

Enero 1993

Documento de Trabajo  
9301  
Estimación de un Modelo de Ecuaciones  
Simultáneas con VDL: Una Aplicación con  
Datos de la Industria Española\*

José M. Labeaga<sup>1</sup>

y

Ester Martínez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> U.N.E.D y Fundación Empresa Pública.

<sup>2</sup> Fundación Empresa Pública.

---

\* Agradecemos los comentarios de los miembros del Programa de Investigaciones Económicas de la Fundación Empresa Pública, de los asistentes al XVI Simposio de Análisis Económico celebrado en Barcelona y al XI Encuentro Latinoamericano de la Sociedad Econométrica celebrado en Méjico. Julio Segura, Jordi Jaumandreu, José Carlos Fariñas y Christian Aedo merecen mención especial por sus acertados comentarios y sugerencias. Los errores que pudieran quedar son responsabilidad nuestra.

Programa de Investigaciones Económicas

FUNDACION EMPRESA PUBLICA. Pza. Marqués de Salamanca, 8. 28006 Madrid.

Tf.: 577 79 45 - 577 79 48 ; Fax: (91) 575 56 41

## 1. Introducción.

La disponibilidad creciente de datos de empresa en España permite la realización de estudios de carácter microeconómico más complejos con el propósito de investigar el comportamiento de las empresas en decisiones tales como la penetración en mercados exteriores, la realización de actividades de innovación tecnológica o la obtención de mayores cuotas de mercado. El objetivo del trabajo es evaluar el proceso de toma de decisiones en el entorno de una empresa, bajo el supuesto que se llevan a cabo simultáneamente. Para ello, se plantea un modelo de ecuaciones en el marco de un mercado de competencia monopolística, con el que se trata de explicar como afectan las decisiones de innovación y exportación al nivel de actividad de las empresas y viceversa.

Una de las hipótesis habitualmente manejada en estudios de estas características es la relación positiva que existe entre el tamaño de las empresas y las actividades de exportación e innovación que realizan (véase, por ejemplo, Schumpeter (1942), Galbraith (1952) y Waterson (1984)). Por otra parte, las posibles diferencias en gastos de tecnología o en la dotación de factores, no implican necesariamente un incremento en el comercio (Krugman (1979), Scherer (1982)). Es posible, asimismo, que las decisiones de exportación e innovación estén afectadas por factores de oferta (cambios en los precios relativos de los productos en los dos mercados), factores de demanda (cambios en la cifra de ventas) o variables de estructura del mercado (Mansfield (1968) y Davis (1980)).

El modelo consta de tres ecuaciones que recogen empleo, exportaciones y realización de gastos en I+D. La particularidad del mismo radica en la existencia de dos variables endógenas con problemas de observabilidad (VDL), ya que no todas las empresas acceden a los mercados exteriores ni todas toman

decisiones de innovación. Esto constituye un hecho diferenciador respecto a otros estudios similares como Entorf y Pohlmeier (1990) con datos de empresas exportadoras alemanas y Ortí y Miravete (1991) con datos de empresas innovadoras de la Comunidad Valenciana. Su estimación se lleva a cabo siguiendo la metodología econométrica contenida en los trabajos de Maddala y Lee (1976), Lee (1978, 79), Nelson y Olson (1978), Amemiya (1978, 79) y Heckman (1978) y generalizada en el artículo de Lee (1981).

Una vez realizada la estimación, se contrasta la posible endogeneidad de algunas variables tratadas como exógenas en el modelo, así como, se intenta confirmar que la elección del conjunto de variables endógenas ha sido acertada. Para ello se aplica el test de exogeneidad que proponen Smith y Blundell (1986) que, adicionalmente, proporciona nuevas estimaciones de los parámetros de la forma estructural (FE).

La aplicación del estudio a la industria española se lleva a cabo utilizando el corte transversal correspondiente a 1986 de la Central de Balances del Banco de España (CB). La elección del período muestral está basada en la no disponibilidad de información para algunas variables con anterioridad a 1985 (caso de las exportaciones) y en la imposibilidad de utilizar algunas variables sectoriales con posterioridad a dicha fecha.

El trabajo se estructura de la siguiente manera: en los apartados 2 y 3 se presentan el marco teórico de referencia y las especificaciones econométricas. En la sección 4 se explican los datos y variables utilizadas y se comentan los resultados. En la sección 5 se concluye el artículo y se sugieren extensiones del mismo.

## **2. Marco teórico.**

El marco teórico de referencia en el que se sitúa el estudio es el

propuesto por Entorf y Pohlmeier (1990), donde se analiza un sistema de ecuaciones simultáneas que describe el comportamiento de las empresas en la toma de decisiones sobre el nivel de actividad, exportaciones y realización de gastos en I+D. Se considera enmarcado dentro de los estudios de estructura-comportamiento en el que se incluyen variables de comercio exterior (véase Newman y otros (1985)).

El modelo económico se caracteriza por una estructura de mercado de competencia monopolística donde confluyen dos tipos de empresas, dominantes y competitivas. Ambos grupos dirigen su producción a los mercados interno y externo, que se suponen independientes. Así pues, las demandas totales interna y externa ( $D_j^d$ ,  $D_j^e$ ) son atendidas por las producciones de las empresas dominantes y competitivas, tal y como queda recogido en las siguientes expresiones:

$$D_j^d = \sum_{i=1}^n d_{ij}^d + h_j^d \quad ; \quad D_j^e = \sum_{i=1}^m d_{ij}^e + h_j^e$$

siendo,  $i=1, \dots, n$  empresas dominantes en el mercado interno;  $i=1, \dots, m$  empresas dominantes en el mercado externo y  $j=1, \dots, J$  industrias. Los índices d y e representan los mercados interno y externo, respectivamente. Las diferencias existentes entre n y m pueden ser debidas a que las empresas dominantes no coincidan en ambos mercados, o que no todas ellas vendan en los mercados exteriores. Por otra parte, la producción total de la empresa dominante i en la industria j viene expresada como,  $d_{ij}^d + d_{ij}^e$ .

Dado que el análisis va dirigido a evaluar la decisión de las empresas dominantes en términos de nivel de producción (empleo), propensión a exportar y actividad innovadora, las funciones de producción contemplan tanto la cantidad a vender como la actividad innovadora de los productos. En

consecuencia, el estudio se centra en la maximización de los beneficios de la empresa dominante  $i$  en la industria  $j$ , definida como:

$$\Pi_{ij} = I^d(D_j^d, d_{ij}^d, AI_{ij}) + I^e(D_j^e, d_{ij}^e, AI_{ij}) - C(d_{ij}, w_{ij}, it_{ij}) - F(AI_{ij}, BC_{ij}, BD_{ij}) \quad (1)$$

Los signos esperados de las funciones de ingresos ( $I^d$ ,  $I^e$ ) respecto a la producción en los respectivos mercados son negativos y justificados por las pendientes de las curvas de demanda, mientras que respecto a la actividad innovadora ( $AI_{ij}$ ) se espera sean positivos.

