

COMPETENCIA DINAMICA EN PRECIOS: EVIDENCIAS EN EL SECTOR DE FERTILIZANTES AGRICOLAS

María Jesús YAGÜE*

Universidad de Zaragoza

En este trabajo se estudia la relación entre estructura y resultados en un modelo dinámico de competencia oligopolista, caracterizado por una demanda que sigue el perfil del ciclo de vida del producto y una función de costes con economías de experiencia. Se demuestra, mediante análisis de simulación que no es posible mantener en este contexto la relación directa entre concentración y pérdida de bienestar propia de los modelos estáticos y, por tanto, la concentración ya no es una variable suficientemente informativa del papel que juega la competencia entre las empresas establecidas en el bienestar de los consumidores.

1. Introducción

Este trabajo presenta un estudio de la industria española de fertilizantes agrícolas desde los resultados teóricos de la competencia dinámica en un mercado oligopolístico. Los aspectos dinámicos en el comportamiento competitivo de las empresas aparecen como consecuencia de la hipótesis contrastada empíricamente, sobre la existencia de economías de experiencia en la producción de fertilizantes. Bajo esta hipótesis las decisiones actuales de las empresas sobre la cantidad a producir influyen en sus beneficios futuros, por lo que la estrategia que maximiza los beneficios a largo plazo no debe coincidir necesariamente con la que maximiza los beneficios en cada período. El trabajo analiza las implicaciones sobre los beneficios empresariales de adoptar comportamientos de optimización a corto o a largo plazo, que permiten precisar las hipótesis a contrastar con el trabajo empírico. Este último aporta evidencias de que la competencia en el mercado español de productores de fertilizantes agrícolas ha estado condicionada por las implicaciones que se derivan del modelo teórico de competencia dinámica.

La competencia dinámica, especialmente la que se ha dedicado a modelizar el comportamiento de los precios de un producto a lo largo del tiempo, ha sido un tema importante de investigación en los años recientes. En primer lugar porque ha estado muy próxima a las principales recomendaciones normativas sobre la gestión estratégica de las empresas que han proliferado en los manuales de gestión de empresas de los últimos años; estas recomendaciones, surgidas sobre

* Trabajo realizado dentro del proyecto de la CAICYT 3354/83.

todo de las publicaciones del Boston Consulting Group¹, se han centrado en las ventajas en costes que puede conseguir una empresa acumulando más experiencia que las rivales, y en la necesidad de acomodar el crecimiento de la inversión a la evolución en el ciclo de vida de sus productos. De estas recomendaciones se desprenden predicciones precisas sobre el comportamiento de los precios y los costes del producto en el tiempo, que un buen número de autores se han dedicado a investigar y contrastar². El segundo foco de atención a los modelos de competencia dinámica ha sido dentro de la Economía Industrial, donde los trabajos estudian las implicaciones para el bienestar de una dinámica competitiva condicionada por la presencia de economías de experiencia en los costes de producción³.

La extensión de trabajos teóricos sobre competencia dinámica contrasta con los escasos trabajos empíricos sobre el tema⁴. El trabajo empírico debe superar importantes limitaciones originadas por la no disponibilidad de datos adecuados. Por otra parte los modelos de competencia dinámica en mercados oligopolísticos no han resuelto teóricamente cuál será el tipo de comportamiento estratégico que seguirán las empresas en dicho mercado. Esta cuestión se plantea también en los modelos estáticos donde acostumbra a resolverse introduciendo en el modelo un parámetro que trata de recoger las «variaciones conjeturales» de las empresas y que contempla al comportamiento Cournot y al comportamiento colusivo como casos extremos. Cuando la competencia debe considerar factores dinámicos las opciones estratégicas de las empresas en una primera etapa, son seguir un comportamiento globalmente optimizador o un comportamiento miope. Con el primero toman sus decisiones corrientes maximizando la suma de los beneficios futuros actualizados, mientras que el comportamiento miope implica que la empresa maximiza los beneficios período a período. Estos dos tipos de comportamiento suponen en última instancia un mayor o menor grado de competencia entre las empresas de la industria, la cual a su vez determina unos beneficios más bajos o más altos. Es posible demostrar que las empresas obtienen mayores beneficios cada una de ellas si todas se comportan miopeamente que si lo hacen optimizando globalmente. La pregunta que surge es si será posible mantener el tipo de práctica colusiva que supone el comportamiento miope, y si esa posibilidad depende razonablemente de los valores que tomen parámetros estructurales del mercado como el parámetro que mide la rapidez con que se reducen los costes al aumentar la experiencia, y la elasticidad precio de la demanda.

¹ Resumidas casi todas ellas en BCG (1972) y Henderson (1979).

² Publicaciones representativas de esta línea de trabajo son Bass y Bultez (1981), Clarke y Dolan (1984), Dolan y Jeuland (1981), Kalish (1983), Wernerfelt (1985).

³ Spence (1981) es pionero en esta orientación. Véase también Fundenberg y Tirole (1983) y Ross (1986). En Yagüe (1987) se presenta una revisión completa de los trabajos publicados sobre competencia dinámica en precios, tanto con una orientación a la gestión empresarial como con orientación al análisis de las implicaciones para el bienestar.

⁴ El único conocido es Rao y Bass (1985) donde se hace un estudio empírico de la industria de los semiconductores en Estados Unidos.

El trabajo comienza, apartado segundo, con un análisis teórico apoyado en la simulación de las cuestiones planteadas en el apartado anterior. El modelo propuesto incluye dos tipos de factores que justifican la naturaleza dinámica de la competencia, la existencia de un nivel de saturación en el mercado potencial del producto con un crecimiento en las ventas a lo largo del ciclo de vida del producto, y la presencia de economías de experiencia en la función de costes. El apartado tercero presenta el trabajo empírico realizado sobre el sector de productores españoles de abonos agrícolas; la exposición se divide en dos partes, la primera dedicada a la especificación del modelo que sirve de base a la estimación econométrica, y la segunda a la estimación y análisis de los resultados obtenidos.

2. Competencia dinámica en oligopolio

El modelo de competencia dinámica contempla una industria con un producto homogéneo y n empresas competidoras. La producción acumulada de la empresa i hasta el período t se expresa por $x_i(t)$, mientras que

$$\dot{x}_i(t) = \frac{dx_i(t)}{dt}$$

es la producción (y venta) de la empresa i en el período t . El coste unitario de producción de la empresa i en t , $c_i(x_i(t))$, es una función decreciente y convexa de la producción acumulada $x_i(t)$; la relación entre el coste unitario y la producción acumulada, por el supuesto de economías de experiencia, es el primer efecto dinámico que se incorpora al modelo de competencia.

La segunda influencia de factores dinámicos puede provenir del comportamiento de la demanda a través de los efectos difusión y saturación. En ambos la cantidad de producto vendido en t es función de las ventas totales acumuladas hasta t . Utilizando la función inversa de demanda y teniendo en cuenta que el precio en t depende también de las ventas en ese período, dicha función de demanda se expresa por

$$p(t) = f(\dot{x}(t), x(t)) \quad [1]$$

donde $x(t) = \sum_{i=1}^N x_i(t)$ son las ventas acumuladas por la industria hasta t y $\dot{x}(t)$ son las ventas de la industria en el período t . Se supone que $p(t)$ es una función decreciente en $\dot{x}(t)$, es decir, el precio decrece con la cantidad vendida en toda la industria. Por otra parte $f(\cdot)$ será creciente en $x(t)$ si sólo existe efecto difusión en la demanda, y será decreciente en $x(t)$ si en el mercado domina el efecto saturación⁵.

⁵ La consideración de estos efectos es frecuente en la teoría de la difusión de nuevos productos, Bass (1969). Una modelización de los mismos en el marco de la competencia dinámica puede verse en Yagüe (1987).

De acuerdo con las expresiones del coste y la demanda, el beneficio de la empresa i en el período t será igual a

$$\pi_i(t) = (p(t) - c_i(x_i(t)))\dot{x}_i(t), \quad i = 1, \dots, n \quad [2]$$

Cada empresa tratará de decidir sobre $\dot{x}_i(t)$, el *output* de cada período, buscando maximizar sus beneficios totales. Si la empresa i adopta el comportamiento globalmente optimizador con un horizonte de planificación $[0, T]$ y una tasa de descuento r , la decisión sobre el *output* óptimo de cada período se obtendrá resolviendo el problema

$$V_i^* = \text{Max}_{\{\dot{x}_i(t)\}} \pi_i = \int_0^T e^{-rt} \pi_i(t) dt \quad [3]$$

sujeto a las restricciones [1] y [2] y las condiciones técnicas iniciales⁶. Es decir, la empresa maximiza el valor actual de sus beneficios a lo largo del período de planificación.

