

Documento de Trabajo 91-11  
Noviembre 1991

Departamento de Economía  
Universidad Carlos III de Madrid  
Calle Madrid, 126  
28903 Getafe (Madrid)

## COMPETENCIA TECNOLÓGICA Y ESTRATEGIA: UNA PANORAMICA

Carlos Ocaña Pérez de Tudela\*

### Resumen

---

Este trabajo es una revisión crítica de la literatura acerca de los efectos del aprendizaje tecnológico -autónomo e inducido- sobre la estrategia de las empresas en un oligopolio.

---

Palabras Clave: Innovación, experiencia, oligopolio.

\* Departamento de Economía, Universidad Carlos III.

## 1.- INTRODUCCION

Las empresas, dentro de ciertos márgenes, eligen la tecnología con la que producir bienes y servicios. Tradicionalmente se ha supuesto que el criterio que guía esta elección es el de la eficiencia económica: para cada nivel de output, la empresa elegirá aquella tecnología que minimize el coste total de producción. Sin embargo, hay una segunda dimensión en la elección de la tecnología que es relevante cuando las empresas actúan estratégicamente. La elección de una estructura de costes, fijos versus variables o corrientes versus futuros, condiciona la capacidad de la empresa para competir en los mercados. Como consecuencia, las empresas pueden elegir su tecnología atendiendo a criterios estratégicos más complicados que la simple minimización de costes.

El objetivo de este trabajo es revisar la literatura económica que estudia el comportamiento estratégico en la elección de la tecnología. Las preguntas que intenta responder esta línea de investigación se refieren a qué tecnología elegirán las empresas (con respecto a la que minimiza los costes), a cómo afectará esta elección a los precios y cantidades y, finalmente, a cuáles son las consecuencias desde el punto de vista del bienestar social. Otras cuestiones relacionadas como los procesos de innovación y difusión tecnológicas o la elección de tecnología en contextos no estratégicos, no serán tratadas aquí (véase Kamien y Schwartz, 1982, Dasgupta, 1986, o Reinganum, 1989, por ejemplo).

Hay dos maneras en las que la empresa puede afectar su estructura de costes y a los que nos referiremos como aprendizaje autónomo<sup>1</sup> e inducido, respectivamente.

Con la práctica, los individuos y las organizaciones aumentan su eficacia. Como consecuencia, el coste por unidad de muchos bienes y servicios disminuye a lo largo del tiempo. Este fenómeno se denomina, en la literatura económica, aprendizaje autónomo. El aprendizaje autónomo se deriva de la repetición de una misma actividad. En contraste, el aprendizaje inducido se produce cuando una empresa, deliberadamente, realiza inversiones en mejora tecnológica que, en muchos casos, maduran gradualmente. El resultado de ambas formas de aprendizaje es una reducción (secuencial o nó) de los costes unitarios.

a) Aprendizaje Autónomo.

Los modelos de aprendizaje autónomo están centrados en el nivel de actividad (output) de la empresa y en sus consecuencias para la dinámica del mercado. Específicamente, si mayores niveles de actividad (producción) permiten reducir costes más rápidamente, entonces es posible usar estas "economías de aprendizaje" para obtener una ventaja competitiva materializada en un menor coste unitario. La cuestión económica, en definitiva, es en qué medida intentarán las empresas reducir sus costes futuros aumentando su producción actual y cómo afectará esta política a la dinámica del mercado (precios, outputs, entrada de nuevos competidores, etc.).

---

<sup>1</sup> "Autonomous Learning" o "Learning-by-doing" en la literatura sajona.

Existe una abundante literatura en torno a las causas del aprendizaje autónomo. En el artículo de Muth (1986) se repasan sumariamente las teorías sobre el origen del aprendizaje autónomo, al tiempo que este autor desarrolla una teoría adicional. Un desarrollo exhaustivo de estos mismos temas puede encontrarse en el número monográfico de Febrero de 1991 de la revista *Organization Science* dedicado al aprendizaje organizacional. En este artículo se estudian las consecuencias, en vez de en las causas, del aprendizaje autónomo para el comportamiento estratégico de la empresa.

Pese a que el fenómeno de la reducción autónoma de costes está documentado desde hace mas de cincuenta años (Wright, 1936), el interés académico por el uso estratégico del aprendizaje autónomo es relativamente reciente. Dos factores han contribuido decididamente a fomentar este interés. En primer lugar, la adopción de facto por las empresas de estrategias que consideran explícitamente la reducción autónoma de costes se extendió notablemente a partir de los años setenta; el influyente trabajo del Boston Consulting Group (BCG), por ejemplo, marca la incorporación del concepto de aprendizaje a la práctica de la Dirección Estratégica. En segundo lugar, la rápida penetración de los fabricantes japoneses en algunos mercados (automóviles, electrónica,..) durante la década de los 70, aparentemente basada en una superioridad en costes, en altos volúmenes de producción y en relativamente escasas inversiones en investigación y desarrollo tecnológico (Mansfield, 1988), despertó un natural interés por el aprendizaje autónomo.

Finalmente, conviene señalar que desde Arrow (1962) se ha desarrollado una abundante literatura sobre la difusión del aprendizaje autónomo de unos sectores a otros (o de unos países a otros) a través de los bienes de capital usados por todos los sectores económicos. Como quiera que la interacción estratégica no es importante en estos modelos, no serán tratados en este artículo.

b) Aprendizaje Inducido.

Los modelos sobre aprendizaje inducido toman como centro de atención el volumen de inversión en Investigación y Desarrollo adoptado por la empresa, y tratan de relacionarlo con los niveles de precios y output del mercado y con alguna medida del bienestar social. Se trata de identificar qué factores favorecen y cuáles desincentivan la inversión en desarrollo tecnológico, tomando como referencia los niveles de inversión que minimizan el coste total.

Los modelos de aprendizaje inducido admiten una interpretación alternativa como modelos en los que las empresas eligen su capacidad o tamaño. En este caso la inversión que realizan las empresas se interpreta como una inversión en capacidad productiva (máquinas, edificios, etc.). En este contexto la pregunta que se pretende responder es cuál será la relación entre la capacidad de la empresa y su nivel de producción.