El coste laboral  $w_{ij}$  es una variable exógena del modelo y tiene una incidencia directa sobre los costes de producción  $C(\cdot)$ . De la misma manera, el índice de productividad sectorial,  $it_{ij}$ , es una variable exógena pero inobservable. El efecto de la producción total de las empresas dominantes,  $d_{ij}$ , sobre la función de costes también es positivo. Esta formulación se corresponde con la de un modelo a corto plazo donde el trabajo es el único factor variable. La función de costes de innovación  $F(\cdot)$  tiene como argumentos dos variables que hacen referencia al tipo de industria:  $BC_{ij}$  que diferencia las empresas en productoras de bienes de consumo y de producción,  $BD_{ij}$  que distingue la durabilidad del producto, y una variable relativa a innovación ( $AI_{ij}$ ) que refleja el hecho de que las empresas que realizan gastos en innovación tienen mayores costes. Si se suponen los ingresos aditivamente separables, la ecuación (1) se puede escribir como:

$$\Pi_{ij} = \left[ p^d(D_j^d) + r^d AI_{ij} \right] (1 - \alpha_{ij}) d_{ij} + \left[ p^e(D_j^e) + r^e AI_{ij} \right] \alpha_{ij} d_{ij} - C\left(d_{ij}, w_{ij}, it_{ij}\right) - F\left(AI_{ij}, BC_{ij}, BD_{ij}\right) \quad (2)$$

siendo  $\alpha_{ij}$  la propensión exportadora definida como la parte de la producción que se destina al mercado exterior, es decir  $d_{ij}^e/d_{ij}$ . La rentabilidad relativa de la innovación en cada mercado viene expresada por  $r^d$  y  $r^e$ , y los precios respectivos por  $p^d$  y  $p^e$ . Maximizando (2) respecto a  $d_{ij}$ ,  $\alpha_{ij}$  y  $AI_{ij}$  se obtienen las condiciones de primer orden (CPO) siguientes:

$$\left( \frac{\partial p^d(D_j^d)}{\partial d_{ij}} d_{ij} + p^d + r^d AI_{ij} \right) (1 - \alpha_{ij}) + \left( \frac{\partial p^e(D_j^e)}{\partial d_{ij}} d_{ij} + p^e + r^e AI_{ij} \right) \alpha_{ij} - \frac{\partial C(d_{ij}, w_{ij}, it_{ij})}{\partial d_{ij}} = 0 \quad (3.1)$$

$$p^e - p^d + (r^e - r^d) AI_{ij} + \frac{\partial p^d(D_j^d)}{\partial \alpha_{ij}} (1 - \alpha_{ij}) + \frac{\partial p^e(D_j^e)}{\partial \alpha_{ij}} \alpha_{ij} = 0 \quad (3.2)$$

$$r^d (1 - \alpha_{ij}) d_{ij} + r^e \alpha_{ij} d_{ij} - \frac{\partial F(AI_{ij}, BC_{ij}, BD_{ij})}{\partial AI_{ij}} = 0 \quad (3.3)$$

La interpretación económica de las ecuaciones (3.1) y (3.2) es que en el óptimo los costes marginales son iguales a los ingresos marginales derivados de un cambio en la producción total, obtenidos como suma de los ingresos marginales en cada mercado ponderados por las participaciones de las empresas en ambos mercados. La tercera ecuación implica que la suma de los ingresos marginales debida a la innovación en los dos mercados es igual al coste marginal de la innovación.

Dado que no estamos en un mercado competitivo, las decisiones sobre producción afectarán a los precios. Por lo tanto, el efecto de los precios en el mercado interior ante un cambio en la producción de la empresa dominante deberá expresarse en términos de elasticidades y conjeturas,

$$\frac{\partial p^d(D_j^d)}{\partial d_{ij}} = - (1-\alpha_{ij}) \frac{p^d}{D_j^d} \frac{1}{\epsilon_j^d} \left\{ 1 + \sum_{\substack{r=1 \\ r \neq i}}^n \frac{d_{rj}^d}{d_{ij}^d} \mu_{rij}^d + \frac{\eta_j^d}{1-\alpha_j} \frac{h_j^d}{p^d} \frac{\partial p^d}{\partial d_{ij}} \right\} \quad (4)$$

siendo  $\epsilon_j^d$  la elasticidad precio de la demanda del mercado interior;  $\eta_j^d$  la elasticidad precio de la oferta de las empresas competitivas en el mercado interior y  $\mu_{rij}^d$  la elasticidad conjeturada por la empresa  $i$  acerca de las reacciones de la empresa  $r$  en el mercado interior. Para simplificar el análisis posterior, se supondrá que  $\mu_{rij}^d$  es igual para todas las empresas, es decir,  $\mu_{rij}^d = \mu_{ij}^d$ , para todo  $r$ . Estos supuestos permiten expresar (4) como:

$$\begin{aligned} \frac{\partial p^d(D_j^d)}{\partial d_{ij}} &= - \frac{p^d(D_j^d)}{D_j^d} \left\{ (1+b - a_j)(1-\alpha_{ij}) + \frac{K_j^d D_j^d}{d_{ij}^d} a_j \right\} \left( \epsilon_j^d + \eta_j^d (1 - K_j^d) \right)^{-1} \\ &= f^d(d_{ij}, \alpha_{ij}, D_{ij}^d, K_j^d, \epsilon_j^d, \eta_j^d, a_j, b) \end{aligned} \quad (5)$$

De esta forma, se obtiene una expresión operativa a nivel empírico en función de un ratio de concentración de las empresas dominantes en la industria  $j$  en el mercado interno  $K_j^d$ , que definiremos más adelante, y de la cuota de mercado de la empresa dominante  $i$  sobre la producción del resto de empresas dominantes en el mercado interior,  $s_{ij}^d$ . El primer concepto recoge el poder de mercado de cada industria y el segundo la representación de cada empresa en el sector. Adicionalmente, se presenta un problema con la elasticidad conjeturada, ya que no es posible observar las reacciones de las empresas rivales. Parece razonable expresar esta elasticidad en función de variables observadas, suponiendo que las reacciones de las rivales varían según el tamaño relativo de la empresa  $i$  como argumentan Newman y otros (1985), es decir,  $\mu_{ij}^d = a_j + b s_{ij}^d / (1-s_{ij}^d)$ . El parámetro  $a_j$  recoge los factores institucionales específicos de la industria  $j$  y  $b$  ( $b > 0$ ) es un

parámetro común a todas las empresas.

Para el mercado externo se asumirá un comportamiento Cournot de las empresas, es decir,  $\mu_{ij}^e$  igual a 0. Este supuesto es razonable si creemos que el tamaño de este mercado es grande y menos transparente que el interno. La expresión (6) resume el efecto de los precios sobre la producción en dicho mercado:

$$\frac{\partial p_j^e(D_j^e)}{\partial d_{ij}} = - \frac{p_j^e(D_j^e)}{D_j^e} \alpha_{ij} \left( \varepsilon_j^e + \eta_j^e(1 - K_j^e) \right)^{-1} = f^e(\alpha_{ij}, D_j^e, K_j^e, \varepsilon_j^e, \eta_j^e) \quad (6)$$

Sustituyendo (5) y (6)<sup>1</sup> en las CPO (3.1)-(3.3), se obtiene el sistema de ecuaciones simultáneas susceptible de estimación:

$$G_1(Y_{1ij}, X_{1ij}, \vartheta_1) = \left( f^d(\cdot) d_{ij} + p^d(D_j^d) + r^d A I_{ij} \right) (1 - \alpha_{ij}) + \\ + \left( f^e(\cdot) d_{ij} + p^e(D_j^e) + r^e A I_{ij} \right) \alpha_{ij} - \frac{\partial C(d_{ij}, w_{ij}, it_{ij})}{\partial d_{ij}} = 0 \quad (7.1)$$

$$G_2(Y_{2ij}, X_{2ij}, \vartheta_2) = p^e(D_j^e) - p^d(D_j^d) + (r^e - r^d) A I_{ij} + d_{ij} \left( f^e(\cdot) - f^d(\cdot) \right) = 0 \quad (7.2)$$

$$G_3(Y_{3ij}, X_{3ij}, \vartheta_3) = r^d(1 - \alpha_{ij}) d_{ij} + r^e \alpha_{ij} d_{ij} - \frac{\partial F(A I_{ij}, B C_{ij}, B D_{ij})}{\partial A I_{ij}} = 0 \quad (7.3)$$

Como argumentos de las ecuaciones que reflejan las decisiones óptimas de las empresas en términos de las variables endógenas consideradas  $Y_{kij}$ , los

---

<sup>1</sup> Nótese que:  $\frac{\partial p^d}{\partial \alpha_{ij}} = - d_{ij} \frac{f^d(\cdot)}{1 - \alpha_{ij}}$  ;  $\frac{\partial p^e}{\partial \alpha_{ij}} = d_{ij} \frac{f^e(\cdot)}{\alpha_{ij}}$

vectores  $X_{kij}$  ( $k = 1, 2, 3$ ) están compuestos de variables específicas de empresa y de sector que se discuten en la sección 4. Finalmente, los vectores  $\vartheta_k$  ( $k = 1, 2, 3$ ) incorporan los parámetros relevantes en cada ecuación.