Si todas las empresas de la industria optimizan globalmente, adoptan un comportamiento no cooperativo y tienen información completa sobre la demanda y costes de sus rivales, el equilibrio resultante en la industria oligopolista es del tipo Nash-Cournot. Llamando $\dot{x}_{-i}(t)$ al vector de *outputs* de las $n - 1$ empresas excluida la empresa i , este equilibrio se expresa por el vector $\dot{x}^*(t)$ que cumple las condiciones,

$$\pi_i(\dot{x}_i^*(t), \dot{x}_{-i}^*(t)) \geq \pi_i(\dot{x}_i(t), \dot{x}_{-i}^*(t)), \quad \forall i = 1, \dots, n$$

El resultado coincide con la solución Nash para los juegos no cooperativos. Sin embargo, hay que tener en cuenta que este juego es un juego diferencial dinámico para cuya resolución es preciso aplicar técnicas propias de la teoría del control óptimo⁷.

Como ya se indicaba en el apartado introductorio del trabajo las empresas pueden seguir un comportamiento optimizador período a período, llamado optimización miope, como alternativa a la optimización global cuyo equilibrio

⁶ Estas vienen impuestas por los procedimientos de resolución, $x_i(0) = x_{i0}$, constante para todo i .

⁷ Los procedimientos de resolución son generalmente complejos. Esta complejidad se reduce utilizando soluciones llamadas de *open loop*, es decir soluciones que dependen sólo del tiempo y no de los valores de las variables estado al principio de cada período. En Yagüe (1987) se presenta una discusión más extensa de las dificultades que plantea la resolución de los problemas de competencia dinámica formulados en los párrafos anteriores, a la vez que se dan soluciones específicas para casos muy generales de funciones de demanda y costes. Estas soluciones son sobre todo caracterizaciones del comportamiento de precios y márgenes en el tiempo.

se ha caracterizado en el párrafo anterior. Si es así, cada empresa resuelve el problema

$$\text{Max}_{\{\dot{x}_i(t)\}} \pi_i(t), \quad t = 0, \dots, T$$

sujeito a [1] y [2], con lo cual sus beneficios actualizados serán

$$V_i^0 = \int_0^T e^{-rt} \text{Max}_{\{\dot{x}_i(t)\}} \pi_i(t) dt \quad [4]$$

El equilibrio Nash-Cournot en la industria se determinará para cada t según las condiciones conocidas del equilibrio estático.

En una industria monopolística el comportamiento previsible para la única empresa existente es la optimización global porque se demuestra que con ella se obtiene un beneficio mayor o igual al beneficio con comportamiento miope ($V_i^* \geq V_i^0$ si $n = 1$). Cuando la industria es un oligopolio el comportamiento seguido por las empresas no está predeterminado en cuanto que no es posible saber *a priori* cuál es el patrón de comportamiento que maximiza sus beneficios. A través del ejercicio de simulación siguiente se ilustrará el problema de decisión a que se enfrentan las empresas cuando deben elegir entre seguir un comportamiento miope o un comportamiento globalmente optimizador.

2.1. Ejercicio de simulación

Se supone un mercado oligopolista con tres empresas, $n = 3$. Si cada empresa puede elegir entre adoptar un comportamiento miope o un comportamiento globalmente optimizador, teniendo en cuenta que las tres empresas se consideran iguales, es posible distinguir cuatro posibles escenarios:

- i) Las tres empresas optimizan globalmente: Competencia globalmente optimizadora en toda la industria.
- ii) Las tres empresas adoptan un comportamiento miope: Competencia de tipo miope en toda la industria.
- iii) Una de las empresas optimiza globalmente mientras que las otras dos adoptan un comportamiento miope. Situación de competencia mixta I.
- iv) Dos de las empresas optimizan globalmente y la restante lo hace maximizando el beneficio período a período. Situación de competencia mixta II.

El coste unitario, idéntico para cada empresa, vendrá dado por

$$c_i(x_i(t)) = m_0 + c_0[x_i(t)]^{-\alpha}$$

donde m_0 es la parte del coste no sujeta a experiencia y c_0 indica la parte de coste que sí está afectada por la experiencia; α es el parámetro que mide la

importancia del aprendizaje en el comportamiento de los costes (un valor de $\alpha = 0,15$ indica que el coste se reduce aproximadamente en un 10 por 100 al doblar la producción acumulada).

La función de demanda para el ejercicio de simulación se expresa por

$$\dot{x}(t) = h(t)[p(t)]^{-\eta}$$

donde $h(t)$ es una función que recoge un conjunto de factores exógenos que influyen en el comportamiento de la cantidad demandada en t y $-\eta$ es la elasticidad-precio de la demanda supuesta constante. En $h(t)$ se ha deseado recoger el perfil logístico del ciclo de vida del producto que implica tasas de crecimiento de la demanda variables a lo largo del tiempo⁸,

$$h(t) = \frac{M(a + b)^2(b/a e^{-(a+b)t} + 1)^2}{e^{-(a+b)t}}$$

donde a es el parámetro que recoge el efecto innovación del producto, b el parámetro que mide el efecto imitación y M es el valor del mercado potencial, es decir, las ventas del producto a lo largo de todo su ciclo de vida.

El apéndice A1 muestra la solución de equilibrio para el oligopolio bajo el supuesto de competencia globalmente optimizadora y para las funciones de coste y demanda propuestas. También se indica la solución final para el oligopolio cuando el comportamiento de todas las empresas es de tipo miope. Asimismo en el apéndice A1 se expone el algoritmo utilizado para el cálculo de la solución de equilibrio del oligopolio y que es la base de los ejercicios de simulación que se resumen en las representaciones de las gráficas 1 y 2.

El gráfico 1 muestra los beneficios empresariales para diferentes valores del parámetro de aprendizaje α y diferentes situaciones competitivas en una industria con tres empresas. Los beneficios se han normalizado otorgando un valor de 100 a los beneficios por empresa cuando la situación competitiva es de optimización global para todas ellas. Se advierte de inmediato que cualquier empresa que adopte un comportamiento miope cuando el resto optimiza globalmente obtiene unos beneficios menores que los que obtendría si ella también maximizara sus beneficios a largo plazo. No existen, por tanto, incentivos a optimizar a corto plazo por parte de una empresa cuando las demás lo hacen a largo plazo.

La segunda conclusión que se desprende de la visualización gráfica es que cuando todas las empresas coluden para comportarse miopeamente obtienen mayores beneficios que cuando compiten maximizando sus beneficios a largo

⁸ Esta forma funcional es frecuente en la literatura. Véase Bass (1969), Rao y Bass (1985). Su utilización se fundamenta en que aproxima el perfil logístico del ciclo de vida del producto.

plazo. Sin embargo, la colusión es inestable en cuanto que una empresa puede mejorar sensiblemente sus beneficios si consigue optimizar a largo plazo mientras las demás lo hacen a corto. Por tanto el equilibrio Nash en la elección de la forma de competir es que todas las empresas optimicen a largo plazo.

Por último el gráfico 1 muestra también que las mayores diferencias en los beneficios de las empresas cuando adoptan una forma de competir u otra se producen para valores intermedios del parámetro de aprendizaje.