El resto del artículo está organizado del siguiente modo. En la sección 2 se define el concepto de curva de aprendizaje, se

indican las principales regularidades empíricas observadas y se discuten algunas insuficiencias empíricas y teóricas de este concepto. La sección 3 analiza los efectos del aprendizaje autónomo en un marco simplificado en el que no se producen "filtraciones" del aprendizaje entre las empresas. El efecto de las filtraciones se analiza en la sección 4 y las aplicaciones de estas ideas a la dirección estratégica se discuten en la 5. Las secciones 6 y 7 presentan los modelos de aprendizaje inducido con barreras a la entrada exógenas y endógenas, respectivamente. La sección 8 contiene algunos comentarios finales.

## 2.- LA CURVA DE APRENDIZAJE

La Curva (o función) de Aprendizaje es la relación entre la producción acumulada de un bien y el coste por unidad de ese bien. Dependiendo del contexto, el coste puede estar referido a la mano de obra, a los inputs que generan valor añadido o a la totalidad de los inputs. El término Curva de Experiencia se usa frecuentemente como sinónimo del anterior<sup>2</sup>.

Si llamamos  $q_t$  al output en el momento  $t$ ,  $c_t$  al coste unitario en  $t$  y

$$Y_t = \sum_{i=1, \dots, t-1} q_i$$

al output acumulado hasta el momento  $t$ , entonces la curva de aprendizaje es una función:

---

<sup>2</sup> No obstante, Hall y Howell (1985) distinguen entre la curva de experiencia, referida al coste total, y la de aprendizaje, que reservan para explicar la evolución de los costes de la mano de obra.

$$(1) \quad c_t = F(Y_t)$$

Cuando se produce aprendizaje autónomo, esto es, cuando la repetición de una actividad reduce el coste de realizarla, la curva de aprendizaje tiene pendiente negativa. La hipótesis de que existe aprendizaje autónomo para, al menos, algunos volúmenes de producción acumulada ha sido confirmada en un largo número de procesos industriales; Yelle (1979) presenta una revisión de esta evidencia empírica.

Una forma particular de la curva de aprendizaje que aparece con frecuencia en la literatura es la llamada función de progreso:

$$(2) \quad c_t = KY_t^{-a} \quad K, a > 0$$

De acuerdo con esta formulación, el coste unitario decrece a una tasa decreciente según aumenta la producción acumulada.

Además de la existencia en si de aprendizaje autónomo en algunas industrias, se han observado otras regularidades empíricas. Tomando como punto de partida una curva de aprendizaje convexa y estrictamente decreciente (la función de progreso, por ejemplo) se han observado las siguientes excepciones a esta forma funcional particular:

i) Escaso aprendizaje inicial: a veces existe una concavidad inicial en la relación entre producción acumulada y coste unitario (Garg y Milliman, 1961).

ii) Estancamiento en el aprendizaje: en algunos casos los costes eventualmente se estabilizan, esto es, después de un

cierto nivel de producción acumulada no se producen más mejoras (Conway y Schultz, 1959; Baloff, 1966, 1971).

iii) Irregularidad en las mejoras: en ocasiones las mejoras se producen "repentinamente", después de períodos significativos sin cambios (Abernathy y Wayne, 1974; Bright, 1958).

La figura 1 representa una curva de aprendizaje consistente con las dos primeras observaciones. Como consecuencia del estancamiento en el aprendizaje, aparece una asíntota que limita el mínimo coste unitario alcanzable.

La evidencia sobre el comportamiento a largo plazo de la curva de aprendizaje es muy escasa. Como consecuencia, no es posible -por ahora- identificar regularidades en la duración de los efectos de aprendizaje<sup>3</sup>.

Dos aspectos problemáticos del concepto de Curva de Aprendizaje son los siguientes. En primer lugar, la existencia de una relación causal entre producción acumulada y costes no está asegurada por la observación de una correlación negativa entre ambas variables. En particular, el aprendizaje inducido es difícil de distinguir del autónomo cuando las inversiones en investigación y desarrollo se producen usando recursos propios de la empresa (trabajo, por ejemplo) y no están dirigidas a un proyecto de innovación concreto (Círculos de Calidad, por ejemplo). Adler y Clark (1991) consideran ambas formas de aprendizaje simultáneamente, midiendo el efecto de cada una de ellas en dos procesos industriales concretos, y

---

<sup>3</sup> En los trabajos del BCG, por ejemplo, se asume que la reducción de costes se prolonga indefinidamente. Sin embargo, Hall y Howell (1985) señalan, tras una revisión de la evidencia empírica, que no existe evidencia conclusiva en este sentido.



concluyen que sus pesos relativos varían sustancialmente entre procesos. La relevancia de la literatura sobre aprendizaje autónomo no puede establecerse sin que antes se acumule más evidencia sobre esta cuestión<sup>4</sup>.

En segundo lugar, la producción acumulada es sólo una *proxi* de la experiencia acumulada. En este sentido tiene limitaciones. En particular, parece improbable que la tasa de aprendizaje dependa sólo de la producción acumulada. Una hipótesis aparentemente razonable, pero que no ha sido contrastada empíricamente, es que la reducción de costes se ve favorecida por un nivel de producción constante a lo largo del tiempo. La razón es que, con un volumen de output cambiante, la repetición de actividades es menos intensa. Bajo esta hipótesis, las empresas tendrían un incentivo para mantener volúmenes de output estables.

### 3.- APRENDIZAJE AUTONOMO Y DINAMICA DEL MERCADO

Consideraremos en esta sección una industria en la que la tecnología exhibe aprendizaje autónomo reflejado en una curva de aprendizaje, decreciente y convexa, que relaciona el output acumulado de cada empresa con el coste (total) medio. Para un nivel de experiencia dado el coste medio se supondrá constante. Por tanto, la función de costes puede escribirse así:

---

<sup>4</sup> Otras posibles causas de una correlación espúrea son los rendimientos crecientes a escala y el aprendizaje que ocurre por el paso del tiempo, sin relación al nivel de actividad. La introducción de estas variables no elimina, en general, el componente autónomo del aprendizaje (Hall y Howell, 1985).

$$(3) \quad C(q_t, Y_t) = c(Y_t)q_t$$

con  $c'( ) < 0$  y  $c''( ) > 0$ .