### 3. Métodos de estimación.

Numerosas aplicaciones económicas en las que se utilizan datos individuales, se enfrentan al mismo tiempo con VDL y simultaneidad. En general, se ha producido un tratamiento separado de ambas cuestiones. Bien se plantean modelos univariantes de elección discreta, truncados o censurados, olvidando el problema de la simultaneidad, bien se aborda este último con modelos lineales. Uno u otro enfoque olvidan un posible problema de sesgos en los modelos estimados: en el primer caso relativos a especificación, en el segundo de simultaneidad.

En este trabajo, se propone abordar de forma conjunta la toma de decisiones simultáneas de las empresas en la determinación de la cifra de empleo, la propensión a exportar y la realización de gastos en I+D. Para ello, se sigue la metodología desarrollada por Maddala y Lee (1976), Lee (1978, 79), Nelson y Olson (1978), Amemiya (1978, 79), y Heckman (1978) que consideran la estimación consistente de modelos de estas características. El estudio pretende ir más allá, ampliando los análisis citados al caso de varias VDL (o binarias) en la línea que propone Lee (1981).

Las CPO (7.1)-(7.3) contemplan tres variables endógenas, dos de ellas con problemas de observabilidad, propensión a exportar y realización de gastos en I+D y una tercera continua, empleo. Las ecuaciones estructurales se pueden escribir en forma estocástica:

$$Y_{1i} = \alpha_1 Y_{2i}^* + \alpha_2 Y_{3i}^* + \beta_1' X_{1i} + u_{1i} \quad (8.1)$$

$$Y_{2i}^* = \alpha_3 Y_{1i} + \alpha_4 Y_{3i}^* + \beta_2' X_{2i} + u_{2i} \quad i = 1, \dots, N \quad (8.2)$$

$$Y_{3i}^* = \alpha_5 Y_{1i} + \alpha_6 Y_{2i}^* + \beta_3' X_{3i} + u_{3i} \quad (8.3)$$

donde, en nuestro caso,  $Y_{1i}$ ,  $Y_{2i}^*$ ,  $Y_{3i}^*$  son respectivamente el empleo, la propensión a exportar y la existencia de gastos en I+D.  $X_{ki}$ , ( $k=1, 2, 3$ ), son vectores de variables exógenas de orden  $r_k$ . Los  $\alpha$ 's y  $\beta$ 's son parámetros y supondremos que  $u_i = (u_{1i}, u_{2i}, u_{3i})'$  se distribuye como una  $N(0, \Sigma)$ .

Para las ecuaciones (8.2) y (8.3), se supondrá un proceso general que relaciona la variable latente con la observada:

$$Y_{ki} = g_k(Y_{ki}^*) \quad (k = 2, 3) \quad (9)$$

donde  $g_k$  es cualquier mecanismo de censura de los comúnmente especificados en la literatura (Probit, Tobit, etc.). Los parámetros del sistema están identificados bajo condiciones de rango y supuestos adecuados de normalización que se discuten en el Anexo A. La forma reducida (FR) del sistema (8.1)-(8.3) se puede escribir (en notación matricial) como:

$$Y_k = X \Pi_k + v_k \quad k = 1, 2, 3 \quad (10)$$

donde  $X$  es la matriz de variables exógenas de orden  $N \times K$ .

El sistema puede ser estimado por Máxima Verosimilitud (MV) pero las expresiones resultantes son extremadamente complicadas. Sin embargo, resulta sencillo estimar consistentemente el modelo mediante procedimientos en dos etapas. Bajo los supuestos de los modelos Tobit ( $g_2$ ) y Probit ( $g_3$ ), se pueden obtener estimaciones MCO de  $\Pi_1$  y MV de  $\Pi_2$  y  $\Pi_3$  en la primera etapa. En una

segunda etapa, con los estimadores consistentes  $\hat{\Pi}_k$  ( $k=1, 2, 3$ ), se estiman los parámetros estructurales por MCO y MV con los anteriores supuestos para  $g_k$  ( $k=2, 3$ ). En adelante, nos referiremos a estos estimadores como método de Nelson-Olson, estando recogidas las expresiones de los mismos en el Anexo A.

Sin embargo, como demuestra Amemiya (1977, 78), los estimadores de Nelson-Olson no son eficientes. Los parámetros estructurales pueden obtenerse por métodos MC a partir de las estimaciones de la FR. Las relaciones entre las FR y FE se pueden expresar:

$$\begin{aligned}\hat{\Pi}_1 &= \hat{Z}_1 \delta_1 + \varepsilon_1 \\ \hat{\Pi}_2 &= \hat{Z}_2 \delta_2 + \varepsilon_2 \\ \hat{\Pi}_3 &= \hat{Z}_3 \delta_3 + \varepsilon_3\end{aligned}\tag{11}$$

donde  $\hat{Z}_1 = (\hat{\Pi}_2, \hat{\Pi}_3, J_1)$ ,  $\hat{Z}_2 = (\hat{\Pi}_1, \hat{\Pi}_3, J_2)$ ,  $\hat{Z}_3 = (\hat{\Pi}_1, \hat{\Pi}_2, J_3)$  y  $J_k$  ( $k=1, 2, 3$ ) son matrices de selección de orden  $K \times r_k$  con ceros y unos en posiciones adecuadas tales que:  $XJ_k = X_k$ .  $\delta_1' = (\alpha_1, \alpha_2, \beta_1')$ ,  $\delta_2' = (\alpha_3, \alpha_4, \beta_2')$  y  $\delta_3' = (\alpha_5, \alpha_6, \beta_3')$  son los vectores de parámetros estructurales y  $\varepsilon_k$  ( $k=1, 2, 3$ ) los términos de error que, como se puede comprobar, están correlacionados (véase Amemiya (1978, 79) para más detalles). Con todo ello, las expresiones de los estimadores MCO y MCG son:

$$\hat{\delta}_{k,MCO} = \left( Z_k' Z_k \right)^{-1} Z_k' \hat{\Pi}_k \tag{12}$$

$$k = 1, 2, 3$$

$$\hat{\delta}_{k,MCG} = \left( Z_k' \hat{V}_k^{-1} Z_k \right)^{-1} Z_k' \hat{V}_k^{-1} \hat{\Pi}_k \tag{13}$$

siendo  $\hat{V}_k$  un estimador consistente de la matriz de varianzas y covarianzas de  $\varepsilon_k$  obtenido de la forma que se detalla en el Anexo A.

Los tres métodos expuestos proporcionan estimadores consistentes y

asintóticamente normales si se cumplen los supuestos sobre las perturbaciones, siendo los estimadores MCG más eficientes que los de Nelson-Olson y MCO, no pudiendo realizarse comparaciones generales de eficiencia entre estos dos últimos (véase Anexo A para más detalles). Para concluir, apuntar que obtener estimadores consistentes es sencillo con los métodos de Nelson-Olson o MCO. Pero, si se valora la eficiencia (a pesar de la complejidad) se deben calcular los MCG. Además, como señala Amemiya (1979) si se trata de ganar eficiencia se puede aplicar MC en tres etapas aunque, posiblemente, la mejora que se obtenga no compense la dificultad que conlleva la aplicación de dicho método.

#### 4. Datos y resultados.

##### *Datos y variables*

La base de datos utilizada en el estudio ha sido la CB correspondiente a 1986. Dicha encuesta ofrece información de empresas industriales. Dado que se utilizan variables de sector disponibles para la Encuesta Industrial (EI), se ha realizado una correspondencia entre ella y la CB, que se presenta en el Anexo B. Tras depurar los datos que presentan observaciones erróneas<sup>2</sup> en algunas variables, la muestra final resultante contiene 2447 empresas.

