factorial múltiple como técnica de estudio de la estabilidad de los resultados de un análisis de componentes principales”, *Qüestió*, 1-2, pp. 109-122.

Becker, H. y Speltz, L. (1983): “Putting the S-curve concept to work”, *Research Management*, 26, 5, pp. 31-3.

Beneito, P. (2001): “R&D productivity and spillovers at the firm level: evidence from Spanish panel data”, *Investigaciones Económicas*, 2, pp.289-313.

Carroll, J.D. y Chang, J.J (1970): “Analysis of individual differences in multidimensional scaling via an n-way generalization of “Eckart-Young” decomposition”. *Psychometrika*, 35, 283-319.

Co, H.C. y Chew, K.S. (1997): “Performance and R&D expenditures in U.S. and Japanese manufacturing firms”, *International Journal of Production Research*, 12, pp. 3333-3348.

Chia-Hung, S. (2004): “Decomposing productivity growth in Taiwan’s manufacturing, 1981-1999”, *Journal of Asian Economics*, 15, pp. 759-776.

Chiesa, V. (2001): *R&D Strategy and Organization, Managing Technical Change in Dynamic Contexts*, Imperial College Press, London.

Cohen, W.M. y Klepper, S. (1996): “A reprise if size and R&D”. *The Economic Journal*, July, pp. 925-951.

Escofier, B. y Pagès, J., (1985): *Mise en oeuvre de L’Analyse Factorielle Multiple pour des Tableaux Numériques, Qualitatif, ou Mixtes*. Rapports de Recherche N° 429. Centre de Rennes, IRISA. France.

Escoufier, Y. (1973): “Le traitement des variables vectorielles”, *Biometrics*, 29, pp. 751–760.

Grabowski, H. y Mueller, D. (1978): "Industrial research and development, intangible capital stocks, and firm profit rates", *Bell Journal of Economics*, 9, pp. 328-343.

Griliches, Z. (1979): "Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth", *Bell Journal of Economics*, 10, pp. 92-116.

Griliches, Z. (1981): "Market Value, R&D and Patents", *Economic Letters*, 7, pp. 183-187.

Griliches, Z. (1986): "Productivity, R&D, and the basic research at the firm level in the 1970s" at the firm level", *American Economic Review*, 76, pp. 141-154.

Griliches, Z (1995): "R&D productivity: econometric results and measurement issues" en: *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Oxford.

Griliches, Z. y Mairesse, J. (1984): "Productivity and R&D at the firm level" en: Griliches, Z., *R&D, Patents and Productivity*. University of Chicago Press, Chicago.

Guangzhou Hu, A. (2001): "Ownership, government R&D, private R&D, and productivity in Chinese industry", *Journal of Comparative Economics*, 29, pp. 136-157.

Hadlock, P., Hecker D. y Gannon, J. (1991): "High technology employment: another view", *Monthly Labor Review* 114, pp. 26-30.

Hall, B. y Mairesse, J. (1995): "Exploring the relationship between R&D and productivity in French manufacturing firms", *Journal of Econometrics*, 65, pp. 263-293.

Hotelling, H. (1933): "Analysis of a Complex of Statistical Variables into Principal Components", *Journal of Educational Psychology*, 24, pp. 417-441, 498-520.

Huang, C.J. y Liu, C.J. (2005): "Exploration for the relationship between innovation, IT and performance", *Journal of Intellectual Capital*, 6, 2, pp. 237-252.

Kafouros, M.I. (2008): "Economic returns to industrial research", *Journal of Business Research*, 61, pp. 868-876.

Lavit, Ch. (1988): *Analyse Conjointe de Tableaux Quantitatifs*, Masson, Paris.

L'Hermier des Plantes (1976): "Structuration des tableaux a trois indices de la statistique: Théorie et application d'une méthode d'analyse conjointe", *Tesis Doctoral*, Université des Sciences et Techniques du Languedoc (USTL), Montpellier.

Lichtenberg, F.R. y Siegel, D. (1991): "The impact of R&D investment on productivity: New evidence using linked R&D-LRD data", *Economic Inquiry*, 29, pp. 203-228.

Luh, Y.H. y Chang, S.K. (1997): "Building the dynamic linkages between R&D and productivity growth", *Journal of Asian Economics*, 4, pp. 525-545.

OCDE, (1997): *The measurement of scientific and Technological Activities. Proposed guidelines for collecting and Interpreting Technological innovation data*. Oslo Manual 1996.

Odagiri, H. (1983): "R&D expenditures, royalty payments and sales growth in Japanese manufacturing corporations", *The Journal of Industrial Economics*, 32, pp. 61-71.

Odagiri, H., e Iwata, H. (1986): "The impact of R&D on productivity increase in Japanese manufacturing companies", *Research Policy*, 15, pp. 13-19.

Pearson, K., (1901): "On lines and planes of closest fit to systems of points in space", *Philosophical Magazine*, 2, pp. 559-572.

Ravenscraft, D. y Scherer, F.M. (1982): "The lag structure of returns to research and development", *Applied Economics*, 14, pp. 603-620.

Robert, P. y Escoufier, Y. (1976): "A unifying tool for linear multivariate statistical methods: the RV-coefficient", *Applied Statistics*, 25, pp. 257-265.

Schumpeter, J.A. (1934): *The Theory of Economic Development*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

Sengupta, J.K. (1999): "Efficiency measurements with R&D inputs and learning by doing", *Applied Economics Letters*, 6, pp. 629-632.

Sougiannis, T. (1994): "The accounting based valuation of corporate R&D", *The Accounting Review*, 1, pp. 44-68.

Thore, S., Phillips, F., Ruefli, T.W. y Yue, P. (1996): "DEA and the management of the product cycle: The U.S. computer industry", *Computer Operations Research*, 4, pp. 341-356.

Tsai, K.H., y Wang, J.C. (2005): "Does R&D performance decline with firm size? A re-examination in terms of elasticity", *Research Policy*, 34, pp. 966-976.

U.S. Small Business Administration (2008): *Table of Small Business Size Standards Matched to North American Industry Classification System Codes*.

Wakelin K. (2001): “Productivity growth and R&D expenditure in UK manufacturing firms”, *Research Policy*, 30, pp. 1079–1090.

Werner, B. y Souder, W. (1997a): “Measuring R&D performance: state of the art”, *Research Technology Management*, 2, pp. 34-42.

Werner, B y Souder, W. (1997b): “Measuring R&D performance: U.S. and German practices”, *Research Technology Management*, 3, pp. 28-32.

Whiteley, R., Parish, T., Dressler, R. y Nicholson, G. (1998): “Evaluating R&D performance using the new sales ratio”, *Research-Technology Management*, Sep-Oct, pp. 20-22.

Zhang, A., Zhang, Y. y Zhao, R. (2003): “A study of the R&D efficiency and productivity of Chinese firms”, *Journal of Comparative Economics*, 31, pp. 444-464.