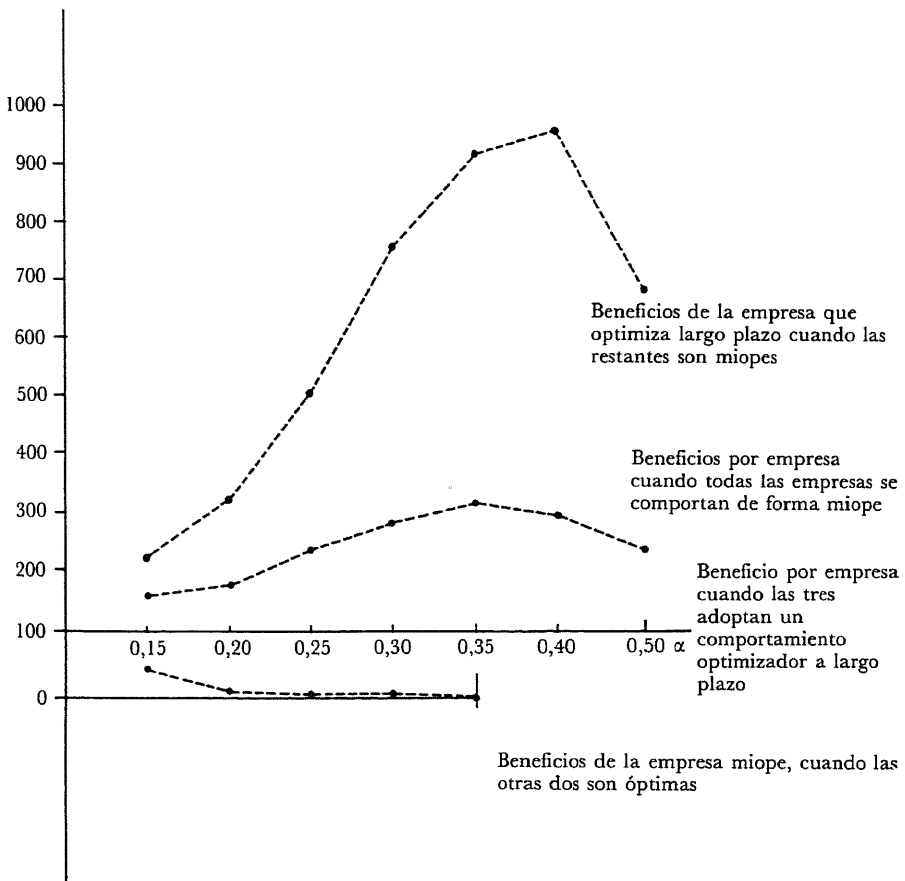


Gráfico 1. Comparación de los Beneficios Empresariales bajo situaciones Competitivas Alternativas cuando varía el parámetro de aprendizaje. Valores de los parámetros restantes⁹:

$$a = 0,02 \quad b = 0,3 \quad m_0 = 5 \quad c_0 = 20 \quad r = 0,20 \quad x_i(0) = 5 \quad \eta = 2,0$$

$$T = 20 \quad M = 10^5$$

⁹ Los valores de a y b , parámetros de innovación e imitación se han elegido teniendo en cuenta la relación que la mayor parte de estudios empíricos han encontrado entre ellos, Bass (1969), Polo (1985): El parámetro b es sensiblemente superior al parámetro a .

El impacto de las variaciones del parámetro de aprendizaje sobre las diferencias en los beneficios empresariales bajo competencia estática y dinámica se produce a través del precio sombra que mide el valor actual de los beneficios futuros que resultan de las decisiones de producción corrientes y éste se maximiza para valores intermedios del parámetro de aprendizaje. Para valores bajos del parámetro de aprendizaje la acumulación de *output* apenas influye en la reducción

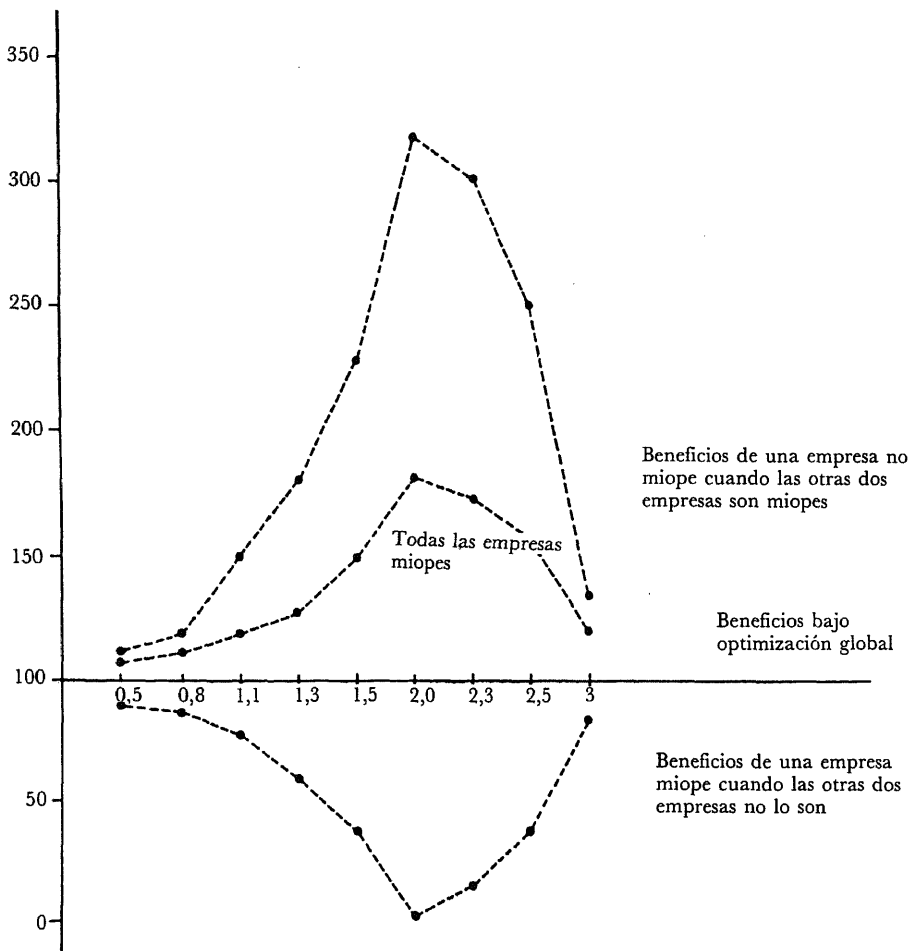


Gráfico 2. Comparación de los Beneficios Empresariales bajo situaciones Competitivas Alternativas cuando varía la elasticidad.
Valores de los parámetros restantes⁹:

$$a = 0,02 \quad b = 0,3 \quad m_0 = 5 \quad c_0 = 20 \quad \alpha = 0,2 \quad r = 0,2$$

$$x_i(0) = 5 \quad T = 20 \quad M = 10^5$$

⁹ Los valores de a y b , parámetros de innovación e imitación se han elegido teniendo en cuenta la relación que la mayor parte de estudios empíricos han encontrado entre ellos, Bass (1969), Polo (1985): El parámetro b es sensiblemente superior al parámetro a .

de costes, y por tanto el margen de beneficio es poco sensible a la mayor producción que se obtiene bajo competencia dinámica frente a la estática. Valores muy altos del parámetro de aprendizaje implican que la curva de experiencia decrece muy rápidamente y en pocos períodos se llega a la parte «plana» de la misma, con lo cual no existe tiempo suficiente para que los menores costes de la competencia dinámica se traduzcan en diferencias importantes en los beneficios.

El mismo análisis realizado para variaciones en el parámetro de aprendizaje se repite en el gráfico 2 cuando el parámetro que varía es la elasticidad-precio de la demanda. Las conclusiones con respecto a las decisiones de las empresas sobre la forma de competir se mantienen: la solución de equilibrio Nash corresponde a la optimización global a largo plazo. La diferencia en los beneficios de las empresas según la forma de competir cuando la elasticidad precio de la demanda cambia, primero aumenta hasta alcanzar un valor máximo en torno a una elasticidad $\eta = 2$, y luego decrece. Para valores muy altos o muy bajos de la elasticidad la forma de competir implica unas diferencias escasas entre los beneficios de las empresas. El impacto de las variaciones en la elasticidad sobre las diferencias de beneficio empresarial bajo competencia estática y dinámica, debe analizarse teniendo en cuenta que la elasticidad afecta, de un lado, al precio sombra que mide el valor actual de los beneficios futuros que se originan por decisiones de producción corriente, y del otro al *mark-up* que se aplica al coste en la determinación del precio de equilibrio. Cuando la demanda es muy inelástica al precio el *mark-up* es muy sensible a variaciones en el *output*. Al pasar de un modelo de competencia estática a otro de competencia dinámica se produce un aumento del *output* por período que hace disminuir sensiblemente el precio y el margen; al mismo tiempo el mayor volumen de *output* reducirá los costes al permitir una mayor acumulación de experiencia. La maximización del beneficio por parte de las empresas tiene en cuenta estos efectos contrapuestos y el mayor peso de la reducción en el *mark-up* induce a que, bajo competencia dinámica, el incremento en el *output* frente a la estática sea reducido. De ahí que los beneficios bajo los dos modelos de competencia sean también similares, cuando la demanda es inelástica.

Cuando la demanda es muy elástica el *mark-up* sobre el coste es bajo y las reducciones en costes se transmiten rápidamente en reducciones en los precios con escaso impacto sobre los beneficios de las empresas. Por este motivo al pasar de competencia estática a dinámica y aumentar el *output* por período el aumento tiene escasa repercusión en los beneficios de la empresa y éstos se acercan a los que estaban obteniendo las empresas bajo competencia estática.