Las variables endógenas son empleo<sup>3</sup> (LTOTP), propensión a exportar (PROPEX) y existencia de gastos en I+D (DID). De las tres, sólo LOTOP es observable de forma continua, mientras que para PROPEX y DID se constata la existencia de un porcentaje importante de empresas que no realizan una o ambas actividades. En concreto, el 40,83% de las empresas encuestadas no exportan y

---

<sup>2</sup> Se eliminan las empresas cuya cifra de ventas o volumen de empleo son 0 y aquellas en que el volumen de exportación es superior a las ventas.

<sup>3</sup> El nivel de actividad de una empresa se puede aproximar de dos maneras, a través del volumen de ventas o del empleo. En este trabajo se utiliza el empleo para evitar problemas de correlación con la variable propensión a exportar.

el 85,29% declaran no realizar ningún tipo de gasto en actividades de I+D.

LTOTP está definida como la suma de personal fijo y eventual (o de temporada) medios<sup>4</sup> expresada en logaritmos. PROPEX mide el porcentaje de las ventas totales que se dirigen al mercado exterior y DID es una variable ficticia que toma valor uno para aquellas empresas que afirman efectuar gastos en I+D, o que realizan pagos o perciben ingresos por tecnología, y cero en caso contrario<sup>5</sup>.

Las variables exógenas pueden agruparse en dos grandes tipos: aquellas para las que se dispone de información para las empresas (LW y DVENT) y las definidas con carácter sectorial (BCBI, BD, K10, PR, BCK y BDK).

LW son los costes medios laborales. Se construyen como el cociente entre los gastos de personal y el número medio de empleados por empresa, y se expresan en logaritmos. DVENT es la tasa de crecimiento de las ventas en 1986 en términos reales y es una aproximación a los cambios en la demanda interna<sup>6</sup>.

BCBI es una variable ficticia que asigna valor 1 a las empresas productoras de bienes de consumo y 0 a las de bienes de inversión, según la clasificación de la CB (Martínez (1991)). BD es otra variable de diferenciación de industrias y se construye asignando valor 1 a las empresas productoras de bienes duraderos y 0 a las de no duraderos. El efecto esperado de la variable BCBI sobre las innovaciones de producto es negativo, esto es, las actividades de I+D son más costosas en las empresas productoras de bienes

---

<sup>4</sup> El personal eventual medio está calculado como el número medio de empleados eventuales por el número medio de semanas trabajadas dividido por 52 semanas/año.

<sup>5</sup> Con la información disponible no es posible diferenciar entre innovación de producto y de proceso, pero sí la existencia de alguna o ambas.

<sup>6</sup> A pesar de los problemas derivados de la implantación del IVA en 1986, no se ha realizado ninguna corrección en las cifras de ventas, suponiendo que recogen el mismo concepto en ambos periodos.

de producción que en las de bienes de consumo. Estas relaciones pueden ampliarse con interacciones entre concentración y tipos de bienes (BCK y BDK). Están obtenidas por producto entre el ratio de concentración y las variables de diferenciación de producto y recogen los efectos de variaciones en la estructura del mercado e industria sobre las actividades innovadoras. El signo esperado para los coeficientes de estas variables será positivo para aquellas empresas productoras de bienes de consumo y negativo para las especializadas en bienes duraderos (véase Waterson (1984)).

El ratio de concentración utilizado, K10, representa el porcentaje de producción de los diez mayores establecimientos (entendiendolos como el grupo de empresas dominantes) calculado para los sectores de la EI, ponderado por la representación de cada sector en la producción bruta total, para hacerlos corresponder con los sectores de la CB.

Finalmente, PR es el cociente entre los precios de las exportaciones<sup>7</sup> y los interiores (Lorenzo (1991)), es pues un índice que aproxima la evolución relativa de los precios de las exportaciones y de la producción interior durante la primera mitad de la década de los 80.

En el análisis empírico se ha procedido a desagregar las dos variables para las que se dispone de datos individuales, LW y DVENT, por dos motivos. Primero, tratar de obtener las mejores predicciones posibles de las variables endógenas para la estimación de los parámetros de la segunda etapa. Segundo, por la posibilidad de que existieran diferentes efectos sectoriales que, de otra forma, no quedaban recogidos. Por tanto, LW<sub>i</sub> toma el valor de los costes medios laborales cuando la empresa pertenece al sector *i* y 0 en caso contrario

---

<sup>7</sup> Variable obtenida de Martínez (1991) a partir de los datos proporcionados por la Dirección General de Aduanas e Impuestos Especiales del Ministerio de Economía y Hacienda.

y DVENT<sub>i</sub> toma el valor de la tasa de crecimiento de las ventas para una empresa perteneciente al sector *i*, tomando el valor 0 en caso contrario. La clasificación sectorial utilizada es la correspondiente a la NACE-CLIO (R-25) a 14 sectores.

### *Resultados empíricos*

La estimación del sistema se realiza de la siguiente forma: en la primera etapa se estima la ecuación de empleo por MCO, las de exportaciones y existencia de gastos en I+D por MV (bajo los supuestos de los modelos Tobit y Probit, respectivamente). Los estimadores de la FE se obtienen mediante los tres procedimientos alternativos ya mencionados.

En primer lugar, se realizaron las estimaciones suponiendo que los efectos de los salarios sobre el empleo y de las ventas internas sobre las exportaciones eran los mismos para todos los sectores. Este supuesto resulta claramente restrictivo por lo que se creyó conveniente la desagregación de dichas variables.

El Cuadro 1 presenta los resultados obtenidos mediante el método Nelson-Olson. En la primera ecuación, YFIT2 e YFIT3 tienen una influencia limitada en el empleo. Tanto las exportaciones como la realización de innovaciones tecnológicas afectan positivamente la toma de decisiones relativas al volumen de empleo contratado por la empresa. El salario parece estar incidiendo de forma nítida sobre el empleo. Su signo, contrario al que se espera, es posible explicarlo a través de la relación positiva que existe entre empresas de gran tamaño (caso de la muestra estudiada) y salarios medios pagados por ellas. Tan sólo Máquinas de oficina muestra un menor efecto, quizás por la propia diversidad que entraña dicho sector. Sin embargo, tanto el signo como su interpretación son típicos en estudios de economía industrial. Oi (1983) sugiere que dicho comportamiento puede venir dado como

respuesta a la existencia de una mayor demanda de trabajadores cualificados por parte de las empresas, por los que, necesariamente, se ha de pagar una mayor remuneración.

Pero, tal vez una explicación más acorde dentro del marco teórico utilizado es que el coeficiente de los salarios pueda estar recogiendo, además, factores definidos en la variable tecnológica de las empresas (por ejemplo, el índice de productividad) que no son observables y que, tampoco, son controlables en este contexto.

En la segunda ecuación, el signo de YFITI confirma la hipótesis de que existe una influencia positiva del volumen de empleo sobre la propensión exportadora, en el sentido de mayor competitividad. El signo negativo del coeficiente de las innovaciones tecnológicas muestra que la rentabilidad interna de las mismas es mayor que la externa, aunque el efecto no se ha estimado de forma precisa. El coeficiente correspondiente al ratio de concentración, positivo y muy significativo, refleja la existencia de una mayor propensión a exportar cuando el mercado interno está más concentrado. Además, hemos de pensar que esta variable, dada su definición, está recogiendo efectos sectoriales no observables y, por tanto, no es más que un conjunto de variables ficticias con restricciones.

