

M.<sup>a</sup> ISABEL ALONSO MAGDALENO

*Profesora de Organización de Empresas. Universidad de Oviedo*

**ACCÉSIT PREMIO ESTUDIOS FINANCIEROS 1998**

**Extracto:**

**E**L trabajo que se presenta a continuación aborda la problemática de la toma de decisiones empresariales (bien sean éstas programadas, no programadas o adaptativas), dado que nos enfrentamos a un entorno cuyo nivel competitivo se ve engrandecido por la globalización de los mercados. El presente estudio pretende poner de manifiesto cómo, y debido a que nuestra mente no está preparada para conocer cómo se desarrollan a lo largo del tiempo las interrelaciones entre las distintas variables que confluyen en un problema a tratar (a causa fundamentalmente de la existencia de bucles de realimentación entre las mismas, la existencia de no linealidades y de retrasos), resulta de gran interés la utilización de la «Dinámica de Sistemas», gracias a la cual el directivo podrá disponer en su despacho de un auténtico laboratorio donde poner a prueba diversas políticas que podrán ser simuladas a corto, medio o largo plazo\*. Los resultados obtenidos de la simulación le permitirán seleccionar la política más idónea para la resolución del problema estudiado. Para ilustrar esta afirmación, en este trabajo se aplica esta metodología a un caso concreto en el que dos empresas que producen bienes homogéneos y que tienen ventajas derivadas del efecto experiencia compiten en costes.

\* Teniendo en cuenta que la simulación será útil como aprendizaje sobre los tipos de modelos futuros que pueden desarrollarse, sobre todo a largo plazo, momento en que la situación real será diferente.

---

## Sumario:

---

- I. Introducción.
  
- II. El directivo frente al proceso de toma de decisiones.
  
- III. Metodología: modelos dinámicos de sistemas.
  - 1. Concepto de dinámica de sistemas.
  
  - 2. Origen histórico.
  
  - 3. Fases en la elaboración de un modelo.
  
  - 4. Fundamentos de dinámica de sistemas.
    - 4.1. Existencia de bucles de realimentación.
  
    - 4.2. Existencia de no linealidad en las relaciones entre variables.
  
    - 4.3. Existencia de retrasos en las relaciones entre variables.
  
  - 5. Elementos clave en dinámica de sistemas.

#### IV. Aplicación metodológica a un caso.

1. Análisis en condiciones de igualdad.
  - 1.1. SBM1: duopolio con efecto experiencia sin incluir perturbaciones.
  - 1.2. SBM2: duopolio con efecto experiencia incluyendo perturbaciones.
  - 1.3. SBM3: duopolio con efecto experiencia incluyendo perturbaciones y apropiación de experiencia.
  - 1.4. Análisis en condiciones de igualdad de cambios en la elasticidad-precio de la demanda.
    - 1.4.1. SBM1: duopolio con efecto experiencia sin incluir perturbaciones.
    - 1.4.2. SBM2: duopolio con efecto experiencia incluyendo perturbaciones.
    - 1.4.3. SBM3: duopolio con efecto experiencia incluyendo perturbaciones y apropiación de experiencia.
2. Análisis en condiciones de desigualdad: diferencias en situación.
  - 2.1. Análisis de diferencias en la pendiente de experiencia.
  - 2.2. Análisis de diferencias en el coste inicial.
  - 2.3. Diferencias en el margen.
  - 2.4. Diferencias en el nivel de experiencia.

### 3. Análisis en condiciones de desigualdad: diferencias en políticas.

#### 3.1. Diferencias en la política de precios.

3.1.1. SBM1: duopolio con efecto experiencia sin incluir perturbaciones.

3.1.2. SBM2: duopolio con efecto experiencia incluyendo perturbaciones.

3.1.3. SBM3: duopolio con efecto experiencia incluyendo perturbaciones y apropiación de experiencia de la competencia.

#### V. Conclusiones.

#### VI. Limitaciones del estudio.

#### Bibliografía.

## I. INTRODUCCIÓN

El estudio pretende poner de manifiesto la utilidad de la dinámica de sistemas cuando el decisor se enfrenta a problemas complejos en los cuales la intuición o el sentido común puede traicionarle. Cuando el problema es complejo el uso de un enfoque dinámico resulta útil, ya que permite identificar las variables y factores relevantes del problema para su posterior modelización y simulación <sup>1</sup>.

La típica visión lineal (causa-efecto) a la hora de resolver los problemas no es la más adecuada ya que son muchas las variables e interrelaciones entre las mismas a tener en cuenta a la hora de fijar la política más idónea a seguir y, por tanto, la intuición en estos casos resulta inadecuada al analizar o prever el comportamiento global.

La visión dinámica a través de la simulación permitirá evaluar, de una forma bastante rápida, el comportamiento de las distintas estrategias consideradas para diferentes escenarios que recojan las situaciones en que pueda encontrarse la empresa.

El estudio desde una óptica dinámica o evolucionista permite descubrir al investigador resultados lejos de ser obvios debido a la existencia de bucles de realimentación, la no linealidad entre las variables y la existencia de retrasos en las relaciones entre las mismas.

El estudio de los procesos cognoscitivos ha proporcionado hallazgos importantes acerca de la naturaleza de los errores, de esos túneles de la mente <sup>2</sup> que afectan al decisor, pero, sobre todo, ha puesto en evidencia cómo en situaciones de riesgo e incertidumbre las decisiones humanas no pueden explicarse por los principios normativos de la teoría estadística de la decisión <sup>3</sup>. Estos descubrimientos aconsejan la utilización del ordenador como complemento indispensable en la toma de decisiones tanto programadas como no programadas o adaptativas.