3. Aplicación a la industria española de fertilizantes agrícolas

Los resultados del análisis teórico permiten establecer algunas hipótesis sobre la relevancia de los comportamientos globalmente optimizadores frente a los comportamientos miopes, bajo diferentes configuraciones de los parámetros elasticidad precio de la demanda y factor de aprendizaje. El contraste empírico que

desea hacerse de esas hipótesis con los datos empíricos disponibles de la industria española de fertilizantes agrícolas requiere de algunas elaboraciones previas hasta llegar a expresiones funcionales que puedan ser objeto de estimación econométrica teniendo en cuenta los datos de que se dispone. En este sentido será particularmente relevante no disponer de datos sobre costes de producción para poder estimar directamente la importancia de las economías de experiencia en cada uno de los productos fertilizantes. La metodología seguida es similar a la utilizada por Rao y Bass (1985).

3.1. Relaciones Preliminares

Partimos de la solución de equilibrio para el precio de la industria obtenida en el apéndice A1,

$$p(t) = \left(\frac{n}{n - 1/\eta} \right) \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n (c_i(x_i(t)) - \lambda_i(t)) \right]$$

donde $\lambda_i(t)$ es el precio sombra para la empresa i en t que indica la variación en sus beneficios actualizados por aumentar en una unidad la producción en el momento t .

Aproximando las variables continuas por sus equivalentes discretas el precio implícito $\lambda_i(t)$ puede expresarse como

$$\lambda_{it} = \lambda_{it+1} - \Delta_{it}$$

donde la variación Δ_{it} puede a su vez expresarse, de acuerdo con las condiciones necesarias de máximo, Yagüe (1987), por

$$\Delta_{it} = r\lambda_{it} + \Delta c_{it}$$

Combinando las dos expresiones,

$$\lambda_{it} = \frac{1}{1+r} (\lambda_{it+1} - \Delta c_{it})$$

Definamos por $\beta = \frac{1}{1+r}$ al factor de descuento y teniendo en cuenta que

$\Delta c_{it} = c_{it+1} - c_{it}$, la expresión del precio de equilibrio en [1] puede escribirse de forma aproximadamente equivalente a

$$p_t = \left(\frac{1}{n - 1/\eta} \right) \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n (c_{it} - \beta(\lambda_{it+1} - c_{it+1} + c_{it})) \right]$$

o bien,

$$p_t = (1 - \beta) \left(\frac{n}{n - 1/\eta} \right) \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n c_{it} \right] + \beta \left(\frac{n}{n - 1/\eta} \right) \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n (c_{it+1} - \lambda_{it+1}) \right]$$

El término $\left(\frac{n}{n-1/\eta}\right) \frac{1}{n} \left[\sum_t c_{it}\right]$ corresponde al precio que resultaría en el mercado si todas las empresas actuaran de forma miope, y lo expresaremos por p_t^m . Puesto que en el segundo sumando de la ecuación aparece el precio de equilibrio bajo condiciones de optimización a largo plazo por parte de todas las empresas, ponderado por el factor de descuento β , el precio p_t puede escribirse como

$$p_t = (1 - \beta)p_t^m + \beta p_{t+1} \quad [5]$$

es decir, el precio de equilibrio en t bajo competencia dinámica es una combinación lineal de los precios p_t^m , miope, y p_{t+1} , precio de equilibrio del período siguiente.

Cuando β es igual a cero el precio de equilibrio en el mercado coincide con el precio miope. En general valores bajos de β implicarán una mayor proximidad entre los precios a que da lugar la competencia entre las empresas en el mercado y los precios propios de una competencia miope. Si es posible observar los precios de equilibrio en un mercado p_t y contrastar empíricamente a partir de ellos el valor del parámetro β para ese mercado, será posible también inferir la mayor o menor proximidad de los precios observados con los precios miopes. Por otra parte si los parámetros estructurales del mercado como el impacto de la experiencia en los costes y la elasticidad de la demanda precio condicionan la relación entre precios óptimos de equilibrio y precios miopes deberá existir alguna relación entre el valor estimado de β para un mercado y los parámetros estructurales característicos del mismo. En el estudio empírico que se expone más adelante se trata de averiguar en qué medida es posible establecer esta relación en la industria española de fertilizantes.

En el apartado anterior se estableció una relación entre los beneficios de las empresas en una industria cuando adoptan un comportamiento optimizador a largo plazo, frente a los beneficios resultantes de la optimización a corto plazo. Allí se concluyó que estas diferencias son más importantes cuando el parámetro de aprendizaje y la elasticidad precio de la demanda tomaban valores intermedios. Parece razonable suponer que será también en estas configuraciones de los parámetros estructurales cuando los precios óptimos y los precios miopes serán más diferentes y el valor del parámetro β deberá ser mayor.

Si la empresa optimiza a largo plazo el *output* por período será mayor que si adopta comportamientos miopes porque con ello aprovecha mejor las economías de experiencia. Debido a la convexidad de la función de costes marginales, cuanto mayor es el *output* acumulado por una empresa más difícil le resulta conseguir reducciones de costes mediante el aumento del volumen de producción y por lo tanto cuando el *output* acumulado es importante, la optimización a largo plazo dará unos resultados muy próximos a los que se consiguen con la optimización a corto plazo. Si el valor del parámetro de aprendizaje es elevado, la acumulación de experiencia se producirá muy rápidamente y por tanto la situación en que los costes se reducen lentamente se alcanza a los pocos perio-

dos. El intervalo de tiempo en el cual los precios óptimos y miopes van a diferir de forma más sustancial es corto. Por otra parte si el valor del parámetro de aprendizaje es bajo, la magnitud de la reducción de costes unitarios que se consigue con la ganancia de experiencia es pequeña y el precio implícito $\lambda_i(t)$ que mide el impacto en los beneficios futuros de las decisiones actuales, tomaría valores muy bajos y los precios óptimos no se diferenciarán en gran medida de los precios miopes. Así pues, las mayores diferencias entre las trayectorias de precios de equilibrio, óptima y miope, se espera que ocurran para valores intermedios del parámetro de aprendizaje.

De la ecuación [5] se desprende que p_t^m es mayor que p_t dado que $p_{t+1} < p_t$. La optimización global reconoce que al reducir el precio corriente se sacrifican beneficios actuales por beneficios futuros que se originan en la acumulación de más experiencia. Si la elasticidad de la demanda es muy alta una pequeña reducción en el precio estimulará sustancialmente a las ventas y dará lugar a un aumento importante de la experiencia acumulada. Para un mismo impacto en los beneficios futuros el sacrificio en los beneficios corrientes podrá ser menor y el precio p_t podrá mantenerse próximo al precio p_t^m que maximiza el beneficio en el período corriente. Si la demanda es muy inelástica, conseguir acumular más experiencia reduciendo el precio corriente y esperando aumentar las ventas tendrá un coste de oportunidad muy alto en términos de beneficio corriente y es previsible que el precio de equilibrio p_t se mantenga más próximo al precio que optimiza a corto plazo p_t^m . Por lo tanto en mercados con elasticidades extremas el valor del parámetro β se mantendrá próximo a cero en concordancia con la relativa proximidad entre p_t y p_t^m que deberá producirse en ese momento¹⁰.

3.2. Formas funcionales

La ecuación básica para el análisis empírico es la ecuación [5] donde se establece la relación entre el precio óptimo y el precio miope en un mercado. Alternativamente esta ecuación puede escribirse como

$$p_t = \left(\frac{n}{n - 1/\eta} \right) (1 - \beta) \bar{c}_t + \beta p_{t+1} \quad [6]$$

después de sustituir el precio miope p_t^m por su expresión en términos del coste medio $\bar{c}_t = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_{it} \right]$.

Si el coste medio \bar{c}_t fuera observable igual que el precio de mercado en la industria, el valor de β podría estimarse utilizando métodos econométricos a partir de la ecuación [6]. Sin embargo, estos costes no son observables y es

¹⁰ Estas relaciones entre precios bajo comportamiento miope y precios bajo comportamiento globalmente optimizador se confirman con los resultados que se obtienen del ejercicio de simulación que, aunque no incluidos en el trabajo, están a disposición del lector interesado.

preciso buscar una expresión de los mismos que dependa de variables observables. La hipótesis de economías de experiencia implica que los costes de cada empresa c_{it} son una función decreciente y convexa de la experiencia acumulada hasta t , x_{it} . Es posible demostrar que bajo este supuesto se cumple también que \bar{c}_t es una función decreciente y convexa de la experiencia acumulada en toda la industria, $x_t = \sum_{i=1}^n x_{it}$ ¹¹.