Por otra parte, en la variable de índice de precios relativos recae una gran influencia de la demanda sobre la exportación. Su signo es el adecuado, indicando mayor propensión a exportar en empresas pertenecientes a sectores con precios relativos más altos. El indicador desagregado del crecimiento de las ventas muestra distintos efectos sectoriales; en sectores considerados de demanda débil o media<sup>8</sup>, un crecimiento de la demanda interna reduce

---

<sup>8</sup> La Clasificación sectorial considerada es la correspondiente a los nueve principales países de la OCDE, calculada para el decenio 1972-1982 según el

significativamente la propensión exportadora de las empresas, siendo esta disminución especialmente importante en el sector de Alimentación, bebidas y tabaco. Las demandas interna y externa se mueven en el mismo sentido en Productos químicos y Minerales y productos metálicos, mientras que en el resto de sectores la actividad exterior no se ve influenciada significativamente por variaciones en las ventas interiores. Se confirma, en general, la existencia de un efecto negativo de la elasticidad de la demanda interna sobre la propensión a exportar, tal como predice el modelo.

Finalmente, en la ecuación que recoge la existencia de innovaciones tecnológicas no se puede rechazar la hipótesis de Schumpeter al obtener un signo positivo en el empleo. Sin embargo, el signo de YFIT2 se contradice con la conclusión extraída de la ecuación 2, donde se detectaba una baja rentabilidad externa; no obstante, el coeficiente no es significativo, por lo que parece razonable seguir suponiendo que las empresas grandes y exportadoras encuentran una mayor rentabilidad interna en las innovaciones. Los coeficientes de las variables que indican el tipo de industria presentan signos negativos, aunque no son muy significativos, cuestionando la hipótesis del modelo teórico de que los costes marginales de la innovación de producto son menores para las industrias productoras de bienes de consumo y de bienes duraderos.

Los resultados obtenidos con el método MCO propuesto por Amemiya, Cuadro 2, confirman los ya comentados con anterioridad. Los signos se mantienen en todos los casos, observándose pocas diferencias en las magnitudes de los coeficientes de las tres ecuaciones. Cabe resaltar que, en algunos sectores, se incrementa la magnitud de los efectos de las exportaciones y las

---

crecimiento de su demanda interna real.

innovaciones sobre el empleo en detrimento del de los salarios; se reducen los efectos del empleo y las innovaciones sobre la propensión exportadora y se incrementan los del empleo y las exportaciones sobre la actividad innovadora.

En el Cuadro 3 están recogidos los resultados obtenidos mediante el método MCG, en terminología de Amemiya, que proporciona estimadores eficientes. La mejora es notable en dos aspectos. Primero, en el signo obtenido para el coeficiente de la propensión exportadora en la ecuación de innovaciones. Con los procedimientos anteriores dicho signo era positivo, lo que contradecía las conclusiones extraídas en la segunda ecuación respecto a que la rentabilidad interna de las innovaciones supera su rentabilidad externa que, a su vez, debiera implicar una mayor probabilidad de innovar en empresas más orientadas al mercado interior. Con el último método se obtiene un signo negativo confirmando la hipótesis de existencia de una rentabilidad externa menor. Este resultado se puede explicar por el grado de competitividad que deben adquirir los productos interiores para competir en el mercado exterior, bien introduciendo nuevos productos, bien incorporando mejoras técnicas y de calidad, que son costosas y pueden no compensarse con mayores cuotas en dichos mercados. Segundo, la significatividad de los coeficientes aumenta en coherencia con la eficiencia del método utilizado. Las implicaciones económicas para el resto de variables exógenas de las tres ecuaciones son las mismas que las apuntadas previamente.

Se han realizado estimaciones suponiendo que la decisión sobre la propensión a exportar sigue un proceso en dos etapas (modelo de selección de muestra, Heckman (1979)), donde en la primera se determina la probabilidad de exportar mediante un modelo de elección discreta y en la segunda se modeliza la variable en su tramo continuo aplicando MCO, ampliando la ecuación con el factor de corrección (inverso del ratio de Mill). Sin embargo, no se incluyen

los resultados debido a la no significatividad de dicho factor y al empeoramiento en los resultados de los coeficientes de la FE.

Queda por resolver un problema que hace referencia a la posible endogeneidad de algunas variables consideradas y tratadas como exógenas en el modelo: el ratio de concentración y la tasa de crecimiento de las ventas interiores. La primera preocupación consiste en contrastar si resulta adecuado suponerlas débilmente exógenas en la estimación de la FR. Para realizar este contraste se utilizan dos variables explicativas adicionales como instrumentos para K10 y DVENT en la estimación de las ecuaciones (10): el tamaño mínimo eficiente<sup>9</sup> y el logaritmo de las ventas en 1985, respectivamente. El segundo contraste permite confirmar si la estimación uniecuacional es adecuada o si rechazamos exogeneidad débil y, por tanto, es correcta la elección del conjunto de variables endógenas.

El test desarrollado por Smith y Blundell (1986) es aplicable a ambos casos (véase, además, Entorf y Pohlmeier (1991)). La segunda aplicación del test proporciona un nuevo conjunto de estimaciones de la FE (para las ecuaciones de determinación de PROPEX y DID) obtenidos mediante un procedimiento de MV condicional (Smith y Blundell (1986)), que se presentan en el Cuadro 4. Los resultados son muy similares a los obtenidos mediante el método MCG de Amemiya.

En relación a los resultados, en primer lugar, se rechaza (a los niveles habituales de significación) que el ratio de concentración sea una variable exógena en la ecuación de decisión de exportaciones, aunque no se puede rechazar la hipótesis de exogeneidad débil para ambas variables en el resto de

---

<sup>9</sup> Esta variable ha sido construida a partir del trabajo de Velázquez (1991). Dado que está disponible únicamente para los sectores de la EI, se ha realizado una ponderación para adecuarla a la CB de la misma forma que para el resto de variables con variación sectorial.

las ecuaciones. En segundo lugar, la estimación uniecuacional considerando débilmente exógenas LTOTP y DID en (8.2) y LTOTP y PROPEX en (8.3) (y consecuentemente PROPEX y DID en (8.1)) hubiese originado sesgos de simultaneidad.

Se puede concluir afirmando, aunque con ciertas matizaciones, que no se rechaza la hipótesis de simultaneidad en las decisiones de las empresas. Por otra parte, desde el punto de vista econométrico, los estimadores obtenidos mediante el método MCG de Amemiya son más eficientes que los proporcionados por los de Nelson-Olson y MCO. Las diferencias en los coeficientes no son muy acusadas cuando se comparan los resultados obtenidos con los tres métodos, como cabía esperar a priori. El resultado económico más interesante que se produce en el proceso de estimación es la corrección de las incoherencias en el signo de la variable de propensión exportadora en la ecuación de decisión de innovaciones tecnológicas.

## **5. Conclusiones y extensiones.**

En este trabajo se efectúa una aplicación de un modelo de ecuaciones simultáneas con VDL utilizando datos de empresas industriales para la economía española en el que se contempla la posibilidad de que las decisiones sobre el volumen de empleo, la propensión a exportar y la actividad innovadora se determinen de forma simultánea.

Los resultados del modelo son, con algunas excepciones, satisfactorios. La hipótesis de simultaneidad entre las tres variables endógenas se constata, fundamentalmente, entre la determinación del volumen de empleo y la actividad exportadora (en ambos sentidos) y entre la decisión de realizar actividades tecnológicas y el empleo, quedando confirmada a la vista de los contrastes de exogeneidad llevados a cabo.

Desde el punto de vista económico, no se pueden rechazar las hipótesis de Krugman y Schumpeter. Por otra parte, la variable de interacción entre concentración y empresas que producen bienes de consumo muestra un comportamiento distinto del esperado, aunque el coeficiente no es significativo. La variable de demanda interna incide en gran medida sobre la actividad exportadora en aquellos sectores clasificados como de demanda baja o media. Asimismo, el efecto reflejado por el precio relativo entre los bienes de ambos mercados es el esperado y está estimado de forma muy precisa según todos los métodos. Finalmente, parece bastante concluyente que es mayor la rentabilidad de la actividad innovadora canalizada hacia el mercado interior.