Para ordenar la discusión distinguiremos entre: i) los efectos del aprendizaje autónomo cuando no hay filtraciones entre las empresas; ii) las consecuencias de la existencia de filtraciones entre las empresas; y iii) las aplicaciones de estas ideas fuera de los modelos de la Organización Industrial.

Empezando por el problema más simple, la primera cuestión a analizar es cómo cambiarán los precios y el output de cada empresa a lo largo del tiempo suponiendo que: i) la estructura del mercado (número de empresas) está dada; y ii) el aprendizaje se produce dentro de cada empresa, sin que se produzcan filtraciones entre ellas.

Consideremos primero un mercado competitivo en el que el precio es igual al coste marginal en cada momento del tiempo. Fudenberg y Tirole (1983) demuestran que, bajo algunos supuestos técnicos poco restrictivos, no existe equilibrio competitivo en industrias con efectos de aprendizaje. El resultado se mantiene si la tecnología estática (para un output acumulado dado) exhibe rendimientos "moderadamente" decrecientes a escala. El principal interés de este resultado es que señala la similaridad entre el aprendizaje autónomo y los rendimientos crecientes a escala: como resultado del aprendizaje, aumentos en el output disminuyen el coste marginal futuro; a consecuencia de los rendimientos crecientes a escala, aumentos en el output disminuyen el coste marginal actual. En

ambos casos cabe esperar una estructura oligopolística del mercado.

Consideraremos ahora otras estructuras de mercado bajo el supuesto de que no existe interacción estratégica. El interés de este supuesto, probablemente poco realista, es que sirve como referencia para identificar los efectos propios de la competencia estratégica entre las empresas. Aunque Spence (1981) es el primero en formular el problema, Fudenberg y Tirole (1983) dan un tratamiento más general que se resume a continuación. El modelo más sencillo en este contexto considera a un monopolista que descuenta el futuro a una tasa estrictamente positiva. En este caso se demuestra que, paralelamente a la reducción de costes, el output del monopolista aumenta y el precio disminuye a lo largo del tiempo. Además, tomando como referencia los volúmenes de producción que maximizan el excedente neto, Fudenberg y Tirole (1983) y Stokey (1986) demuestran que el monopolista aprende demasiado despacio: la ineficiencia usual del monopolio (insuficiente nivel de output) genera una segunda ineficiencia materializada en una reducción sub-óptima del coste.

La misma evolución intertemporal de precios y output aparece en el caso de un oligopolio en el que las empresas compiten a la Cournot y tienen capacidad de compromiso (dando lugar a equilibrios imperfectos de ciclo abierto) de manera que sus estrategias  $q_j(t)$  dependen exclusivamente del tiempo.

Consideremos ahora el caso más realista en que las empresas pueden usar la experiencia como variable estratégica, adaptando en cada momento su producción a sus costes actuales y a los

costes de sus rivales (dando lugar a equilibrios perfectos de ciclo cerrado). Supongamos, en primer lugar, que el output es la variable de decisión estratégica de modo que las empresas eligen volúmenes de output contingentes en la producción acumulada propia y de los rivales,  $q_j(Y_{11}, \dots, Y_{nt}, t)$ . Tanto Spence (1981) como Fudenberg y Tirole (1983) analizan un modelo con sólo dos períodos; de este modo es posible obtener soluciones explícitas. Cualitativamente no hay diferencia entre analizar un modelo con dos períodos y otro con un horizonte arbitrario pero finito.

Tres conclusiones emergen en este contexto. En primer lugar, el output es mayor en cada período cuando las empresas actúan estratégicamente que cuando actúan ignorando la interacción estratégica. En otras palabras, si las empresas reconocen la posibilidad de obtener una ventaja estratégica (menores costes) aumentando su output, elegirán hacerlo para así reducir el output (futuro) de sus competidores. Por supuesto, si todas las empresas reconocen esta posibilidad, en un equilibrio simétrico ninguna obtiene una ventaja competitiva, pero al menos evitan que las demás la obtengan. El resultado es que el aprendizaje genera una mayor competitividad (mayor output y menor precio) en los mercados<sup>5</sup>. Como consecuencia directa emerge una segunda conclusión: desde el punto de vista del bienestar social, mayores tasas de aprendizaje son beneficiosas.

---

<sup>5</sup> La existencia de equilibrios perfectos en los que el output es decreciente a lo largo del tiempo demuestra que el motivo por el que se incrementa el output es el de obtener una ventaja competitiva futura.

En tercer lugar, puesto que el aprendizaje genera una estructura industrial de competencia imperfecta, cabe preguntarse si la regulación del mercado puede aumentar el bienestar. Fudenberg y Tirole (1983) caracterizan la política fiscal óptima, dentro de las de presupuesto equilibrado, para su modelo con dos períodos. La política óptima requiere tasar la producción en el primer período y subsidiarla en el segundo. Este resultado puede parecer paradójico ya que, aparentemente, reduce los incentivos para expandir inicialmente la producción y aprender más deprisa. Sin embargo, como las empresas internalizan los beneficios de la reducción de costes, una política óptima sólo tiene que preocuparse por los precios. Como los incentivos a producir son menores en el segundo período, será en este cuando los márgenes sean más altos. Un subsidio en el segundo período tendera a reducirlos.

La competencia en precios (con productos diferenciados) se analiza en Fudenberg y Tirole (1986). El valor estratégico del aprendizaje es distinto en este caso: cada empresa puede, reduciendo su precio, disminuir la cuota de mercado de sus rivales y por tanto aumentar los costes futuros de éstos<sup>6</sup>. La reducción de los costes propios no confiere una ventaja estratégica cuando las empresas compiten en precios. El efecto sobre la evolución en el tiempo de precios y outputs es, en general, indeterminado.