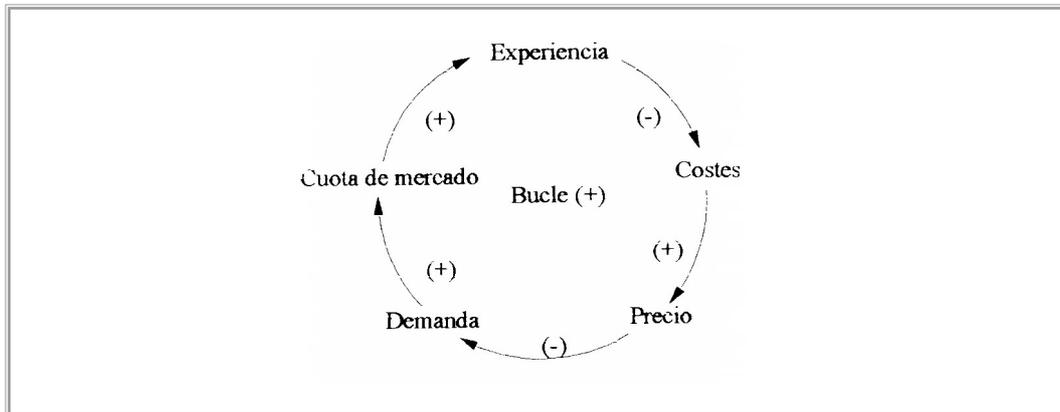
---

<sup>1</sup> La simulación es una de las herramientas de investigación que más desarrollo y aplicación está teniendo durante los últimos años. Este auge, y su extensión a todos los campos del saber se ha debido fundamentalmente a su flexibilidad y adecuación.

<sup>2</sup> PIATELLI PALMARINI, M. (1995).

<sup>3</sup> KAHNEMAN, D., SLOVIC, P. y TVERSKY, A. (eds.), 1982.

Por ejemplo, y centrándonos en un tema de ámbito empresarial, en el estudio del efecto experiencia ha predominado el enfoque lineal. Por ejemplo, la literatura ha venido sugiriendo que en el caso de que existan ventajas derivadas del efecto experiencia la empresa debería seguir una estrategia agresiva. Intuitivamente una estrategia de este tipo es superior por que acaba incrementando su demanda que a su vez genera más producción y con ello más experiencia que a su vez permite reducir más los costes y precios aumentando más la demanda.



**FIGURA 1.** Bucle de experiencia.

**FUENTE:** *Elaboración propia.*

La deseabilidad de estrategias agresivas en industrias con ventajas derivadas del efecto experiencia ha sido ampliamente difundida en la literatura (ROTHSCHILD, 1990; HAX AND MAJLUF, 1984; OSTER, 1990; PORTER, 1980; KRUGMAN, 1990), sin embargo si se adopta un enfoque dinámico la realidad puede ser muy diferente y puede observarse cómo si se tiene en cuenta la existencia de retrasos, bucles e interacciones los resultados pueden dejar de ser tan obvios y llegar a conclusiones distintas.

El tema que se plantea es la importancia de adoptar un nuevo enfoque (enfoque evolucionista) a la hora de estudiar problemas económicos. El trabajo se estructura en dos partes bien diferenciadas. Por un lado una parte de contenido teórico (en la que se comentarán los tipos de decisiones a los cuales tiene que enfrentarse habitualmente un directivo, así como los fundamentos y elementos clave de la metodología propuesta) y una parte de contenido práctico (en la que se ilustra esta metodología para la toma de una decisión empresarial).

## II. EL DIRECTIVO FRENTE AL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES

La labor del directivo consiste en resolver los problemas que aparecen de la necesidad de compatibilizar de un modo armónico el entorno en el que opera la empresa, la organización responsable de conseguir los objetivos en ese entorno y los propios objetivos que se tratan de alcanzar.

La solución de los problemas es el elemento clave, y los decisores a la hora de resolverlos han de enfrentarse a situaciones confusas y no estructuradas, que llevará a la elaboración mental de un modelo explicativo-predictivo de la situación. No obstante, puede suceder que el modelo no resulte adecuado para la búsqueda de soluciones a los problemas identificados, para estos casos será necesario desarrollar modelos alternativos de la situación, y ello implica un cambio de enfoque que supone un aprendizaje continuo.

Podemos distinguir dos tipos de aprendizaje, unidireccional y bidireccional. El primero consiste en un proceso en el cual las consecuencias de las acciones pasadas son la base de corrección de las acciones futuras. Este tipo de aprendizaje suele resolver los problemas actuales y en un corto plazo, pero no resuelve el porqué de tales problemas. El aprendizaje bidireccional es más complejo, puesto que las consecuencias de la acción no sólo conducen a la corrección de las acciones futuras, sino también a la modificación de los modelos mentales que permiten la identificación de los problemas y la posterior toma de decisiones. Por tanto, el aprendizaje bidireccional, no sólo modifica las acciones, sino también los modelos que soportan esas acciones.

Por otro lado, podemos distinguir entre decisiones programadas, no programadas y adaptativas. Las decisiones serán programadas en la medida en que son rutinarias y repetitivas, es decir, una vez que se ha elaborado un procedimiento definido. Para manejarlas no será necesario tratarlas de nuevo. La razón de la programación radica en la frecuencia con la que se presenta el problema que abordan. Por el contrario las decisiones serán no programadas en la medida en que resultan novedosas y no estructuradas, no existiendo ningún procedimiento detallado para abordar el problema.

La capacidad humana en la resolución de los problemas vendrá determinada por las siguientes características:

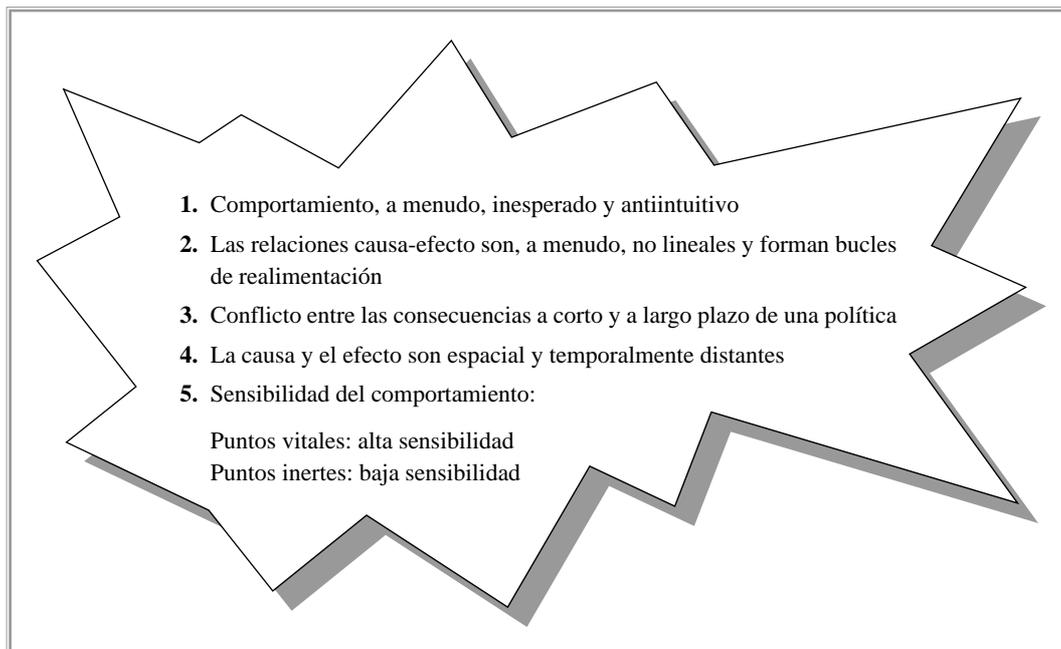
1. Conflicto entre el corto plazo y el largo plazo debido a un cambio de políticas. Dada la mayor sensibilidad de los responsables al corto plazo, suelen tomar decisiones que crean en el largo plazo problemas más graves que los que hay que resolver en el corto plazo.
2. La causa y el efecto suelen estar espacial y temporalmente muy distantes.
3. El comportamiento dinámico de cualquier sistema supera el análisis intuitivo del decisor.
4. Como consecuencia de las tres características anteriores tiene lugar un comportamiento inesperado y antiintuitivo de las organizaciones.