Una expresión funcional de \bar{c}_t que cumple estas propiedades es la forma exponencial negativa, utilizada en las simulaciones,

$$\bar{c}_t = c_0 + c_1 x_t^{-\alpha}$$

donde c_0 es el coste no afectado por la experiencia, c_1 es el coste de la primera unidad y α es el parámetro de aprendizaje, $\alpha \geq 0$.

Sustituyendo la ecuación del coste en [5] se obtiene

$$p_t = a_0 + a_1 x_t^{-\alpha} + \beta p_{t+1} \tag{7}$$

donde

$$a_0 = \left(\frac{n}{n - 1/\eta} \right) (1 - \beta) c_0$$

$$a_1 = \left(\frac{n}{n - 1/\eta} \right) (1 - \beta) c_1$$

¹¹ Matemáticamente se deberá verificar que:

$$\frac{\partial \bar{c}_t}{\partial x_t} < 0 \quad \text{y} \quad \frac{\partial^2 \bar{c}_t}{\partial x_t^2} > 0 \quad \text{con} \quad x_t = \sum_{i=1}^n x_{it}$$

por las hipótesis del modelo se cumple que

$$\frac{\partial c_{it}}{\partial x_{it}} < 0, \quad \frac{\partial^2 c_{it}}{\partial x_{it}^2} > 0 \quad \text{y} \quad \frac{\partial c_{it}}{\partial x_{jt}} = \frac{\partial c_{it}}{\partial x_{it} \partial x_{jt}} = 0$$

la última derivada indica independencia de costes entre las empresas y por tanto la ausencia de transferibilidad de aprendizaje.

$$\frac{\partial \bar{c}_t}{\partial x_t} = \frac{\partial \left[\sum_{i=1}^n c_{it}/n \right]}{x_t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\partial c_{it}}{\partial x_t} < 0$$

ya que la variación en x_t tendrá su origen en el aumento de la producción acumulada de una o varias empresas de la industria, la función de costes de la empresa o empresas correspondientes caerá y las del resto permanecerán inalteradas, por lo tanto la suma de los cambios será de signo negativo

$$\frac{\partial^2 \bar{c}_t}{\partial x_t^2} = \frac{\partial^2 \left[\sum_{i=1}^n c_{it}/n \right]}{\partial x_t^2} = \frac{1}{n} \frac{\partial \left[\sum_{i=1}^n \frac{\partial c_{it}}{\partial x_t} \right]}{\partial x_t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\partial^2 c_{it}}{\partial x_t^2} > 0$$

el signo se justifica con un razonamiento similar al empleado para el signo de la primera derivada.

La ecuación [7] relaciona el precio de la industria con la experiencia acumulada, x_t y con el precio del período siguiente, el cual, en el momento de la decisión de las empresas será sólo una expectativa. Observaciones sobre los valores de los precios p_t y de la producción acumulada, x_t , permitirán, a través del ajuste econométrico, obtener las estimaciones del parámetro de aprendizaje α y del factor de descuento β . Para ello se añadirá un término de error estocástico en el que se recogerá, de un lado, el posible error por la aproximación discreta al modelo continuo, y del otro el posible error en la anticipación en t del precio de venta en el período $t + 1$.

3.3. *Estudio empírico: La Industria Española de Fertilizantes Agrícolas*

El contraste de las hipótesis establecidas en los apartados anteriores sobre la relación entre precios óptimos y precios miopes en una industria se ilustra aquí con el sector de fertilizantes agrícolas de la industria española y dentro de él con ocho tipos de abonos diferentes. Puesto que el factor β que se desea estimar es un factor de descuento, además del coste intertemporal en él se recogerá también la prima por riesgo que la empresa atribuye a una actividad concreta. Al elegir todos los productos pertenecientes a una misma industria es de suponer que las primas por riesgo serán similares para todos ellos y las diferencias entre los valores estimados de β tendrán su origen únicamente en la mayor o menor coincidencia entre precios óptimos y precios miopes.

Para cada uno de los ocho productos, y utilizando como fuente estadística el Anuario del Instituto Nacional de Estadística, se han obtenido valores anuales de las variables producción en toneladas y valor en pesetas de las toneladas producidas. Junto a estas variables se ha incorporado también al estudio empírico la información sobre el índice de precios al consumo y el índice de precios de los abonos. El precio de una tonelada de producto, en pesetas nominales, se ha obtenido del cociente entre el valor en pesetas de la producción y el número de toneladas producidas. Para obtener el precio de cada producto a pesetas constantes el precio corriente de cada año se ha deflactado por el índice de precios al consumo de ese año. El cuadro 1 muestra la lista de abonos estudiados, los años para los que se han tomado observaciones y la fuente estadística utilizada. Por otra parte el cuadro 2 muestra un resumen de la información estadística sobre producción y precio de los productos a partir de la cual se realizan posteriormente las estimaciones econométricas¹².

El objetivo final del estudio empírico es obtener alguna evidencia preliminar acerca de la relación entre el factor β de cada producto y los respectivos

¹² Se ha decidido trabajar con cifras de producción y no de demanda interna porque es de suponer que la producción sea más informativa de la estrategia competitiva seguida por las empresas, ya que en ella se tendrán en cuenta las condiciones de los diferentes mercados, internos y externos. La desagregación a ocho productos ha obligado a limitar el período de tiempo estudiado hasta 1976 puesto que a partir de ese año ya no se publican estadísticas de producción desagregadas. No se descarta la posibilidad de solicitar al INE los datos que permitirían alargar la serie hasta fechas más recientes.

CUADRO 1
Clases de abonos agrícolas, período estudiado y fuente
de información estadística

| | Producto | Años | Fuente |
|--------|-----------------------------|---------|-----------------------------|
| CICA: | Cianamida Cálcica | 1960-76 | Anuario Estadístico del INE |
| NIA: | Nitrato Amónico | 1964-76 | Anuario Estadístico del INE |
| NIACA: | Nitrato Amónico Cálcico | 1959-77 | Anuario Estadístico del INE |
| NISA: | Nitrosulfato Amónico | 1965-76 | Anuario Estadístico del INE |
| SAS: | Sulfato Amónico de Síntesis | 1959-76 | Anuario Estadístico del INE |
| UREA: | Urea | 1964-76 | Anuario Estadístico del INE |
| SPO: | Sulfato Potásico | 1959-76 | Anuario Estadístico del INE |
| SFC: | Superfosfato de Cal | 1959-76 | Anuario Estadístico del INE |

parámetros de la función de coste, α , y la elasticidad de la demanda η . El parámetro α será estimado simultáneamente con β cuando se ajuste a los datos disponibles la función no lineal [7]. La elasticidad de la demanda se obtendrá a través de una estimación independiente.

Se postulan dos funciones de demanda alternativas para cada uno de los abonos, según se suponga elasticidad precio de la demanda propia y cruzada, constante o variable.

$$\ln q_t = \gamma_0 + \gamma_1 \ln pm_t + \eta \ln p_t + \delta_2 D + \varepsilon_{1t}$$

o bien,

$$\ln q_t = \delta_0 + \delta_1 pm_t + \delta_2 p_t + \delta_3 D + \varepsilon_{2t}$$

donde q_t es la producción del abono correspondiente por parte de la industria española de fertilizantes en el período t y pm_t es el precio promedio ponderado de la industria de abonos exceptuando el del propio producto en cada t ¹³. Esta variable pm_t se incorpora al modelo para medir a través de ella la influencia de los precios de productos complementarios y sustitutivos en la demanda de cada uno de los abonos. La variable D , es una variable 0,1 que pretende identificar la influencia que la crisis económica del 73 ha tenido en el sector de fertilizantes. Esta variable toma el valor 0 hasta el año 73 y a partir del 74 toma el valor 1. Para los productos Nitrato Amónico Cálcico y Sulfato Potásico, que experi-

¹³ Para la ponderación se ha utilizado la cantidad producida de cada fertilizante en el año t .