Finalmente, la estructura del mercado se puede determinar endógenamente. Battacharya (1984), considera el juego entre un

---

<sup>6</sup> Con competencia en cantidades esta posibilidad no existe ya que la producción de los rivales se toma como dada.

monopolista y un entrante potencial suponiendo que el monopolista soporta inicialmente unos costes mas bajos como consecuencia de su mayor experiencia en el mercado. Por su parte, el entrante potencial puede realizar inversiones para reducir la diferencia en los costes antes de entrar en el mercado. En equilibrio, la diferencia en costes retarda la entrada del nuevo competidor<sup>7</sup>. Por tanto, el aprendizaje actúa como una barrera a la entrada que da una ventaja estratégica a la empresa que primero entra en el mercado. En el citado modelo de Battacharya la diferencia inicial en los costes está dada. Sería interesante analizar el caso más general en el que la diferencia en costes se determina endógenamente.

Spence (1981) analiza, por medio de ejemplos numéricos, los efectos del aprendizaje sobre la entrada de empresas en el mercado. Esta evidencia circunstancial también sugiere que el aprendizaje crea barreras a la entrada, particularmente para valores intermedios de la tasa de aprendizaje.

#### 4.- EFFECTO DE LAS FILTRACIONES<sup>8</sup>.

Existe cierta evidencia empírica que indica que el aprendizaje se filtra (parcialmente) de unas empresas a otras (Zimmerman, 1982; Lieberman, 1984). Las filtraciones tienen dos efectos contradictorios. Por una parte, al convertir las reducciones de costes (al menos parcialmente) en un bien

---

<sup>7</sup> De hecho, el retardo en la entrada es mayor cuanto mayor es la diferencia inicial en los costes.

<sup>8</sup> "Spillovers" en la literatura sajona. Otra traducción del término que aparece en la literatura es "efectos de arrastre".

público, disminuyen el incentivo de las empresas a expandir su producción; este efecto, en definitiva, disminuye la competitividad entre las empresas. Por otra parte, las filtraciones tienen el efecto de acelerar el proceso de reducción de costes para cualquier secuencia dada de volúmenes de producción; este efecto aumenta la competitividad. La cuestión, en definitiva, es cuál de estos dos efectos es el dominante.

Suponiendo un horizonte de producción finito (dos períodos) y la ausencia de interacción estratégica Ghemawat y Spence (1985) y Spence (1981) consideran los efectos de la filtración del aprendizaje. Bajo estos supuestos, la filtración del aprendizaje en general es beneficiosa, esto es, acelera el proceso de reducción de costes y precios. No obstante, estos resultados no son robustos. En un modelo similar, Fudenberg y Tirole (1983, 1986) consideran el caso con interacción estratégica y encuentran que el efecto de "pequeñas" filtraciones es reducir el output de cada empresa en el primer período. Este resultado sugiere que el efecto neto de la difusión podría ser una reducción de la competitividad de la industria. En la medida en que la difusión del conocimiento puede influenciarse por medio de regulación (legislación sobre patentes, por ejemplo), sería recomendable -en estos casos- fomentar la no difusión. No obstante, la falta de generalidad del resultado (que estrictamente sólo aplica a filtraciones infinitesimales a partir de una situación sin filtraciones) hace difícil emitir recomendaciones generales sobre la forma óptima de regulación.

Stokey (1986), en un modelo general con un horizonte infinito, analiza el caso extremo en que la totalidad de la reducción de costes se filtra a la competencia de modo que el aprendizaje se produce al nivel de la industria. La filtración (completa) del aprendizaje resulta en volúmenes de producción demasiado pequeños aun en mercados perfectamente competitivos. De hecho el problema se agrava cuanto mayor es el número de empresas. En consecuencia, con aprendizaje al nivel de la industria, el bienestar social podría no aumentar con aumentos en el número de empresas. En este tipo de industria, las políticas que tienden a reducir la entrada de empresas (la legislación sobre patentes vuelve a servir de ejemplo), pueden estar justificadas también desde el punto de vista de su efecto en la estructura del mercado y no sólo como medidas de incentivación de las inversiones en investigación y desarrollo.

##### **5.- APLICACIONES A LA DIRECCION ESTRATEGICA**

Es en el campo de la Dirección Estratégica en el que la idea de que el aprendizaje tiene un valor estratégico ha recibido mayor atención (Ghemawat (1986), Hall y Howell (1985), Porter (1980), Abernathy y Waine (1974), Boston Consulting Group (1972) entre otros). Las principales ideas en este campo se pueden resumir como sigue. Primero, desde el punto de vista de la empresa, aprovechar los efectos del aprendizaje significa crecer deprisa y obtener cuotas de mercado elevadas; ésto requiere sacrificar beneficios presentes a cambio de mayores beneficios futuros.



Segundo, una expansión de la producción ha de ir acompañada de una reducción en los precios respecto a lo que sería óptimo en ausencia de aprendizaje. En respuesta al problema de desarrollar una política óptima de precios a lo largo del tiempo, anticipando las futuras reducciones de costes, se han desarrollado algunos modelos que permiten calcular numéricamente, en ausencia de interacciones estratégicas entre las empresas, la política óptima de precios (Véase Dada y Srikanth, 1990 y Wernerfelt, 1985, por ejemplo).

Tercero, ciertas formas organizacionales y determinadas opciones tecnológicas favorecen los efectos de aprendizaje y, por tanto, deberían ser elegidas por aquellas empresas que adopten estrategias de aprendizaje. Aumentos en la especialización de la mano de obra o la automatización de las operaciones, por ejemplo, facilitan el aprendizaje.

Cuarto, las filtraciones disipan la ventaja estratégica que confiere el aprendizaje a la empresa. Por tanto, las medidas que dificulten la imitación por los rivales favorecen la consecución de ventajas estratégicas en los costes (empleo de maquinaria propia en vez de adquirida, por ejemplo).

La literatura emanada desde la perspectiva de la Dirección Estratégica también indica qué factores influyen en la eficacia de una estrategia de aprendizaje. En primer lugar, es en las primeras etapas en la vida de una empresa (o sector) cuando más significativas son las reducciones en costes. Además, una estrategia de aprendizaje prosperará más fácilmente cuanto más elástica sea la demanda del bien producido (de manera que la reducción de precios sea efectiva en aumentar el output).