5. Existen unos puntos vitales o sensibles a través de los cuales se puede modificar el comportamiento, pero estos puntos de apalancamiento no suelen estar localizados donde supone el decisor.

Con frecuencia, el directivo a la hora de tomar una decisión se fía de su intuición o sentido común, lo cual es lógico ya que ha de enfrentarse a una gran variedad de problemas, disponiendo de datos insuficientes y sin tener tiempo para analizar los mismos. Esa intuición es la principal causa de sus errores.

Incluso aunque parta de las premisas correctas a la hora de atajar un problema, resulta muy difícil descubrir sus consecuencias. El ordenador aporta velocidad y capacidad para la resolución de ecuaciones complejas, interdependientes y no lineales. Por otro lado la simulación puede proporcionar ayuda para la solución de aquellos problemas cuya naturaleza nos puede resultar desconocida, si bien hay que tener en cuenta que necesitaríamos conocer todos los datos exactos para simular el futuro, por tanto, la simulación es realmente útil para conocer por adelantado cómo podríamos manejar tipos generales de situaciones que podrían presentarse.

A continuación se presentan las características generales que presentan las organizaciones complejas.



**FIGURA 2.** Características de las organizaciones complejas.

**FUENTE:** *Elaboración propia.*

En cuanto a los tipos de decisiones a los que tiene que enfrentarse el directivo se pueden distinguir los siguientes:

TÉCNICAS DE TOMA DE DECISIONES	TIPO DE DECISIONES		
	PROGRAMADAS	NO PROGRAMADAS	ADAPTATIVAS
	<i>Son decisiones rutinarias y repetitivas. Se desarrollan procesos específicos de manejo</i>	<i>Son decisiones novedosas, mal estructuradas. Son manejadas a través de procesos generales de solución de problemas</i>	<i>Bastante usuales en la gestión empresarial. Se caracterizan por ser propias de procesos de mejora continua</i>
<b>TRADICIONALES</b>	Hábito, procedimientos operativos estándar	Criterio, intuición y creatividad, reglas empíricas, selección y entrenamiento de ejecutivos	Criterio, intuición y creatividad, entrenamiento
<b>MODERNAS</b>	Investigación operativa, análisis matemático, modelos, simulación, procesamiento electrónico de datos	Entrenamiento de decisores humanos, simulación, sistemas expertos, organizaciones inteligentes	Entrenamiento de decisores humanos, simulación, sistemas expertos, organizaciones inteligentes

**TABLA 1.** Tipos de decisiones directivas.

FUENTE: *Elaboración propia.*

### III. METODOLOGÍA: MODELOS DINÁMICOS DE SISTEMAS

#### 1. Concepto de dinámica de sistemas.

Por dinámica de sistemas se entiende una metodología de simulación basada en computación. Cabe destacar la definición proporcionada por Jay J. FORRESTER (1961), que únicamente hacía referencia al ámbito de la industria pero, sin embargo, es posible extenderlo a toda la realidad y a todo tipo de organización.

FORRESTER analiza cómo varía el comportamiento de las organizaciones a lo largo del tiempo. Definió la dinámica industrial como un método de análisis que estudia las características de la realimentación de la información en la actividad industrial con el fin de demostrar cómo la estructura organizativa, la amplificación (de políticas) y las demoras (en las decisiones y acciones), interactúan e influyen en el éxito de la empresa (FORRESTER, 1961).

RICHARDSON en 1981, define de un modo más genérico esta metodología diciendo que está diseñada para entender problemas de gran complejidad. Según este autor los problemas analizados a través de la dinámica de sistemas tienen dos características en común:

1. *Problemas dinámicos*. En el sentido de que incluyen cantidades que varían a lo largo del tiempo.
2. *Existencia de feedback (realimentación) en los mismos*. Es decir, cuando la situación en la que se encuentra un sistema da lugar a una decisión cuyo resultado es una acción que a su vez influye en la misma y en decisiones futuras.

La principal característica (ARACIL, 1986) de la dinámica de sistemas reside en que la estructura del modelo no está previamente determinada y la establece el constructor del mismo. La dinámica de sistemas tiene por objetivo mostrar cómo se produjo el problema. No siempre es evidente que el origen del mismo y por tanto, la solución, estén íntimamente relacionados con los síntomas de comportamiento que dicho problema provoca en el sistema (SCHROEDER, W., 1977). Si no se entiende el sistema no es posible distinguir entre causa y efecto. La construcción del modelo ha de ser simplificada, dado que de lo que se trata es de mejorar la comprensión de un cierto aspecto de la realidad. La utilidad de un modelo estará dada no por su capacidad para reproducir el pasado, sino por su correcta definición de las fuerzas que operan entre los distintos sectores de un sistema complejo.