CUADRO 2
Producción y precios por clase de producto

| Producto | Logaritmo de la producción | | | | Precio en pesetas constantes | | | |
|----------|----------------------------|-------------------|--------|--------|------------------------------|-------------------|--------|--------|
| | Media | Desviación típica | Máximo | Mínimo | Media | Desviación típica | Máximo | Mínimo |
| CICA | 7,531 | 0,758 | 9,377 | 6,632 | 7,990 | 3,306 | 13,144 | 2,021 |
| NIA | 10,328 | 0,989 | 11,356 | 7,397 | 6,145 | 1,206 | 9,251 | 4,096 |
| NIACA | 11,628 | 0,774 | 12,224 | 9,975 | 7,230 | 2,082 | 11,180 | 4,129 |
| NISA | 10,658 | 0,564 | 11,322 | 9,431 | 5,333 | 0,670 | 6,855 | 4,598 |
| SAS | 11,757 | 0,424 | 12,224 | 10,775 | 6,193 | 1,571 | 9,206 | 4,180 |
| UREA | 11,007 | 0,739 | 12,166 | 9,705 | 5,093 | 1,307 | 8,535 | 3,575 |
| SPO | 10,922 | 0,706 | 11,862 | 9,673 | 2,222 | 0,644 | 3,307 | 1,156 |
| SFC | 12,712 | 0,090 | 12,913 | 12,604 | 3,499 | 0,588 | 4,537 | 2,584 |

mentaron un sensible crecimiento de sus ventas en el período considerado, se ha introducido en su función de demanda la variable tiempo¹⁴. El modelo de demanda finalmente elegido para cada producto, con elasticidades constantes o variables, depende del coeficiente de determinación corregido que se obtiene en el ajuste de cada uno de ellos. Los resultados finales de la estimación de la elasticidad-precio de la demanda para cada uno de los abonos se muestra en el cuadro 3. Al llevar a cabo el ajuste se ha tenido también en cuenta la posible presencia de autocorrelación en los residuos. Si se detectaba autocorrelación el método de ajuste utilizado era un procedimiento autorregresivo de máxima verosimilitud (AR1). En caso contrario se utilizaba el procedimiento de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). En todos los casos la estimación se hizo en el paquete de programas TSP¹⁵.

Los parámetros factor de aprendizaje, α , factor de descuento, β , se obtienen del ajuste econométrico de la función [7] a las observaciones sobre los precios de los ocho abonos a lo largo del tiempo. Puesto que la función es no lineal el proceso de ajuste se realiza dando sucesivos valores al parámetro α y estimado el valor de β correspondiente a cada uno de ellos ajustando la función lineal que resulta cuando α toma un valor determinado. Entre todos los modelos estimados para cada producto se elige finalmente aquel que tiene el mayor coeficiente de determinación ajustado.

El ajuste de la función que permite obtener β se realiza por dos procedimientos alternativos, mínimos cuadrados ponderados (MCP) y método autorregresivo de máxima verosimilitud (AR1). Las ponderaciones utilizadas en el primero de los métodos citados tratan de corregir por la heteroscedasticidad que pueda haber en los residuos del modelo. La ponderación a utilizar en el ajuste se determina teniendo en cuenta que p_t es monótonicamente decreciente en el tiempo como consecuencia de la acumulación de experiencia. Para reflejar esta

¹⁴ La utilización de una variable 0,1 o la variable tiempo como variables explicativas se ha decidido en cada producto en función de la bondad en el ajuste que se obtenía introduciendo una variable o la otra.

¹⁵ Los valores concretos estimados para la elasticidad precio de la demanda deben tomarse con cierta precaución por varias razones. En primer lugar en el subperíodo de tiempo estudiado no se produce una gran variabilidad en los precios de los fertilizantes como, por ejemplo, la que se observa a finales de los setenta y principios de los ochenta. En segundo lugar existe una correlación importante entre los precios de cada fertilizante y los precios medios de los restantes, es decir, existe multicolinealidad entre estas dos variables explicativas. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el propósito de la estimación no es tanto obtener una medida exacta de la elasticidad-precio de cada abono como obtener una ordenación de los abonos según la elasticidad-precio de su demanda. En segundo lugar las estimaciones no son muy diferentes de las obtenidas por González y Sebastián (1986). Estos autores a partir de datos de consumo de fertilizantes y precios de venta en el mercado interior español estiman una elasticidad precio de $-0,75$ para el conjunto de nitrogenados y de $-0,45$ para los fosfatados. Las estimaciones de el cuadro 3 implican unos valores medios para las mismas elasticidades de $-1,12$ y $-0,55$. El mayor valor de las elasticidades obtenidas en este trabajo se explica porque se utilizan cifras de producción y precios medios estimados a partir del valor de esa producción; como una parte de la producción de las empresas se exporta, es razonable suponer que estas empresas perciban una elasticidad-precio de su demanda superior.

CUADRO 3
Estimación de la función de demanda

| Producto Variable | CICA | NIA | NIACA | NISA | SAS | UREA | SPO | SFC |
|-------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Constante | 10,333 ^a (24,902) | 14,546 ^a (8,412) | 8,330 ^a (11,998) | 14,941 ^a (28,242) | 12,699 ^a (13,141) | 15,554 ^a (15,730) | -8,927 (12,360) | 13,088 ^a (38,051) |
| $\ln P_t$ | — | — | -0,727 ^a (-3,058) | — | -1,006 ^b (-2,543) | -1,098 ^d (-1,263) | -0,661 ^a (-5,981) | -0,548 ^c (-1,803) |
| $\ln PM_t$ | — | — | 0,980 ^a (4,189) | — | 0,554 (1,050) | -2,403 ^d (-1,629) | -0,110 (-0,315) | 0,168 (0,774) |
| P_t | -0,111 ^a (-4,546) | -0,286 (-0,879) | — | -0,594 ^b (-3,152) | — | — | — | — |
| PM_t | -0,438 ^a (-4,719) | -0,595 (-0,889) | — | -0,268 (-1,169) | — | — | — | — |
| D | 0,711 ^a (4,029) | 0,472 (0,926) | — | 0,087 (0,610) | -0,325 ^c (1,735) | 0,656 ^b (2,307) | — | 0,288 (4,851) |
| LT | — | — | 1,348 ^a (11,431) | — | — | — | 1,100 ^a (11,626) | — |
| \bar{R}^2 | 0,925 | 0,461 | 0,990 | 0,886 | 0,966 | 0,837 | 0,970 | 0,725 |
| F | 67,202 | 4,425 | 637,080 | 29,51 | 141,307 | 21,56 | 185,49 | 15,97 |
| Dw | 2,56 | 2,15 | 1,79 | 1,88 | 1,95 | 2,09 | 1,750 | 1,67 |
| N | 17 | 13 | 19 | 12 | 18 | 13 | 18 | 18 |
| Método | MCO | MCO | MCO | MCO | ARI | MCO | MCO | MCO |

a: Significativa al 99 por 100.

b: Significativa al 95 por 100.

c: Significativa al 90 por 100.

d: Significativa al 80 por 100.

tendencia se elige la ponderación $x_i^{-0,1}$ igual para todos los productos. La elección entre los modelos estimados por el método de MCP y el estimado por el método AR1 se realiza de nuevo bajo el criterio de correlación serial significativa. Por último, las estimaciones del modelo [7] se hacen bajo la hipótesis de que la constante de regresión a_0 es igual a cero siempre que esta hipótesis no pueda ser estadísticamente rechazable.

El cuadro 4 muestra los resultados de las estimaciones econométricas correspondientes a los modelos finalmente seleccionados de acuerdo con los criterios establecidos en el párrafo anterior. Se advierte en primer lugar que el método de los mínimos cuadrados ponderados, MCP, ha sido siempre el que ha permitido obtener los mejores resultados. Los ajustes son todos estadísticamente significativos si bien el nivel de significación, valores de \bar{R}^2 y F , varía sustancialmente entre unos productos y otros. Para todos los productos excepto el abono NISA no puede rechazarse la hipótesis de que el coeficiente a_0 sea igual a cero.

Teniendo en cuenta que $a_0 = \left(\frac{n}{n-1/\eta}\right) \cdot (1-\beta)c_0$, si β se supone distinto de uno, un valor de a_0 igual a cero implica que c_0 es igual a cero, es decir, la experiencia acumulada afecta a todos los componentes del coste y éste convergiera a cero si la experiencia se acumulara indefinidamente.

La bondad del ajuste de la función de precios estimada no tiene un máximo absoluto para el abono SAS en el recorrido de α relevante $(0,1)^{16}$. Por el contrario ofrece un mínimo para $\alpha = 0,15$ y dos máximos locales en $\alpha = 0,0$ y $\alpha = 1,0$. Cuando $\alpha = 1,0$ el resultado obtenido no tiene significado económico y sugiere una incorrecta especificación del modelo para este producto. Por ello hemos presentado en el cuadro 4 el ajuste correspondiente a $\alpha = 0,0$ en aras de una mayor coherencia económica.