Finalmente, las posibles ventajas de la reducción de costes han de compararse con los costes que supone la pérdida de flexibilidad. Por ejemplo, como quiera que una estrategia de aprendizaje sólo se rentabiliza en el largo plazo, es necesario que el producto y la tecnología en cuestión no sean sustituidos demasiado pronto. Por supuesto el momento en que se produzca la sustitución no está controlado por la empresa. Del mismo modo, la especialización de la mano de obra supone una pérdida de flexibilidad.

Las consecuencias del aprendizaje para el diseño de contratos de trabajo se consideran en Dearden y Lilien (1988). Estos autores analizan el problema del diseño de contratos de agencia óptimos, para retribuir al personal de ventas, en la presencia de efectos de aprendizaje. La idea central en este trabajo es que, para promover el aprendizaje, es necesario estimular las ventas en los primeros períodos de producción. Si las ventas dependen del esfuerzo (inobservable) de los vendedores, entonces puede ser necesario incentivar las ventas a través de la retribución. Esta hipótesis se examina en el contexto de un modelo dinámico, con dos períodos y con formas funcionales específicas. El resultado es que es óptimo aumentar la comisión por ventas y disminuir la parte fija del salario en el primer período, con respecto a lo que sería óptimo en un modelo sin aprendizaje. De este modo se estimulan las ventas durante el primer período y se favorecen costes más bajos durante el segundo.

## 6.- APRENDIZAJE INDUCIDO

Una tecnología admite aprendizaje inducido si el coste de producción puede reducirse invirtiendo recursos en Investigación y Desarrollo (I+D). Llamando  $X$  al gasto en I+D y suponiendo rendimientos constantes a escala, el coste marginal (o coste variable medio) puede escribirse como  $C(X)$ . Existe aprendizaje inducido si la función  $C(X)$  es decreciente en  $X^9$  para, al menos, algunos valores de  $X$ .

En ocasiones, la eficacia de la inversión es mayor si ésta se produce gradualmente en vez de concentrarse en un momento específico del tiempo. En este caso la función de costes medios  $C(X)$  es convexa en  $X$  y, ceteris paribus, las empresas tienen un incentivo a distribuir su gasto en I+D a lo largo del tiempo. Similarmente, cuando la eficacia de la inversión aumenta (no varía) con la concentración temporal de la inversión,  $C(X)$  es cóncava (lineal).

Desde el punto de vista de la estructura de costes, el aprendizaje inducido permite reducir los costes variables a cambio de aumentar los costes fijos (ya que las inversiones en I+D, al no depender del output, son esencialmente un coste fijo). Es razonable suponer que, para cada nivel de output, existirá una combinación de costes fijos y variables que minimize el coste total de producirlo. En ausencia de interacciones estratégicas esta combinación que minimiza el coste total sería la elegida por la empresa.

---

<sup>9</sup> Aunque conceptualmente diferentes, otro tipo de inversiones pueden tener el mismo valor estratégico. Por ejemplo, la automatización de las operaciones también reduce el coste variable de producción.

Sin embargo, la estructura de costes fijos/variables tiene efectos sobre la capacidad competitiva de las empresas. Como consecuencia, puede que las empresas elijan una combinación de costes fijos/variables que no minimize el coste total. Un menor coste variable actúa como un compromiso a producir más en el futuro ya que el coste adicional por incrementar la producción será menor.

La pregunta que intenta responder la literatura sobre las consecuencias estratégicas del aprendizaje inducido es cómo el incentivo a alterar la estructura de costes afectará al mercado (precios, output, número y tamaño de las empresas), a los gastos en I+D y al bienestar social.

Para organizar la revisión de la literatura distinguiremos entre modelos en los que las barreras a la entrada son exógenas (número de empresas dado) y aquellos en que son endógenas.

Consideremos primero un mercado en el que  $n$  empresas ofrecen un bien homogéneo. La situación que queremos analizar es la siguiente: en cada período  $t$ , cada empresa toma dos decisiones; por una parte, se decide cuanto invertir en I+D y, por otra, se elige un precio o una cantidad. La inversión en I+D se acumula de un período a otro y al principio de cada período las empresas observan la inversión acumulada por las demás empresas. La inversión en I+D tiene un componente estratégico ya que, al ser observada por los competidores en el siguiente período, puede afectar sus decisiones de producción o de fijación de precios en el futuro.

Un juego con estas características, suponiendo competencia en cantidades, se analiza en Flaherty (1980)<sup>10</sup>. No obstante, el concepto de solución empleado, el equilibrio de Nash de ciclo abierto, proscribire la existencia de interacciones estratégicas. El principal resultado de este trabajo es que, bajo supuestos razonables, no existen equilibrios estables simétricos, sugiriendo una explicación para la coexistencia de empresas de distinto tamaño en una misma industria. La imperfección (en los subjuegos) del equilibrio considerado hace que esta sugerencia no quede demostrada.

El valor estratégico de las inversiones se analiza en Brander y Spencer (1983) para el caso de competencia en cantidades. Se supone un horizonte finito que, sin subsiguiente pérdida de generalidad, permite considerar un juego en dos etapas; en la primera etapa se elige un volumen de inversión y en la segunda un nivel de output. En equilibrio, el efecto de la reducción de costes por una empresa es disminuir el output (futuro) de los competidores. Por tanto, desde el punto de vista de la empresa, la inversión en reducción de costes proporciona una ventaja estratégica potencial. En los equilibrios simétricos esto se traduce en un exceso de inversión: dado el nivel de output que se va a producir, las empresas invierten más de lo necesario para minimizar el coste total. La inversión tiene el valor estratégico de señalar a los competidores un compromiso a producir que se hace creíble reduciendo el coste (variable) de esa producción. Este resultado contradice la conclusión

---

<sup>10</sup> Arrow (1962) ya aborda un problema similar en un contexto no estratégico, considerando alternativamente los casos de monopolio y competencia perfecta.

general de los modelos no estratégicos que sugiere la adopción de un nivel insuficiente de inversión debido a que, parte de los beneficios de la inversión revierten a los consumidores, en vez de a las empresas, en la forma de menores precios.