Cuando abordamos problemas de este tipo, emplear la intuición a la hora de tomar decisiones no es fiable, dado que nuestra mente no está preparada para conocer a lo largo del tiempo cómo se desarrollan las interrelaciones entre las distintas variables que intervienen en un modelo. El ordenador es el complemento del investigador en la utilización de esta metodología, pues el investigador construye el modelo tras un cuidadoso estudio de los distintos elementos que intervienen en el sistema, tratando de lograr una mayor acuracidad<sup>4</sup>, ayudándose de sus conocimientos y de la información que le suministran los especialistas en el sistema social que se trate de modelar (las personas son la fuente de datos en la formulación de la estructura del modelo) y el ordenador es el encargado de predecir las consecuencias de las interrelaciones que el investigador ha reflejado en el modelo. Muchas veces tendemos a pensar en términos de una relación causa-efecto, olvidando la estructura de realimentación que subyace en todo sistema. Es decir, se tiende a observar las variables que inter-

---

<sup>4</sup> Por acuracidad se entiende cuidado y exactitud.

vienen en los procesos de realimentación de un modo aislado sin tener en cuenta la relación dinámica que existe entre ellas. La dificultad a la hora de captar esas relaciones se encuentra en la existencia de demoras temporales que impiden observar relaciones causa-efecto alejadas en el tiempo.

Se denomina *simulación* al proceso de laboratorio que se realiza con el modelo construido, tratando de mejorar la comprensión del sistema observando cómo distintos cambios le afectan, por otro lado los modelos dinámicos tienen un gran interés para la previsión de tendencias a largo plazo.

## 2. Origen histórico.

El origen histórico de la *Dinámica de Sistemas* se encuentra ligado a la compañía *Sprague Electric*, empresa dedicada a la fabricación de componentes electrónicos de gran precisión. Los clientes de esta compañía eran empresas de material electrónico destinado a usuarios altamente especializados. Dado los pocos clientes fuertes que existían era de esperar que el flujo de pedidos se mantuviese, más o menos constante, pero sin embargo, a mediados de los años 50 se observó cómo los pedidos experimentaban fuertes oscilaciones.

Se encargó a un equipo del M.I.T., bajo la dirección de Jay FORRESTER, el análisis del problema. FORRESTER a lo largo del estudio comprendió el papel primordial que desempeñan las estructuras de realimentación de información, y observó cómo la combinación de retrasos en la transmisión de información, junto con las estructuras de realimentación estaban, en gran medida, en el origen de las oscilaciones. FORRESTER trató de aplicar al estudio del problema de *Sprague Electric* la idea de que un bucle de realimentación con retardo puede producir oscilación. FORRESTER fue sistematizando sus ideas y metodología para dar lugar al final de los años 50 a la dinámica industrial, la cual comenzó a aplicarse sistemáticamente a distintos casos prácticos.

A mitad de los años 60 se empezó a extender esta metodología a otros tipos de sistemas, como a dinámica urbana y mundial. Estas aplicaciones pusieron de manifiesto que esta metodología era lo suficientemente potente como para abordar problemas sociales, de ahí que se experimentase un cambio en la denominación pasando a llamarse Dinámica de Sistemas, la cual surge, por tanto, en un contexto histórico en el que se desarrollan movimientos intelectuales de tipo científico y técnico que determinan sus características esenciales. En la Dinámica de Sistemas se combinan tres líneas de desarrollo científico-técnico (ARACIL, 1986):

- *Las técnicas tradicionales de gestión de sistemas sociales (privados o públicos).*

Los procesos de toma de decisión tradicionales empleados se basan en la intuición, la experiencia y la información. Estos métodos tradicionales de gestión utilizan la experiencia acumulada por el decisor, construyéndose a partir de pautas repetitivas (modelos mentales que a su vez son modificados, es decir, corregidos y/o perfeccionados, mediante un proceso de aprendizaje).

La dinámica de sistemas traslada esos modelos mentales a procesos computerizados, capaces de deducir las consecuencias de la interacción entre las distintas partes del sistema lo cual escapa a nuestra capacidad de comprensión.

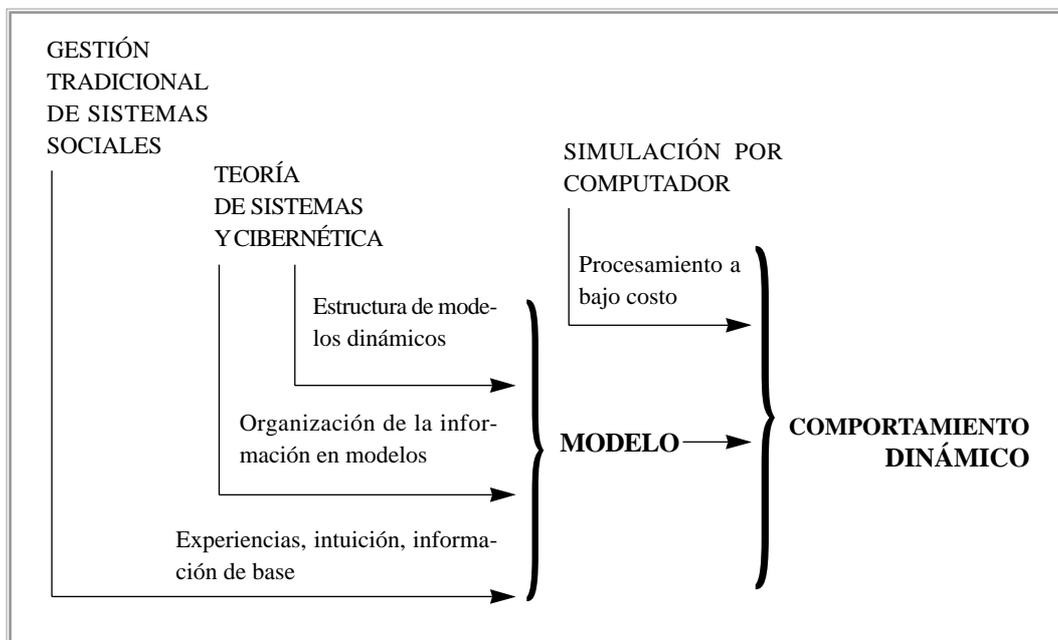
- *La teoría de los sistemas realimentados.*

Esta teoría suministra las estructuras básicas para generar una gran variedad de comportamientos dinámicos que pueden servir para explicar los comportamientos observados en la realidad <sup>5</sup>.