Desde el punto de vista estadístico, los estimadores MCG de Amemiya son más eficientes que los obtenidos mediante los métodos de Nelson-Olson y MCO, no observándose diferencias significativas en los valores de los coeficientes, lo que confirma la consistencia de los procedimientos empleados. Finalmente, entre los resultados de estos dos últimos procedimientos no se pueden establecer comparaciones generales de eficiencia.

Las extensiones de este análisis pueden ir en dos direcciones. En primer lugar, al rechazar la hipótesis de exogeneidad para la variable concentración, podría ser conveniente introducirla como variable endógena en un modelo más amplio. En segundo lugar, el modelo se puede estimar consistentemente por otros métodos, como apuntan Blundell y Smith (1989). En este caso, surge un problema añadido por la necesidad de comparar (y contrastar) la eficiencia entre los mismos mediante, por ejemplo, procedimientos  $\chi^2$ .

**CUADRO 1. Parámetros estimados - Método de Nelson-Olson.**

Variable	Ec. 1	Ec. 2	Ec. 3
C	3.7503 (0.43)	-0.6797 (0.10)	-3.5049 (0.76)
YFIT1	---	0.0900 (0.02)	0.5739 (0.17)
YFIT2	0.3861 (0.25)	---	0.1010 (0.28)
YFIT3	0.1007 (0.19)	-0.0676 (0.02)	---
LW1	1.6625 (0.42)	---	---
LW2	2.2263 (0.62)	---	---
LW3	0.9334 (0.44)	---	---
LW4	0.9850 (0.42)	---	---
LW5	1.0185 (0.40)	---	---
LW6	0.7353 (0.45)	---	---
LW7	0.6543 (1.00)	---	---
LW8	1.6387 (0.53)	---	---
LW9	2.1584 (0.56)	---	---
LW10	1.2736 (0.36)	---	---
LW11	1.4522 (0.50)	---	---
LW12	0.9535 (0.44)	---	---
LW13	1.2262 (0.60)	---	---
LW14	0.9437 (0.66)	---	---
K10	-0.0015 (0.01)	0.0026 (4E-4)	---
DVENT1	---	-0.3642 (0.23)	---
DVENT2	---	0.0968 (0.04)	---
DVENT3	---	-0.1171 (0.05)	---
DVENT4	---	0.0969 (0.04)	---
DVENT5	---	-0.0956 (0.04)	---
DVENT6	---	-0.0512 (0.05)	---
DVENT7	---	-0.2115 (0.32)	---
DVENT8	---	-0.0036 (0.01)	---
DVENT9	---	-0.0066 (0.01)	---
DVENT10	---	-0.3271 (0.06)	---
DVENT11	---	-0.1582 (0.06)	---
DVENT12	---	-0.4217 (0.13)	---
DVENT13	---	0.0174 (0.14)	---
DVENT14	---	-0.0400 (0.12)	---
PR	---	0.1590 (0.02)	---
BCBI	---	---	-0.4474 (0.35)
BD	---	---	-0.8064 (0.52)
BCK	---	---	-0.0018 (0.01)
BDK	---	---	0.0251 (0.02)
$R^2$ -Pseudo- $R^2$	0.20	0.08	0.08
% aciertos	---	67.88	84.59

**Notas.**

1. Pseudo- $R^2$  de Aldrich y Nelson (1984).
2. Errores standard consistentes entre paréntesis.

**CUADRO 2. Parámetros estimados - Método MCO de Amemiya.**

Variable	Ec. 1	Ec. 2	Ec. 3
C	3.5120 (1.63)	-0.3322 (0.13)	-3.8132 (1.20)
YFIT1	---	0.0695 (0.02)	0.6662 (0.30)
YFIT2	0.4847 (0.45)	---	0.3064 (0.58)
YFIT3	0.3704 (0.74)	-0.0135 (0.02)	---
LW1	1.9003 (1.09)	---	---
LW2	2.1800 (0.85)	---	---
LW3	1.1542 (0.79)	---	---
LW4	0.6392 (1.20)	---	---
LW5	1.2907 (0.65)	---	---
LW6	0.4076 (1.08)	---	---
LW7	0.6356 (1.09)	---	---
LW8	1.6173 (1.33)	---	---
LW9	2.0078 (1.31)	---	---
LW10	0.8668 (0.75)	---	---
LW11	0.8091 (0.87)	---	---
LW12	1.1328 (0.84)	---	---
LW13	1.1212 (1.29)	---	---
LW14	1.0744 (0.84)	---	---
K10	0.0063 (0.01)	0.0011 (7E-4)	---
DVENT1	---	-0.7785 (0.23)	---
DVENT2	---	0.0357 (0.04)	---
DVENT3	---	0.0009 (0.05)	---
DVENT4	---	0.0781 (0.04)	---
DVENT5	---	-0.0014 (0.04)	---
DVENT6	---	-0.0508 (0.05)	---
DVENT7	---	-0.0125 (0.33)	---
DVENT8	---	-0.0110 (0.01)	---
DVENT9	---	0.0012 (0.01)	---
DVENT10	---	-0.3058 (0.06)	---
DVENT11	---	-0.1635 (0.06)	---
DVENT12	---	-0.3241 (0.13)	---
DVENT13	---	-0.0047 (0.15)	---
DVENT14	---	-0.1054 (0.12)	---
PR	---	0.0238 (0.02)	---
BCBI	---	---	-0.5118 (0.56)
BD	---	---	-0.7557 (0.64)
BCK	---	---	0.0054 (0.02)
BDK	---	---	0.0299 (0.02)

Notas.

1. Errores standard consistentes entre paréntesis.

**CUADRO 3. Parámetros estimados - Método MCG de Amemiya.**

Variable	Ec. 1	Ec. 2	Ec. 3
C	3.6941 (0.43)	-0.6278 (0.10)	-3.9232 (0.74)
YFIT1	---	0.0892 (0.02)	0.6500 (0.16)
YFIT2	0.3998 (0.25)	---	-0.0275 (0.28)
YFIT3	0.0733 (0.19)	-0.0592 (0.02)	---
LW1	1.7028 (0.42)	---	---
LW2	2.2487 (0.61)	---	---
LW3	0.9620 (0.44)	---	---
LW4	1.0333 (0.41)	---	---
LW5	1.0376 (0.40)	---	---
LW6	0.7778 (0.44)	---	---
LW7	0.6803 (1.00)	---	---
LW8	1.6888 (0.52)	---	---
LW9	2.2141 (0.55)	---	---
LW10	1.3006 (0.36)	---	---
LW11	1.4769 (0.49)	---	---
LW12	0.9819 (0.44)	---	---
LW13	1.2702 (0.60)	---	---
LW14	0.9542 (0.66)	---	---
K10	-0.0015 (5E-3)	0.0023 (4E-4)	---
DVENT1	---	-0.0989 (0.21)	---
DVENT2	---	0.0898 (0.04)	---
DVENT3	---	-0.1041 (0.05)	---
DVENT4	---	0.0928 (0.04)	---
DVENT5	---	-0.0860 (0.04)	---
DVENT6	---	-0.0449 (0.05)	---
DVENT7	---	-0.1743 (0.32)	---
DVENT8	---	-0.0045 (0.01)	---
DVENT9	---	-0.0059 (0.01)	---
DVENT10	---	-0.3238 (0.06)	---
DVENT11	---	-0.1516 (0.06)	---
DVENT12	---	-0.4119 (0.13)	---
DVENT13	---	0.0134 (0.14)	---
DVENT14	---	-0.0419 (0.12)	---
PR	---	0.1404 (0.02)	---
BCBI	---	---	-0.3772 (0.35)
BD	---	---	-0.7922 (0.52)
BCK	---	---	-0.0016 (0.01)
BDK	---	---	0.0256 (0.02)

Notas.