Cuando hay competencia en precios el efecto estratégico es el contrario, al menos cuando hay simetría entre las empresas y los productos están diferenciados; véase Okuno-Fujiwara y Suzumura (1988). La reducción de costes tiene el efecto, cuando se compite en precios, de disminuir el precio elegido por los competidores; este efecto aumenta la competencia. En consecuencia, dado el nivel de output de equilibrio, las empresas invierten demasiado poco en reducción de costes en comparación con el nivel que minimiza el coste total.

Como los niveles de output son distintos según la competencia sea en precios o cantidades, los resultados anteriores no permiten concluir bajo qué forma de competencia se invierte más. Sin embargo esta cuestión es central para comparar, desde el punto de vista del bienestar, las distintas formas de competencia oligopolista.

Bester y Petrakis (1991) analizan este problema en un modelo bi-etápico de un duopolio con diferenciación de producto y en el que se admite la posibilidad de asimetrías en la tecnología de las empresas. Delbono y Denicolo (1990) realizan un análisis semejante en un modelo algo distinto al que hemos venido considerando. Concretamente, se supone que la inversión en I+D tiene un resultado aleatorio y que, como máximo, una empresa tendrá éxito en reducir sus costes. Los resultados son parecidos en ambos trabajos.

Pese al incentivo estratégico a invertir poco cuando se compite en precios, ambos trabajos señalan la existencia de otros efectos. Primero, el nivel de output es mayor si se compite en precios de manera que, una disminución del coste medio es más rentable en este caso. Segundo, cuando los productos son fácilmente sustituibles, el efecto de la reducción en costes es mayor cuando las empresas eligen precios. Si, por ejemplo, el bien es homogéneo y la función de costes es lineal, entonces la empresa con menor coste variable se apropia de la totalidad del mercado. Estos dos efectos pueden, en ocasiones, dominar al efecto estratégico. En consecuencia, no es posible determinar con generalidad bajo qué forma de competencia se invierte más, o si la inversión supera o no alcanza el óptimo social.

Esta conclusión, de carácter negativo, matiza el bien conocido resultado de que la competencia en precios es más competitiva que la competencia en cantidades y, por tanto, preferible desde el punto de vista del bienestar, Vives (1985). Los resultados de Delbono y Denicolo (1990) y Bester y Petrakis (1991) indican que hay una dimensión dinámica en la eficiencia que puede dominar a la dimensión estática.

Vives (1989) introduce incertidumbre sobre la demanda y/o el precio de los inputs en el modelo básico. Cuando hay incertidumbre, la reducción de costes puede tener, además de su valor estratégico, un efecto sobre la flexibilidad tecnológica de la empresa. En lo que respecta al valor estratégico de la inversión en reducción de costes, Vives (1989) encuentra que éste aumenta al aumentar la incertidumbre

(variabilidad) del entorno. Como consecuencia, la inversión en reducción de costes aumentará al aumentar la incertidumbre.

Spence (1984) estudia un juego dinámico de reducción de costes suponiendo que la función  $C(X)$  es lineal, esto es, suponiendo que la mayor o menor concentración temporal de la inversión no afecta a su eficacia. Como consecuencia, toda la inversión se produce al inicio del juego pese a que el horizonte de las empresas es infinito. El concepto de solución es, en este caso, el adecuado (equilibrio de Nash perfecto en los subjuegos). El objetivo de Spence (1984) es determinar el efecto de las filtraciones sobre el volumen de I+D y la política de impuestos/subsidios óptima suponiendo (implícitamente) competencia en cantidades. Las filtraciones reducen el incentivo de las empresas para invertir y también reducen el coste, para el total de la industria, de obtener un determinado nivel de reducción de costes. El primer efecto puede evitarse subsidiando las inversiones en I+D de modo que, concluye Spence, las filtraciones son beneficiosas.

Finalmente, Worthington (1990) compara, en una versión del modelo con un horizonte infinito, los equilibrios a largo plazo que resultan de distintos conceptos de solución (equilibrio competitivo, colusivo, Cournot en ciclo abierto y Cournot en ciclo cerrado). La comparación es a través de ejemplos numéricos. El principal interés del análisis es que se demuestra la coincidencia entre las estrategias de equilibrio de ciclo cerrado y las estrategias del equilibrio de variaciones conjeturales en una versión estática del mismo modelo.



## 7.- REDUCCION DE COSTES Y BARRERAS ENDOGENAS A LA ENTRADA.

Consideraremos, finalmente, una versión del juego de la sección anterior en la que los niveles de inversión en reducción de costes se escogen secuencialmente, en vez de simultáneamente. Supongamos que hay exactamente dos empresas y dos períodos. La primera empresa es un monopolista durante el primer período en el que elige cuánto producir y un volumen de inversión  $X_1$ . La segunda empresa observa  $X_1$  y elige, en el segundo período, un volumen de inversión  $X_2$ . Finalmente, las dos empresas compiten en precios o cantidades. En particular, la segunda empresa puede elegir no entrar en el mercado; este caso podemos representarlo como  $X_2=0$ , suponiendo que para producir es necesaria una inversión estrictamente positiva.

En este juego, la decisión de invertir de la segunda empresa se verá afectada por la decisión de la primera empresa. En este marco Dixit (1980) se pregunta en qué situaciones el monopolista usará la inversión para crear una barrera endógena a la entrada. Un análisis general y una tipología de comportamientos estratégicos se presentan en Fudenberg y Tirole (1984, 1986); Gilbert (1989) sitúa este análisis dentro del estudio de las barreras a la movilidad en general.

La conclusión central de estos modelos es que, los incentivos a invertir del monopolista son similares a los identificados, para cada oligopolista, en el juego en el que la inversión se elige simultáneamente. Cuando la competencia se produce en cantidades, un mayor nivel de inversión hace menos agresivos a los rivales, en el sentido de que su output de equilibrio

disminuye. En consecuencia, el monopolista tiene un incentivo a invertir en reducción de costes por encima del nivel que minimiza los costes totales. Dependiendo de cada caso concreto, este exceso de inversión puede resultar en que la segunda empresa prefiera no entrar en el mercado, o en que lo haga con una cuota de mercado inferior a la que le correspondería en un equilibrio simétrico. En el primer caso la inversión en reducción de costes actúa como una barrera endógena a la entrada.