- *Simulación por computador.*

Gracias a esto es posible conseguir en tiempos cortos y a bajo coste cálculos que permitirán convertir acciones irreversibles en reversibles, permitiendo tener una perspectiva global.

A continuación se resumen de un modo esquemático las interrelaciones existentes entre estos conceptos (véase **figura 3**).



**FIGURA 3.** Esquema de la génesis de la dinámica de sistemas. <sup>6</sup>

<sup>5</sup> Peter SENGE, 1995, señala varios «arquetipos o estructuras genéricas».

<sup>6</sup> En ARACIL, 1986.

### 3. Fases en la elaboración de un modelo.

FORRESTER habla de 10 fases en el proceso de construcción de un modelo:

1. En primer lugar habría que identificar el problema, así como definirlo. Este paso es fundamental y determinante, ya que si identificamos correctamente todos los aspectos implicados lograremos elaborar un modelo dinámico que sea representativo del comportamiento real del sistema, permitiendo de ese modo la simulación de distintas políticas alternativas, y conocer cuál de ellas resulta más idónea para su posterior aplicación.

Se necesita una gran cantidad de información así como de experiencia para poder aislar el problema con el objeto de simularlo, por otro lado, la definición del proceso, como ya se ha dicho anteriormente, debe ser lo más concisa, precisa y clara posible.

2. En segundo lugar hay que identificar y aislar los factores que parecen interactuar creando los síntomas observados. A la hora de definir esos factores o variables no debemos olvidar que todo modelo es una representación simplificada de la realidad y que, por tanto, no podemos reflejar el sistema real de comportamiento en su totalidad.

Deberán especificarse cuáles son los límites del sistema, es decir, se debe discernir qué factores se van a incluir en el modelo y cuáles se excluirán, seleccionando aquellos que, intuitivamente, parecen ser los más significativos.

Derivado de la necesaria simplificación del modelo siempre habrá aspectos no recogidos por el mismo, siempre que éstos no sean determinantes a la hora de explicar su comportamiento.

El dominio de patrones estructurales (que SENGE denomina arquetipos sistemáticos o estructuras recurrentes), permitirá observar características o elementos comunes en muchos problemas, así como descubrir un punto de apalancamiento (según SENGE el lugar donde actos y modificaciones de estructuras pueden conducir a mejoras significativas y duraderas). Combinando distintas estructuras genéricas podemos aproximarnos al modelo que nos hemos propuesto representar.

3. El siguiente paso consiste en trazar circuitos de realimentación de información de causa-efecto que unen las decisiones con la acción. Estos circuitos permitirán observar cómo la situación actual es el resultado de decisiones que han sido tomadas en el pasado, y que esa situación a su vez es empleada para la toma de decisiones en la actualidad.

En este momento será posible elaborar un diagrama causal del problema en el cual se incluyan todos los elementos necesarios para comprender lo que está sucediendo en el sistema pudiendo representar y describir los bucles de realimentación que existen en el mismo, así como identificar el tipo de relación existente entre las variables implicadas.

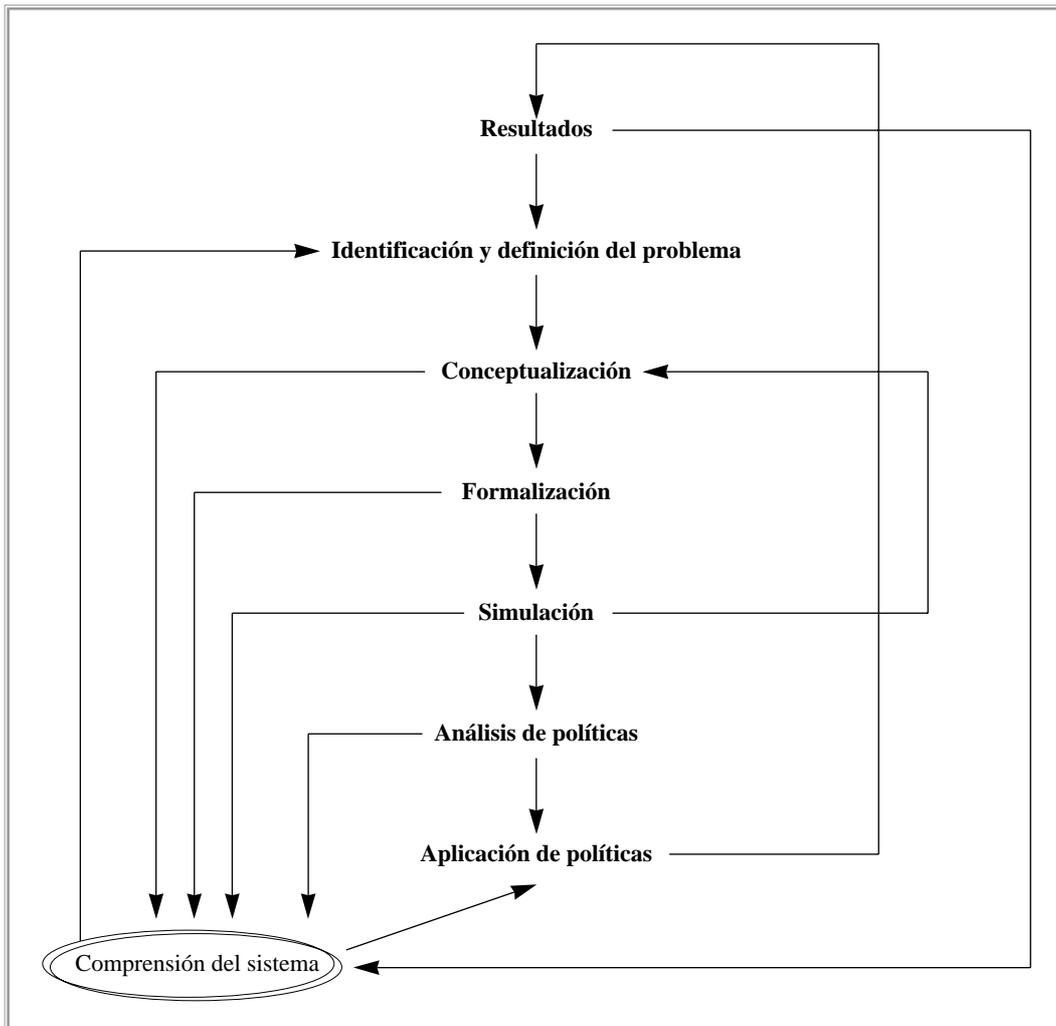
4. A continuación, una vez que han sido detectados los bucles se deben formular las políticas de decisión empleadas por la organización habitualmente, comprobando que tales políticas son las que originan el problema que se plantea.
5. La siguiente fase consiste en la elaboración de un modelo matemático que refleje el funcionamiento real del sistema, objeto de estudio. Este modelo matemático estará formado por una serie de ecuaciones que recojan las políticas de decisión que han sido definidas previamente, así como las fuentes de información existentes y la interacción entre las variables significativas.
6. Una vez elaborado el modelo matemático se procederá a generar el comportamiento del sistema estudiado, a lo largo del tiempo. Mediante la simulación se observará el comportamiento del sistema ante las distintas decisiones aplicadas, con ello se obtendrán unos resultados que le servirán al investigador para validar o rechazar el modelo en función de que éstos se acerquen o no a la realidad.
7. En este paso se compararán los resultados obtenidos de la simulación con los datos de que se dispone sobre el sistema real. En la medida en que esos resultados se aproximen a los datos reales se supondrá que el modelo refleja con bastante exactitud el comportamiento real, pudiendo realizar simulaciones para conocer los efectos que distintas políticas alternativas tendrían sobre el comportamiento del modelo.
8. Si el modelo no cumple lo anterior se deberá proceder a efectuar una revisión del mismo con el fin de obtener un modelo aceptable para la representación del sistema real.