1. Errores standard consistentes entre paréntesis.

**CUADRO 4. Contrastes de exogeneidad.**

Variable	Ec. 1	Ec. 2	Ec. 3
C	3.7816 (0.15)	-0.6994 (0.10)	-3.6955 (0.27)
YFIT1	---	0.0906 (0.02)	0.5705 (0.06)
YFIT2	0.3783 (0.07)	---	-0.0710 (0.10)
YFIT3	0.1039 (0.06)	-0.0734 (0.02)	---
LW1	1.4398 (0.14)	---	---
LW2	2.2467 (0.22)	---	---
LW3	0.8836 (0.15)	---	---
LW4	0.7657 (0.13)	---	---
LW5	0.9899 (0.14)	---	---
LW6	0.5755 (0.15)	---	---
LW7	0.5939 (0.34)	---	---
LW8	1.4079 (0.17)	---	---
LW9	2.0200 (0.19)	---	---
LW10	1.1589 (0.12)	---	---
LW11	1.4043 (0.17)	---	---
LW12	0.8359 (0.15)	---	---
LW13	1.0486 (0.20)	---	---
LW14	1.0444 (0.24)	---	---
K10	-0.0011 (0.02)	0.0026 (4E-3)	---
DVENT1	---	-0.3264 (0.17)	---
DVENT2	---	0.1027 (0.04)	---
DVENT3	---	-0.1284 (0.05)	---
DVENT4	---	0.1028 (0.04)	---
DVENT5	---	-0.1009 (0.04)	---
DVENT6	---	-0.0532 (0.06)	---
DVENT7	---	-0.2198 (0.32)	---
DVENT8	---	-0.0026 (0.01)	---
DVENT9	---	-0.0073 (0.01)	---
DVENT10	---	-0.3460 (0.07)	---
DVENT11	---	-0.1629 (0.06)	---
DVENT12	---	-0.4375 (0.13)	---
DVENT13	---	0.0269 (0.15)	---
DVENT14	---	-0.0340 (0.12)	---
PR	---	0.1618 (0.02)	---
BCBI	---	---	-0.4916 (0.15)
BD	---	---	-0.7958 (0.21)
BCK	---	---	-0.0032 (5E-2)
BDK	---	---	0.0245 (8E-2)
RES1	---	0.0492 (6E-2)	0.3907 (0.03)
RES2	0.3732 (0.22)	---	-0.4009 (0.22)
RES3	0.8254 (0.05)	0.0202 (0.01)	---

**Test de exogeneidad para la FR.**

K10	0.0041 (0.0025)	0.0026 (0.0006)	0.0009 (0.0034)
DVENT	---	-0.0011 (0.0071)	---

**Notas.**

1. Errores standard consistentes entre paréntesis.
2. En los test de exogeneidad correspondientes a las ecuaciones 2 y 3 se han utilizado los residuos generalizados (véase Chesher y Irish (1987)).

## REFERENCIAS

- ALDRICH, J.H. y F. NELSON (1984), *Linear Probability, Logit and Probit Models*. Sage University Paper Series on Quantitative Application in the Social Sciences. Beverly Hills, CA: Sage.
- AMEMIYA, T. (1978), "The Estimation of a Simultaneous Equation Generalized Probit Model". Econometrica 46, 1193-205.
- AMEMIYA, T. (1979), "The Estimation of a Simultaneous Equation Tobit Model". International Economic Review 20, 169-81.
- BLUNDELL, R.W. y R.J. SMITH (1989), "Estimation in a Class of Simultaneous Equation Limited Dependent Variable Models". Review of Economic Studies 56, 37-58.
- CHESHER, A.D. and M. IRISH (1987), "Residuals and Diagnostics for Probit, Tobit and Related Models", Journal of Econometrics 34, 33-61
- DAVIS, S. (1980), "Innovation, Difusion and Market Structure". En *Research, Development and Technical Innovation*. D. Sahal Ed. Lexington.
- ENTORF, H. y W. POHLMIEIER (1990), "Employment, Innovation and Export Activity". En *Microeconometrics: Surveys and Applications*. Basil-Blackwell Ed.
- GALBRAITH, J.K. (1952), *American Capitalism*. Boston, MA: Houhton Mifflin.
- HECKMAN, J.J. (1978), "Dummy Endogenous Variables in a Simultaneous Equation System". Econometrica 46, 931-59.
- KRUGMAN, P. (1979), "Increasing Returns, Monopolistic Competition and International Trade". Journal of International Economics 9, 469-80.
- LEE, L.F. (1978), "Unionism and Wage Rates: A Simultaneous Equations Model with Qualitative and Limited Dependent Variables". International Economic Review 19, 415-433.
- LEE, L.F. (1979), "Identification and Estimation in Binary Choice Models with Limited Dependent Variables". Econometrica 47, 977-996.
- LEE, L.F. (1981), "Simultaneous Equation Models with Discrete and Censored Variables". En *Structural Analysis of Discrete Data with Econometric Applications*. Ed. C.F. Manski and D. McFadden. Cambridge, MIT Press.
- LORENZO, M.J. (1991), "Indices de precios para los 42 sectores industriales de la Central de Balances". Fundación Empresa Pública, DI n. 2.
- MADDALA, G.S. y L.F. LEE (1976), "Recursive Models with Qualitative Endogenous Variables". Annals of Economic and Social Measurement 5,

525-545.

- MANSFIELD, E. (1968), *Industrial Research and Technological Innovation*. London Norton.
- MARTINEZ, E. (1991), "Clasificación de los sectores de la Central de Balances en productores de bienes de consumo o inversión y en productores de bienes duraderos y no duraderos". Fundación Empresa Pública, DI n. 11.
- MARTINEZ, E. (1991), "Índices de precios exteriores para los 42 sectores industriales de la Central de Balances". Fundación Empresa Pública, DI n. 12.
- NELSON F. y L. OLSON (1978), "Specification and Estimation of a Simultaneous Equation Model with Limited-Dependent Variables". International Economic Review 19, 695-705.
- NEWMAN, M., I. BÖBEL y A. HAID (1985), "Domestic Concentration, Foreign Trade and Economic Performance". International Journal of Industrial Organization 3, 1-19.
- OI, W. (1983), "The Fixed Employment Costs of Specialized Labour". En *The Measurement of Labour Cost*. Ed. J.E. Triplett, Chicago, IL: University Of Chicago Press.
- ORTI, A. y E.J. MIRAVETE (1991), "Nivel de actividad, innovaciones y perfil exportador de las empresas valencianas: Análisis de DIRNOVA'88 mediante un modelo de ecuaciones simultáneas con variables dependientes cualitativas". Universidad de Valencia. Facultad de CC.EE. y Empresariales. DT n. 202.
- SCHERER, F.M. (1982), "Demand Pull and Technological Invention: Schmookler Revisited". Journal of Industrial Economics 30, 225-37.
- SCHUMPETER, J.A. (1942), *Capitalism, Socialism and Democracy*. New York: Harper and Row.
- SMITH, R.J. y R.W. BLUNDELL (1986), "An Exogeneity Test for a Simultaneous Equation Tobit Model with an Application to Labour Supply". Econometrica 54, 679-85.
- VELAZQUEZ, F.J. (1991), "Economías de escala y tamaños óptimos en la industria española (1980-1986)". Fundación Empresa Pública DT 9105
- WATERSON, M. (1984), *Economic Theory of the Industry*. Cambridge University Press.

## ANEXO A. Errores estandard de los estimadores y comparaciones de eficiencia.

Nos preocuparemos en este Anexo de describir los tres métodos alternativos mediante los que hemos estimado el sistema de ecuaciones (8.1)–(8.3), así como las comparaciones de eficiencia entre ellos. Se ha de hacer notar, en primer lugar, que la matriz de varianzas y covarianzas del vector de errores en (10) para una observación cualquiera,  $v = (v_1, v_2, v_3)'$  se puede expresar:

$$\Omega = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \sigma_{13} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 & \sigma_{23} \\ \sigma_{31} & \sigma_{32} & 1 \end{bmatrix} \quad (\text{A.1})$$

siendo  $\sigma_k^2$  ( $k = 1, 2, 3$ ) las varianzas de los errores correspondientes a los modelos MCO, Tobit y Probit, respectivamente (habiendo normalizado  $\sigma_3^2 = 1$  dado que no podemos obtener expresiones de  $\Pi_3$  salvo hasta un factor de escala  $\Pi_3/\sigma_3$ ).  $\sigma_{ij}$  ( $i, j = 1, 2, 3$ ) son las respectivas covarianzas.