Cuando la competencia se produce en precios, una mayor inversión en reducción de costes por el monopolista lleva a la segunda empresa a reducir su precio en equilibrio. El output, como consecuencia, aumenta. En definitiva, la inversión en reducción de costes aumenta la agresividad del rival. En equilibrio, el monopolista elegirá un volumen de inversión por debajo del que minimiza el coste total para reducir la agresividad del rival.

#### 8.- CONCLUSIONES

Las principales conclusiones que emergen de la literatura revisada en este artículo son las siguientes. Primero, en un mercado oligopolístico, la elección de tecnología por las empresas es una decisión estratégica que no responde, únicamente, a criterios de minimización de costes. Modificando los volúmenes de output o de inversión en I+D, las empresas pueden alterar su estructura de costes futura. De este modo, las empresas pueden adquirir un compromiso creíble sobre el

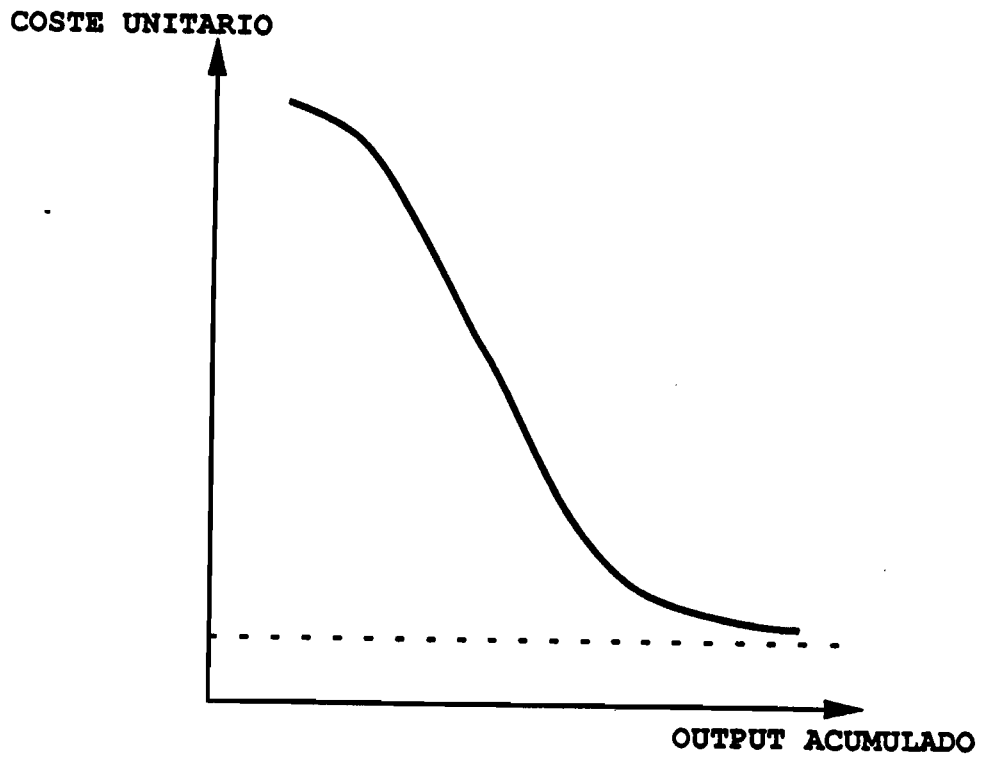
precio y el output que ofrecerán. Al adquirir este compromiso - en la forma de mayores o menores costes variables- la tecnología adoptada difiere generalmente de la que minimiza los costes. El fenómeno del aprendizaje genera, por tanto, ineficiencias técnicas.

Segundo, si las empresas compiten en cantidades, el aprendizaje -autónomo o inducido- aumenta la competitividad entre las empresas establecidas en el mercado por encima de lo que predicen los modelos estáticos; al mismo tiempo, el aprendizaje actúa como una barrera endógena a la entrada de nuevas empresas. Con competencia en precios los efectos son los contrarios, esto es, el aprendizaje reduce, en general, la competencia entre las empresas establecidas pero también facilita endógenamente la entrada de nuevas empresas.

Tercero, ambas formas de aprendizaje dan lugar a ineficiencias estructurales en el sentido de que el número y tamaño de las empresas, en equilibrio, no es eficiente. Estos dos resultados indican que hay razones para regular las industrias en las que el aprendizaje es un fenómeno significativo. No obstante, no hay resultados generales acerca de la forma óptima de regulación.

Cuarto, las filtraciones en el aprendizaje tienen dos efectos de signo opuesto. Por una parte reducen el incentivo de cada empresa para acumular experiencia o gastar en I+D. Por otra parte, aumenta la efectividad del aprendizaje que adquiere, parcialmente, el carácter de un bien público. El efecto neto de las filtraciones en el aprendizaje es ambiguo.

Finalmente, los modelos de aprendizaje resaltan la existencia de una componente dinámica, en la competencia entre empresas, que se superpone a la dimensión estática usualmente contemplada en los modelos económicos. Algunas proposiciones sobre la relación entre estructura del mercado y bienestar social, ciertas en un contexto estático, pueden no serlo una vez que se incluyen consideraciones dinámicas en el análisis. La literatura examinada provee dos ejemplos. En primer lugar, el bienestar social puede no aumentar monótonamente con el número de empresas en una industria. La razón es que, en algunas situaciones, la entrada de nuevas empresas disminuye el incentivo a invertir en aprendizaje. Un segundo ejemplo lo provee la comparación, en términos de bienestar, de la competencia en precios y en cantidades. En un contexto estático la primera es preferible a la segunda. Sin embargo, esta ordenación puede cambiar, si hay aprendizaje, ya que el incentivo a invertir en reducción de costes puede ser mayor cuando se compete en cantidades.