El modelo se acaba perfeccionando mediante un proceso de aprendizaje que tiene lugar tanto durante la realización del modelo como en las posteriores simulaciones. A través de ese proceso de aprendizaje se acaba obteniendo un conocimiento profundo del modelo.

9. Una vez que el modelo ha sido contrastado y es capaz de reflejar de un modo fiel la realidad, deben replantearse las políticas y relaciones que existen hasta el momento en la organización, decidiendo, de este modo, qué cambios son convenientes efectuar en el sistema real con el fin de mejorar su comportamiento.
10. El último paso consiste en aplicar las políticas consideradas óptimas en la fase anterior.

Podemos decir que ésta es la fase más importante, ya que el estudio de simulación efectuado no resultará útil si no tiene ningún impacto sobre la toma de decisiones.

El estudio realizado deberá servir para conocer si han de seguirse nuevas pautas o si por el contrario no es preciso, si las acciones que se están desarrollando en el presente son las correctas. A continuación en la **figura 4** se esquematizan las fases anteriores a la hora de elaborar un modelo.



**FIGURA 4.** Fases en la elaboración de un modelo.

**FUENTE:** *Elaboración propia.*

La figura anterior muestra cómo los resultados que se obtienen de la aplicación de una política permiten comprender la existencia de un problema así como el comportamiento del mismo (esto es fundamental para proceder a definirlo) paso previo antes de realizar la conceptualización del problema, que luego permitirá la formalización del mismo para luego poder simular su comportamiento ante distintas políticas.

Comparando los resultados que se obtienen en la simulación con la conducta observada en el sistema real, se podrá validar el modelo, o bien en caso contrario, proceder a replantearlo.

De un modo resumido las fases anteriores pueden sintetizarse en tres: fase de conceptualización, fase de formalización y fase de evaluación y explotación (simulación).

#### A) FASE DE CONCEPTUALIZACIÓN

Esta fase consiste en familiarizarse con el problema que se trata de estudiar. Posteriormente deben definirse los aspectos a resolver del problema describiéndolos de una forma precisa y clara. En este proceso de comprensión mental se debe tratar de lograr una descripción verbal lo más concisa, precisa y clara posible.

De un modo progresivo se van identificando los distintos elementos que configurarán el sistema, así como los bucles de realimentación existentes en el mismo, finalizando esta fase con el establecimiento de un diagrama causal que muestre el tipo de relaciones que existe entre las variables.

#### B) FASE DE FORMALIZACIÓN

Esta fase consiste en la formalización del diagrama anterior utilizando un lenguaje matemático. Es el momento de elaborar un diagrama de flujo, a partir del cual se escriben las ecuaciones del modelo mediante un lenguaje que permita tratarlas por ordenador.

Esta fase concluye cuando disponemos de un modelo del sistema que se estudia en forma de ecuaciones matemáticas que pueden ser tratadas por un ordenador.

#### C) FASE DE EVALUACIÓN Y EXPLOTACIÓN

Esta fase consiste en ensayar a través de diversas simulaciones las hipótesis sobre las que se ha construido el modelo, observando la consistencia entre las mismas. En este proceso puede tener lugar una reformulación o modificación del modelo. Es también el momento de realizar un análisis de sensibilidad del modelo que permite estudiar la dependencia de las conclusiones extraídas del mismo respecto a posibles variaciones en los valores de los parámetros que aparecen en él.

Una vez que se consideran satisfactorios los análisis anteriores efectuados de hipótesis y de sensibilidad se procede al estudio del comportamiento del modelo ante distintas políticas con el objeto de establecer recomendaciones en cuanto a una actuación futura. Es decir, una vez validado el modelo, a través de la simulación podremos proceder a seleccionar la política más adecuada. El análisis de las distintas políticas permitirá conocer mejor el sistema, la mayor comprensión lograda influirá sobre la política a adoptar, que a su vez dará lugar a unos nuevos resultados, repitiéndose de este modo el proceso.

#### 4. Fundamentos de dinámica de sistemas.

Básicamente son tres:

1. Existencia de bucles de realimentación.
2. Existencia de no linealidad en las relaciones entre variables.
3. Existencia de retrasos en las relaciones entre variables.

##### 4.1. Existencia de bucles de realimentación.

El concepto de bucle de realimentación es básico para poder comprender el comportamiento dinámico de un sistema. FORRESTER afirma que existe realimentación cuando el medio o situación en que se encuentra el sistema da lugar a una decisión cuyo resultado es una acción que, a su vez, influye en dicho medio, y por tanto, en las decisiones futuras (FORRESTER, 1961). De un modo más simplificado RICHARDSON dice que la retroalimentación es la transmisión y retorno de información (RICHARDSON, 1981).

Los sistemas abiertos se caracterizan porque los resultados obtenidos no tienen influencia sobre los *inputs* que los generaron, es decir, en un sistema abierto no existe realimentación, sin embargo, en un sistema cerrado ocurre todo lo contrario, los resultados influyen sobre los *inputs* que los generaron y que a su vez volverán a influir en los resultados.