El resto de pares de valores α y β se mantienen dentro de los límites que aseguran una correcta interpretación económica. La mayoría de los valores del parámetro de aprendizaje α se sitúan entre 0,10 y 0,15, lo cual supone una fracción de aprendizaje (porcentaje en que se reducen los costes al doblar la

¹⁶ El coste de la unidad de producto n , si existen economías de aprendizaje puede expresarse por:

$$c_n = c_1 n^{-\alpha}$$

El coste de las n primeras unidades es:

$$CT_n = \int_0^n c_1 i^{-\alpha} di = \frac{c_1 n^{-\alpha+1}}{-\alpha+1}$$

y el coste medio

$$\overline{CT}_n = \frac{c_1 n^{-\alpha}}{-\alpha+1}$$

por tanto para que $\overline{CT}_n > 0$, $\alpha < 1$.

Cuadro 4
Trayectoria de precios $P_t = a_0 + a_1 x_t^{-a} + \beta P_{t+1} + \varepsilon$

| Producto | Método | α | a_0 | a_1 | β | \bar{R}^2 | F | DW | ρ | N |
|----------|--------|----------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------|--------|------|--------|----|
| CICA | MCP | 0 | — | 4,625 ^b (2,601) | 0,480 ^b (2,48) | 0,29 | 5,73 | 2,02 | — | 16 |
| NIA | MCP | 0,05 | — | 11,362 ^a (5,382) | -0,065 (-0,065) | 0,574 | 14,47 | 1,63 | — | 11 |
| NIACA | MCP | 0,12 | — | 9,941 ^d (1,542) | 0,742 ^a (3,804) | 0,907 | 147,80 | 2,09 | — | 15 |
| NISA | MCP | 0,10 | 2,075 ^b (2,027) | 15,666 ^b (2,764) | -0,334 (-0,697) | 0,792 | 18,19 | 2,16 | — | 10 |
| SAS | MCP | 0 | — | 0,656 ^d (1,376) | 0,925 ^a (11,873) | 0,898 | 132,17 | 2,24 | — | 17 |
| UREA | MCP | 0,15 | — | 15,153 ^b (2,677) | 0,503 ^b (2,461) | 0,872 | 76,10 | 1,99 | — | 12 |
| SPO | MCP | 0,15 | — | 9,171 ^b (2,868) | 0,330 ^d (1,426) | 0,505 | 14,33 | 1,67 | — | 16 |
| SFC | MCP | 0,20 | — | 28,86 ^b (2,372) | 0,567 ^a (2,902) | 0,828 | 67,60 | 1,83 | — | 16 |

a: Significativa al 99 por 100.

b: Significativa al 95 por 100.

c: Significativa al 90 por 100.

d: Significativa al 80 por 100.

experiencia) entre el 7 por 100 y el 10 por 100. Para el abono CICA, sin embargo, el valor de α que maximiza la bondad del ajuste es igual a cero, indicando que en este producto no se han detectado la presencia de economías de experiencia. El valor de α es también muy bajo para el producto NIA.

El factor β , por su parte, muestra unos valores estimados que no permiten rechazar estadísticamente la hipótesis de $\beta = 0$ para los abonos NIA y NISA. Los valores más altos de β se detectan en los abonos NIACA y SAS.

Considerados los valores de los parámetros β , α y η para los diferentes productos estudiados dentro de la industria española de abonos agrícolas es posible analizar en qué medida se detecta una relación entre las pautas de comportamiento competitivo, optimización miope u optimización a largo plazo, y los valores de los parámetros de experiencia y elasticidad. Las hipótesis que se habían establecido indicaban un comportamiento de los precios de la industria más próximo a lo que correspondería a una optimización miope de las empresas para valores más extremos del parámetro de aprendizaje y de la elasticidad precio de la demanda. Por otro lado, la evolución de los precios observados se alejaría más de los precios surgidos de un comportamiento miope para valores intermedios de los parámetros citados. La mayor o menor proximidad de los precios observados con los precios miopes se detecta a través del valor que adopta el parámetro β , más próximo a cero cuanto más próximos a los precios miopes estén los precios observados.

El cuadro 5 muestra los valores estimados de β , α y η para cada uno de los abonos. Para los modelos de función de demanda con elasticidad variable, la elasticidad η que aparece en el cuadro corresponde a la elasticidad media, que se obtiene de $\eta = \delta_2 \bar{p}$, donde δ_2 es el parámetro estimado en el cuadro 3 y \bar{p} es el precio medio del producto.

De la observación del cuadro se desprende que el valor de $\beta = 0$ ocurre para valores claramente extremos de la elasticidad de la demanda, confirmando así las predicciones que se habían establecido. Los valores positivos de β ocurren cuando la elasticidad toma valores intermedios. La relación entre β y el parámetro de aprendizaje es menos concluyente, aunque no debe olvidarse que se

CUADRO 5
Parámetros de Conducta, Elasticidad y Aprendizaje
para los abonos agrícolas estudiados

| Producto | Conducta β | Elasticidad η | Aprendizaje α |
|----------|------------------|--------------------|----------------------|
| NIA | 0 | 0 | 0,05 |
| NISA | 0 | -3,66 | 0,10 |
| SPO | 0,33 | -0,66 | 0,15 |
| CICA | 0,48 | -0,92 | 0 |
| UREA | 0,50 | -1,09 | 0,15 |
| SFC | 0,56 | -0,55 | 0,20 |
| NIACA | 0,74 | -0,72 | 0,12 |
| SAS | 0,92 | -1,00 | 0 |

determina conjuntamente con el valor de la elasticidad. Los valores de $\beta = 0$ se corresponden con valores relativamente más bajos del parámetro de aprendizaje α , pero al mismo tiempo el abono CICA tiene un valor moderado de β y el abono SAS un valor de β alto y ambos tienen una estimación igual a cero del parámetro aprendizaje.

Globalmente puede afirmarse que las predicciones establecidas con el modelo teórico sobre la relación entre comportamiento competitivo dinámico en un mercado y parámetros de la demanda, elasticidad, y coste, experiencia, no quedan rechazadas por la evidencia empírica que aporta el estudio sobre la industria española de abonos agrícolas. Obviamente las conclusiones serán más firmes a medida de que se disponga de mayor número de estudios referidos a otros sectores.

4. Conclusiones

La competencia dinámica en precios es un tema de creciente interés en la Economía Industrial y en la formulación de estrategias competitivas por parte de las empresas. Dos son las características principales de la industria que dan lugar a elementos dinámicos en la competencia, la presencia de economías de experiencia en la producción y la tendencia a la saturación en la demanda de ciertos productos, combinada con un efecto de difusión previa del producto en la probabilidad de compra del mismo en un momento en el tiempo. Este trabajo se ha centrado en el análisis de la decisión empresarial que debe elegir entre tener en cuenta los factores dinámicos o ignorarlos, a la hora de decidir la cantidad a producir en un período de tiempo. Ignorar los factores dinámicos, identificado como adoptar una estrategia miope o de optimización período a período, supone reducir la agresividad competitiva frente a la alternativa de tener en cuenta dichos factores y optimizar a largo plazo. Por tanto si todas las empresas optimizan a corto plazo se reduce el nivel de competencia en la industria y se obtienen mayores beneficios por empresa que los que se obtendrían si todas optimizan a largo plazo. Sin embargo, la optimización generalizada a corto plazo requiere de una coordinación de las estrategias empresariales, la cual no será fácil de conseguir puesto que cada empresa tiene incentivos individuales a adoptar un comportamiento de optimización a largo plazo cuando las demás lo hacen a corto plazo.

Además de caracterizar la forma previsible que adoptará la competencia en una industria cuando existan factores dinámicos, el trabajo ha analizado a través de un ejercicio de simulación, la relación entre los beneficios cuando las empresas adoptan una estrategia miope y cuando adoptan estrategias globales. Los dos beneficios es previsible que difieran más para valores intermedios de los parámetros de aprendizaje y elasticidad precio de la demanda, siendo relativamente próximos para valores extremos de estos parámetros. El contraste empírico de esta relación realizado sobre los datos de producción correspondientes a ocho abonos fabricados por la industria española de fertilizantes agrícolas no permite rechazar las predicciones teóricas y aporta una primera evidencia de la relevancia de la competencia dinámica en la industria española.