Por otra parte, lo que se requiere para las estimaciones de la FE son expresiones de las varianzas de los errores de (11)  $\epsilon_k$  ( $k = 1, 2, 3$ ) tal como queda reflejado en la expresión (13). La forma general de dichas matrices  $\hat{V}_k$  se puede escribir:

$$V(\epsilon_k) = a_k \left( X'X \right)^{-1} + b_k W_2^{-1} + c_k W_3^{-1} + d_k W_{23}^{-1} \quad (\text{A.2})$$

siendo el segundo y tercer componente de dicha expresión las matrices de información asintótica correspondientes a los modelos Tobit y Probit respectivamente y el último la matriz de varianzas y covarianzas entre ambos (véase de nuevo Amemiya (1978, 79)). El resto de términos en (A.6) son:

$$\begin{aligned}
a_1 &= \sigma_1^2 - 2\gamma_1\sigma_{12} - 2\gamma_2\sigma_{13} ; a_2 = \gamma_3^2\sigma_1^2 - 2\gamma_3\sigma_{12} + 2\gamma_3\gamma_4\sigma_{13} \\
a_3 &= \gamma_5^2\sigma_1^2 + 2\gamma_5\gamma_6\sigma_{12} - 2\gamma_5\sigma_{13} \\
b_1 &= \gamma_1^2\sigma_1^2 ; b_2 = \sigma_2^2 ; b_3 = \gamma_6^2\sigma_1^2 \\
c_1 &= \gamma_2^2 ; c_2 = \gamma_4^2 ; c_3 = 1 \\
d_1 &= 2\gamma_1\gamma_2\sigma_{23} ; d_2 = -2\gamma_4\sigma_{23} ; d_3 = -2\gamma_6\sigma_{23}
\end{aligned} \tag{A.3}$$

estando todos los términos en (A.3) definidos previamente.

Una vez se dispone de expresiones de las matrices de varianzas y covarianzas necesarias para la llevar a cabo la estimación de la FE, se puede proceder a realizar comparaciones de eficiencia. Dadas las expresiones (12) y (13), las varianzas respectivas se pueden expresar:

$$V(\hat{\delta}_{k,MCO}) = \left( Z_k' Z_k \right)^{-1} Z_k' \hat{V}_k Z_k \left( Z_k' Z_k \right)^{-1} \tag{A.4}$$

$$k = 1, 2, 3$$

$$V(\hat{\delta}_{k,MCC}) = \left( Z_k' \hat{V}_k^{-1} Z_k \right)^{-1} \tag{A.5}$$

Para poder realizar la comparación con la varianza de los estimadores obtenidos mediante el método de Nelson-Olson necesitamos expresiones de los mismos:

$$\hat{\delta}_{1,NO} = \left( Z_1' X_1' X_1 Z_1 \right)^{-1} Z_1' X_1' X_1 \hat{\pi}_1 \tag{A.6}$$

cuya varianza será:

$$V(\hat{\delta}_{1,NO}) = \left( Z_1' X_1' X_1 Z_1 \right)^{-1} Z_1' X_1' X_1 \hat{V}_1 X_1' X_1 Z_1 \left( Z_1' X_1' X_1 Z_1 \right)^{-1} \tag{A.7}$$

De la misma forma:

$$\hat{\delta}_{2,NO} = \left( Z_2' A_2^{-1} Z_2 \right)^{-1} Z_2' A_2^{-1} \hat{\Pi}_2 \quad (A.8)$$

$$V(\hat{\delta}_{2,NO}) = \left( Z_2' A_2^{-1} Z_2 \right)^{-1} Z_2' A_2^{-1} \hat{V}_2 A_2^{-1} Z_2 \left( Z_2' A_2^{-1} Z_2 \right)^{-1} \quad (A.9)$$

$$\hat{\delta}_{3,NO} = \left( Z_3' A_3^{-1} Z_3 \right)^{-1} Z_3' A_3^{-1} \hat{\Pi}_3 \quad (A.10)$$

$$V(\hat{\delta}_{3,NO}) = \left( Z_3' A_3^{-1} Z_3 \right)^{-1} Z_3' A_3^{-1} \hat{V}_3 A_3^{-1} Z_3 \left( Z_3' A_3^{-1} Z_3 \right)^{-1} \quad (A.11)$$

A la vista de las expresiones anteriores es fácil comprobar que las diferencias entre las matrices en (A.4) y (A.5) son semidefinidas positivas para  $k = 1, 2, 3$ , como también lo son las diferencias entre (A.7), (A.9) y (A.11) y las correspondientes matrices en (A.5). Finalmente, entre (A.7), (A.9) y (A.11) y las correspondientes expresiones en (A.4) no se pueden establecer comparaciones generales.

## ANEXO B

### CUADRO B.1 Correspondencia entre la CB y la EI

<u>Sectores CB</u>	<u>Sectores EI</u>
1. Combustibles sólidos.	1-2
2. Petróleo y gas natural.	3-4
3. Energía Eléctrica.	6
4. Gas y agua caliente.	7
5. Mineral radioactivo.	5
6. Agua.	8
7. Minerales Metálicos.	9
8. Minerales no metálicos.	12
9. Acero.	10
10. Metalurgia no férrea.	11
11. Cerámica y otros producto no metálicos.	16p.,18
12. Cementos, cales y yesos.	14
13. Otro material de construcción.	13,15,16p.
14. Industria del vidrio.	17
15. Química básica e industrial.	19-22,24,26
16. Industria farmacéutica.	27
17. Química para el consumo final.	28,29,30
18. Química para agricultura.	23
19. Productos metálicos.	31-35
20. Maquinaria agrícola.	36
21. Maquinaria industrial y de oficina.	37,38
22. Fabricación de material eléctrico.	39p.
23. Fabricación de material electrónico.	40
24. Automóviles.	41p.
25. Equipo y carrocería para automóviles.	41p.
26. Construcción naval.	42
27. Otros elementos de transporte.	43-45
28. Mecánica de precisión.	46
29. Electrodomésticos.	39p.
30. Industrias cárnicas.	48
31. Industrias lácteas.	49
32. Industrias para alimentación animal.	56
33. Industria vinícola.	60
34. Otras ind. alimentarias y tabaco.	47,50-64
35. Industrias textiles.	65-68
36. Cuero y calzado.	69-71
37. Industria de la confección.	72-74
38. Madera, corcho y muebles.	75-79
39. Papel y cartón.	80,81
40. Artes gráficas y edición.	82
41. Caucho y plástico.	83,84
42. Otras industrias no alimentarias.	85-89

## Cuadro B.2. Correspondencia entre la CB y la NACE-CLIO R-25

<u>Sectores NACE-CLIO R-25</u>	<u>Sectores CB</u>
1. Energía.	1-6
2. Minerales metálicos y produc. y la. transf. de metales.	7,9,10
3. Minerales y productos no metálicos.	8,11-14
4. Industria química.	15-18
5. Fabricación de productos metálicos.	19
6. Maquinaria agrícola e industrial.	20,21a
7. Maquin. oficina, ordenadores, inst. óptica y precisión.	21b,28
8. Material eléctrico y electrónico.	22,23,29
9. Material de transporte.	24-27
10. Alimentos, bebidas y tabaco.	30-34
11. Textil, confección, calzado y cuero.	35-37
12. Papel, artículos de papel, artes gráficas y edición.	39-40
13. Transformación del caucho y materias plásticas.	41
14. Otras industrias manufactureras.	38,42