En los sistemas simples causa y efecto suelen producirse de un modo cercano en el espacio y en el tiempo, sin embargo, esto no sucede en los sistemas complejos, en los cuales existe una gran cantidad de bucles de realimentación interactuando entre sí.

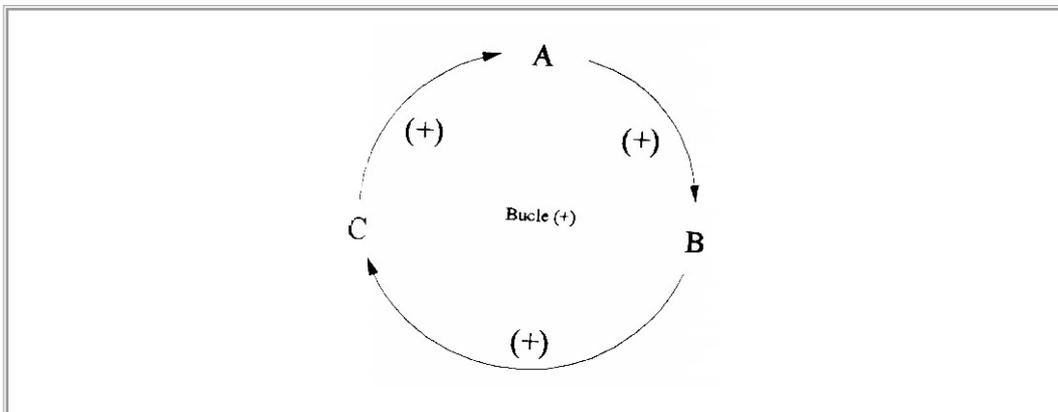
Uno de los aspectos que resalta la dinámica de sistemas es que las causas de los problemas que aparecen en los problemas sociales se encuentran habitualmente, no tanto en sucesos previos, como en la estructura misma del sistema (ARACIL, 1986).

Las relaciones entre variables se reflejan en los bucles de realimentación. Un bucle de realimentación es una cadena cerrada de relaciones causales. Todo modelo está formado por uno o varios bucles de realimentación que interactúan entre sí y permiten explicar comportamientos de variables que no tendrían justificación mediante una relación lineal. Podemos distinguir entre bucles de realimentación positiva y bucles de realimentación negativa, en la terminología de FORRESTER. SENGE, sin embargo, los denomina bucles positivos o reforzadores y bucles negativos o compensadores.

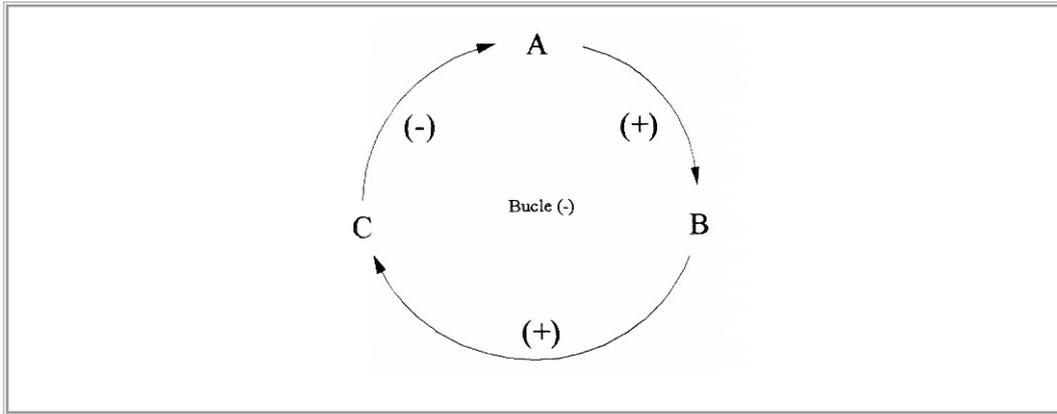
Los bucles de realimentación positiva se caracterizan porque la variación de un elemento se propaga a lo largo del bucle reforzando la variación inicial. Es decir, se caracterizan por generar un crecimiento exponencial del sistema. En estos bucles, todo movimiento es amplificado produciendo más movimiento en la misma dirección pudiéndose generar círculos virtuosos en los cuales partiendo de una situación buena se llega a una mejor o círculos viciosos en los que partiendo de una situación mala se llega a una peor, es decir, se produciría un crecimiento acelerado o un empeoramiento acelerado. En la práctica se dice que un bucle de realimentación es positivo si contiene un número par de relaciones negativas (véase **figura 5**).

Los bucles de realimentación negativa se caracterizan porque una variación en un elemento se transmite a lo largo del bucle de forma que determina una variación que contrarresta la variación original. Es decir, estos bucles buscan ajustar el sistema con el objetivo de alcanzar una meta que se ha determinado de antemano, buscan la estabilidad del sistema. También se detecta un bucle de realimentación negativo si contiene un número impar de relaciones negativas (véase **figura 6**). Estos bucles negativos suelen surgir al detectarse una discrepancia entre el estado actual y el deseado, lo cual dará lugar a la aplicación de una acción correctora. Si esta acción sufre retrasos temporales el sistema comienza a oscilar debido a que la gente tiende a reaccionar con impaciencia redoblando sus esfuerzos con el fin de obtener el resultado deseado (SENIGE, 1995).

En todo diagrama causal existen bucles de realimentación positiva y negativa que interactúan entre sí determinando el comportamiento global del sistema. El comportamiento conjunto dependerá de qué bucle domine en cada momento.