**FIGURA 1: LA CURVA DE APRENDIZAJE**

## REFERENCIAS

- Abernathy, W.J. and K. Wayne "Limits of the Learning Curve", Harvard Business Rev. 52, 5, (September-October, 1974): 109-119.
- Adler, P.; K. Clark. "Behind the Learning Curve: A Sketch of the Learning Process". Management Science 37 (1991): 267-281.
- Arrow, Kenneth J. "The Economic Implications of Learning by Doing", Review of Economic Studies 29, (1962): 155-173.
- Arrow, K. "Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention". The Rate and Direction of Inventive Activity Princeton University Press (1962): 609-625.
- Baloff, N. "Star-ups in Machine Intensive Production Systems". J. Industrial Engineering, 17 (1966): 25-32.
- Baloff, N. "Extension of the Learning Curve". Oper. Res. Quart., 22 (1971): 329-340.
- Bester, H; E. Petrakis. "The Incentives for Cost Reduction in a Differentiated Industry". Tilburg University Discussion Paper No.9136. (1991).
- Bhattacharya, G. "learning and the Behavior of Potential Entrants", Rand Journal of Economics, vol. 15, n<sup>o</sup> 2, (1984): 281-289
- Boston Consulting Group. "Perspectives on Experience", Boston. (1972):
- Brander, J.; B. Spencer. "Strategic Commitment with R&D: the Symmetric Case". Bell Journal. 14, (1983): 225-235.
- Bright, J. "Automation and Management" Harvard Business School. (1958).
- Conway , R.; A. Schultz. "The Manufacturing Progress Function". J. Industrial Engineering. 10, (1959): 39-53.
- Dada, M ; K. Srikanth. "Monopolistic Pricing and the Learning Curve". Operations Research 38 (1990): 656-666.
- Dasgupta, P. "Technological Competition", Economic Organizations as Games, Editado por K. Binmore y P.Dasgupta. Blackwell. (1986).
- Dearden, J.; G. Lilien. "Optimal Salesforce Compensation in the Presence of Production Learning Effects", College of Business. Peansylvania State Univesity, Reprint 9. (1988).

Delbono, F.; V. Denicolo. "R&D In a Symmetric and Homogeneous Oligopoly". International Journal of Industrial Organization 8 (1990): 297-313.

Dixit, A. "The Role of Investment in Entry Deterrence". The Economic Journal, 90 (1980): 95-106.

Flaherty, T. "Industry Structure and Cost-Reducing Investment", Econometrica, Vol. 48, nº 5, (1980):1187-1209.

Fundenberg, D.; J. Tirole. "Learning-by-Doing and Market Performance", Bell Journal of Economics, Vol. 14, (1983): 522-530.

Fundenberg, D.; J. Tirole. "Dynamic Models of Oligopoly", Harwood Academic Publishers. London. (1986).

Garg, A.; P. Milliman. "The Aircraft Progress Curve Modified for dDesign Changes". J. Industrial Engineering, 12 (1961): 23-27.

Ghemawat, P.; M. Spence. "Learning Curve Spillovers and Market Performance", Quartely Journal of Economics, (supplement), Vol. 100, (1985): 839-852.

Ghemawat, P. "Elaboración de Estrategias a Partir de la Curva de Aprendizaje". Harvard-Deusto Business Review. (1986): 3-12.

Gilbert, R. "Mobility Barriers and the Value of Incumbency". Handbook of Industrial Organization. Capítulo 8. Elsevier. (1989).

Hall, G; S. Howell "The Experience Curve from the Economist's Perspective", Strategic Management Journal, Vol. 6, nº 3, (1985): 197-212.

Kalish, Shlomo. "Monopolist Pricing with Dynamic Demand and Production Cost", Marketing Science, Vol. 2, (1983): 135-159.

Kamien, M.; N. Scharwtz. "Market Structure and Competition". Cambridge Univ. Press. (1982).

Lieberman, M. "The Learning Curve and Pricing in the Chemical Processing Industries". Rand Journal of Economics, 15, (1984): 213-228

Mansfield, E. "Industrial R&D in Japan and the U.S.". American Economic Review. May (1988): 223-228.

Muth, J. "Search Theory and the Manufacturing Progress Function", Management Science, Vol. 32, nº 8, (1986): 948-962.

Okuno-Fujiwara, M.; K. Suzumura. "Strategic Cost-reduction Investment and Economic Welfare". Oxford Univ., Mimeo. (1988).

- Porter, M. "Competitive Strategy". Free Press. (1980).
- Reinganum, J. "The Timing of Innovations". Handbook of Industrial Organization. Capítulo 14. Elsevier. (1989).
- Spence, M. "The Learning Curve and Competition", Bell Journal of Economics (1983): 522-530.
- Spence, M. "Cost Reduction, Competition and Industry Performance", Econometrica, 52, (1984): 101-122
- Stokey, N. "The Dynamics of Industry-Wide Learning", Discussion Paper nº 629. Center for Mathematical Studies in Economics and Management Science. (1985).
- Vives, X. "On the Efficiency of Cournot and Bertrand Competition with Product Differentiation". J. Economic Theory, 36, (1985): 166-175.
- Vives, X. "Technological Competition, Uncertainty, and Oligopoly". Journal of Economic Theory 48 (1989): 386-415.
- Wernerfelt, B., "The Dynamics of Prices and Market Shares over the Product Life Cycle", Management Journal, Vol. 10, nº 1, (1985): 928-939.
- Worthington, P. "Strategic Investment and Conjectural Variations". International Journal of Industrial Organization 8 (1990): 315-328.
- Wright, T.P. "Factors Affecting the Cost of Airplanes", Journal of the Aeronautical Sciences 3, nº 4, (February 1936): 122-128.
- Yelle, L.E. "The Learning Curve: Historic Review and Comprehensive Survey", Decision Sciences, Vol. 10, (1979): 302-327.
- Zimmerman, M. "Learning Effects and the Commercialization of New Energy Technologies: The Case of Nuclear Power", Bell Journal of Economics, Vol. 13, (1982): 297-310.