Apéndice A1

Equilibrio Nash en la Industria para el caso particular de costes y demanda utilizados en la simulación.

1. *Todas las empresas con comportamiento óptimo.* El modelo de competencia Nash-Cournot para las n empresas de la industria incluye n problemas de optimización para dichas empresas en el que cada una maximiza el valor actual de sus beneficios descontados a la tasa r ,

$$\forall_1 = 1, \dots, n,$$

$$\text{Max}_{\{\dot{x}_i(t)\}} \pi_i = \int_0^T e^{-rt} [p(t) - (m_0 + c_0 x_i(t))^{-\alpha}] \dot{x}_i(t) dt$$

Sujeto a

$$\dot{x}(t) = \sum_{i=1}^n \dot{x}_i(t) = h(t) (p(t))^{-\eta}$$

$$\dot{x}_i(t) = \frac{dx_i(t)}{dt}$$

$$x_i(0) \text{ dado para } i = 1, \dots, n$$

Para resolver este problema se aplica la teoría de control óptimo construyendo primero la función Hamiltoniana L_i ,

$$L_i = (p(t) - (m_0 + c_0(x_i(t))^{-\alpha})\dot{x}_i(t) + \lambda_i \sum_{j=1}^n \dot{x}_j(t)$$

o bien sustituyendo el precio de la función de demanda,

$$L_i = [(\dot{x}(t)/h(t))^{-1/\eta} - (m_0 + c_0(x_i(t))^{-\alpha})\dot{x}_i(t) + \lambda_i \sum_{j=1}^n \dot{x}_j(t)$$

donde λ_i es la variable dual de la empresa i por la que se mide el impacto en los beneficios actuales de esta empresa por cada unidad en que varíe el *output* corriente de la industria.

Las condiciones necesarias del problema de óptimo implican,

$$\frac{\partial L_i}{\partial \dot{x}_i} = 0 = (p - (m_0 + c_0 x_i^{-\alpha}) + \lambda_i) - 1/\eta p \frac{\dot{x}_i}{x}, \quad i = 1, \dots, n \quad [A1]$$

$$\dot{\lambda}_i = r\lambda_i - \frac{\partial L_i}{\partial x}, \quad i = 1, \dots, n \quad [A2]$$

$$\lambda_{iT} = 0 \quad i = 1, \dots, n \quad [A3]$$

donde se prescinde de la referencia temporal para simplificar la notación.

Sumando las n ecuaciones [A1] y después de ordenar los términos se obtiene el precio de equilibrio en la industria,

$$\begin{aligned} p^* &= \frac{nm_0 + c_0 \left(\sum_{i=1}^n x_i^{-\alpha} \right) - \sum_{i=1}^n \lambda_i}{n - 1/\eta} = \\ &= \left(\frac{n}{n - 1/\eta} \right) \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n c_i(x_i) - \lambda_i \right] \end{aligned} \quad [A4]$$

Sustituyendo de nuevo el precio de equilibrio en [A1] se determina las ventas de la empresa i durante el período,

$$\dot{x}_i^* = \eta h(t) (p^*)^{-\eta} \left(1 - \frac{m_0 + c_0 x_i^{*-\alpha} - \lambda_i}{p^*} \right) \quad [A5]$$

Tanto p^* como \dot{x}_i^* son función de la variable dual λ_i . El valor óptimo de λ_i se obtiene a partir de [A2],

$$\dot{\lambda}_i = r\lambda_i - (\alpha c_0 x_i^{-\alpha-1}) \dot{x}_i, \quad i = 1, \dots, n$$

Resolviendo estas n ecuaciones diferenciales se obtiene el valor de λ_i ,

$$\lambda_i = \int_t^T -e^{-r(T-t)} \alpha c_0 x_i^{-(\alpha+1)} \dot{x}_i dt \quad [A6]$$

La ecuación [A6] permite interpretar el valor de λ_i como el valor actual en t de los ahorros en costes futuros que obtiene la empresa i si aumenta en una unidad su producción en el período t .

2. *Empresas con comportamiento miope.* Se repiten los resultados anteriores, excepto en el valor de λ_i que ahora es igual a cero para aquellas empresas que maximizan sus beneficios período a período. Cuando todas las empresas son miopes el precio de equilibrio es igual al precio de equilibrio Nash-Cournot en un modelo estático de oligopolio,

$$p = \left(\frac{n}{n - 1/\eta} \right) \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n c_i(x_i) \right] \quad [A7]$$

3. *Algoritmo iterativo para el cálculo de los beneficios π_i*

- i) Se dan valores a los parámetros del modelo, $a, b, T, \eta, n, m_{0i}, c_{0i}, \alpha_i, r_i, x_{0i}$, y se indica qué empresas van a seguir un comportamiento miope.
- ii) Para cada t , se calcula la primera solución de equilibrio coincidiendo con la solución Nash-Cournot al modelo de oligopolio estático (todas las

empresas con comportamiento miope), ecuaciones [A7] y [A5] con $\lambda_i = 0$. Conocidos p , x_i y \dot{x}_i es posible calcular el beneficio actualizado π_i de cada empresa, esta solución, además de ser la inicial en el caso de competencia dinámica será también la solución buscada cuando todas las empresas se comportan de forma miope.

- iii) Se calculan los valores de λ_i , según [A6], para las empresas que siguen un comportamiento óptimo, teniendo en cuenta que $\lambda_{iT} = 0$.
- iv) Con λ_i se actualizan los valores de p , \dot{x} , \dot{x}_i , x_i de acuerdo con las ecuaciones [A4] y [A5], y se obtienen los nuevos beneficios actualizados. El proceso se repite hasta que los beneficios convergen en un valor de equilibrio¹⁷.

Referencias

- Bass, F. M. (1969): «A New Product Growth for Consumer Durables», *Management Science*, núm. 15.
- Bass, F. M., y Bultez, A. (1982): «A Note on Optimal Strategic Pricing of Technological Innovations», *Marketing Science*, núm. 1.
- Clarke, D. G., y Dolan, R. J. (1982): «A Simulation Model for the Evaluation of Pricing Strategies in Dynamic Environment», *Journal of Business*, núms 57, vol. 1.
- Dolan, R. J., y Jeuland, A. P. (1981): «Experience Curves and Dynamic Demand Models. Implications for Optimal Pricing Strategies», *Journal of Marketing*, núm. 45.
- Funderberg, D., y Tirole, J. (1983): «Learning by Doing and Market Performance», *Bell Journal of Economics*, núm. 14.
- González, O., y Sebastián, C. (1986): «Estudio Económico sobre la demanda de Fertilizantes Nitrogenados y Fosfatados en España», Fundación de Estudios de Economía Aplicada, Documento 86-11.
- Henderson, B. D. (1979): *Henderson on Corporate Strategy*, Abt Books, Cambridge, Mass.
- Kalish, S. (1983): «Monopolist Pricing with Dynamic Demand and Production Cost», *Marketing Science*, núm. 2, vol. 2.
- Polo, Y. (1986): «Difusión de Innovaciones: Teoría, Evidencias Empíricas en Mercados Españoles e Implicaciones para la Estrategia Empresarial», Tesis doctoral.
- Rao, R. C., y Bass, F. M. (1985): «Competition, Strategy and Price Dynamics: A Theoretical and Empirical Investigation», *Journal of Marketing Research*, vol. 22.
- Ross, D. R. (1986): «Learning to Dominate», *The Journal of Industrial Economics*, núm. 4, vol. 34.
- Spence, M. (1981): «The Learning Curve and Competition», *Bell Journal of Economics*, núm. 1, vol. 12.
- Wernerfelt, B. (1985): «The Dynamic of Prices and Market Shares over the product life cycle», *Management Science*, núm. 8, vol. 31.
- Yagüe, M. J. (1987): «Competencia Dinámica en Precios: Implicaciones para la Dirección Estratégica y la Economía Industrial», Tesis doctoral.

¹⁷ Existe un programa de ordenador en lenguaje FORTRAN a disposición del lector interesado.

Abstract

In this paper, I study the relationship between structure and performance in a framework of dynamic oligopoly. To put the problem of interdependence of producers in oligopoly into a dynamic perspective, I consider a demand under the life cycle hypothesis and a cost functions with experience economies. Using simulations methods, I show that it is not possible to hold that exist a direct relationship has been observed in many statics oligopoly theories. In a dynamic perspective, we can established that concentration ratios are not a sufficient variable to explain the rivalry of the firms in the industry.

Recepción del original, octubre de 1987.

Versión final, enero de 1988.