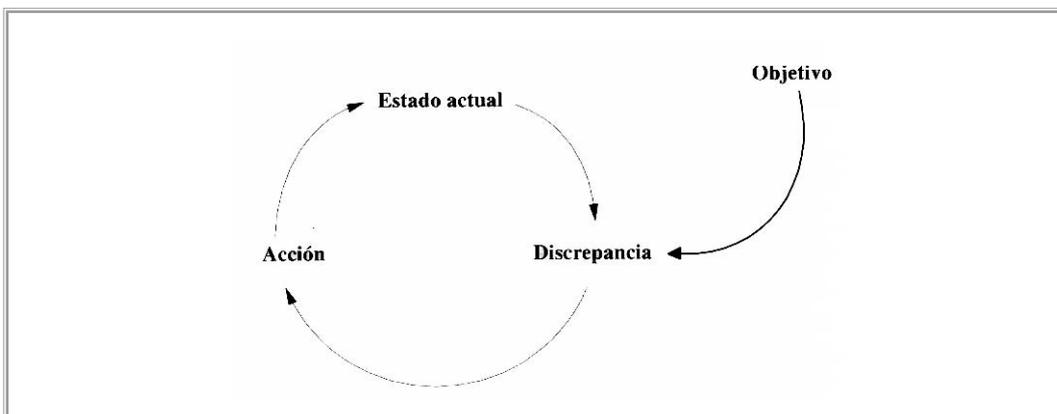
**FIGURA 5.** Bucle positivo o reforzador.



**FIGURA 6.** Bucle negativo o compensador.

Por otro lado, toda toma de decisiones implica los siguientes componentes (véase **figura 7**):

1. Considerar la idea de un estado deseado.
2. Observar si el estado actual del sistema difiere del deseado.
3. Seleccionar una determinada alternativa que elimine o al menos reduzca la discrepancia que pueda existir entre el objetivo y el resultado.



**FIGURA 7.** Toma de decisiones.

FUENTE: ARACIL, 1986.

#### 4.2. Existencia de no linealidad en las relaciones entre variables.

La dinámica de sistemas se caracteriza por considerar una visión sistémica, abandonando la típica visión lineal que es común aplicar en la resolución de todo tipo de problemas y que se caracteriza por centrar su atención en las relaciones lineales causa-efecto que existen entre las variables. Este enfoque lineal permite captar, mostrar la realidad en un momento del tiempo, pero no considera la realidad en su conjunto a diferencia del enfoque sistémico.

La visión sistémica es un nuevo modo de plantear la realidad, va más allá de la visión miópica considerada hasta entonces en las organizaciones. La visión lineal implica analizar componentes de un modo aislado sin considerar el efecto que distintas políticas pueden tener sobre el resto de la organización. El objetivo de la visión sistémica, por el contrario, es el de obtener una visión global de la organización, analizándola en su conjunto, como un todo al objeto de tomar decisiones y establecer políticas teniendo en consideración el efecto de unas sobre otras.

A veces las relaciones entre las variables son tantas y/o tan complejas que seguir un proceso intuitivo para corregir el problema no es suficiente ni tampoco lo más adecuado de tal modo que el comportamiento que se genera sólo puede ser representado mediante la simulación. La no linealidad en las relaciones puede ocasionar que varios sistemas respondan de distinto modo ante una misma acción correctiva aplicada al mismo problema. La intuición resulta inapropiada para llevar a cabo cualquier análisis o previsión sobre el comportamiento global.

#### 4.3. Existencia de retrasos en las relaciones entre variables.

Al estudiar los sistemas dinámicos debe considerarse la existencia de retrasos materiales y/o de información que pueden producirse. La existencia de demoras implica que los efectos de las decisiones no se reflejen de un modo inmediato, sino paulatinamente a lo largo del tiempo (FORRESTER, 1961).

La existencia de retrasos (también denominados demoras o retardos), implica que los efectos de las decisiones tomadas no se reflejen de un modo inmediato, lo cual dificulta detectar la existencia de relaciones causa-efecto ya que los síntomas aparecerán con frecuencia alejados temporal y espacialmente de la acción que los origina. Como los cambios necesitan tiempo sus efectos no pueden verse de un modo instantáneo. Como el efecto de una decisión se manifiesta en el largo plazo, los problemas a los que se enfrenta la empresa en un momento dado son fruto de decisiones pasadas.

Por otro lado, esas demoras acaban generando una reducción de responsabilidad y moral en los directivos, que en la mayor parte de los casos no van a hacer frente a los resultados de las decisiones que hayan tomado en su día, puesto que permanecen en la organización un número limitado de años, y no van a tener que rendir cuenta de sus acciones (FORRESTER, 1961). SENGE llama a este problema *desplazamiento de la carga*, es decir, ante un problema determinado, los directivos

optarán por la aplicación de soluciones que contrarresten los síntomas del problema más que las causas del mismo, ya que además de ser más cómodo adoptar esta postura es la que más mejoras genera en el corto plazo, aunque en el largo plazo puedan resultar peligrosas.

## 5. Elementos clave en dinámica de sistemas.

SHARP y PRICE <sup>7</sup> consideran los siguientes elementos clave en el comportamiento dinámico:

- A) Suposiciones relacionadas con la estructura del modelo.
- B) Suposiciones relacionadas con el análisis de las políticas.
- C) Suposiciones relacionadas con la práctica de dinámica de sistemas.

### A) SUPOSICIONES RELACIONADAS CON LA ESTRUCTURA DEL MODELO

- Los sistemas de realimentación se extienden por todos los sistemas socioeconómicos y tienen que modelarse.
- Debería modelizarse la estructura actual de los sistemas y sus procesos de actuación.
- Los modelos de tipo iterativo representan la realidad de un modo más verosímil que los modelos de tipo simultáneo.
- La principal característica de los sistemas socioeconómicos es la no linealidad de los mismos.
- Dado que los ratios de cambio no son directamente observables en los sistemas socioeconómicos los procesos de integración son de fundamental importancia.
- Los retrasos son importantes en la determinación del comportamiento del sistema.
- Es necesario detectar el conjunto de políticas que rigen el sistema.
- Debería minimizarse el número de variables exógenas.
- Es necesario modelar con un alto nivel de agregación.
- Los parámetros deberían ser estimados, preferiblemente de forma subjetiva, más que fijados formalmente a partir de datos empíricos sobre el modelo.

<sup>7</sup> Recogido en SHARP y PRICE, 1984. «System dynamics and operational research: An appraisal».

**B) SUPOSICIONES RELACIONADAS CON EL ANÁLISIS DE POLÍTICAS**

- A través de los bucles de realimentación pueden valorarse los efectos de las políticas y de cambios en las mismas.
- El objetivo debería ser encontrar las políticas más adecuadas para la gestión del sistema.
- Examinando el modo de comportamiento del sistema puede valorarse la actuación del mismo.

**C) SUPOSICIONES RELACIONADAS CON LA PRÁCTICA DE DINÁMICA DE SISTEMAS**

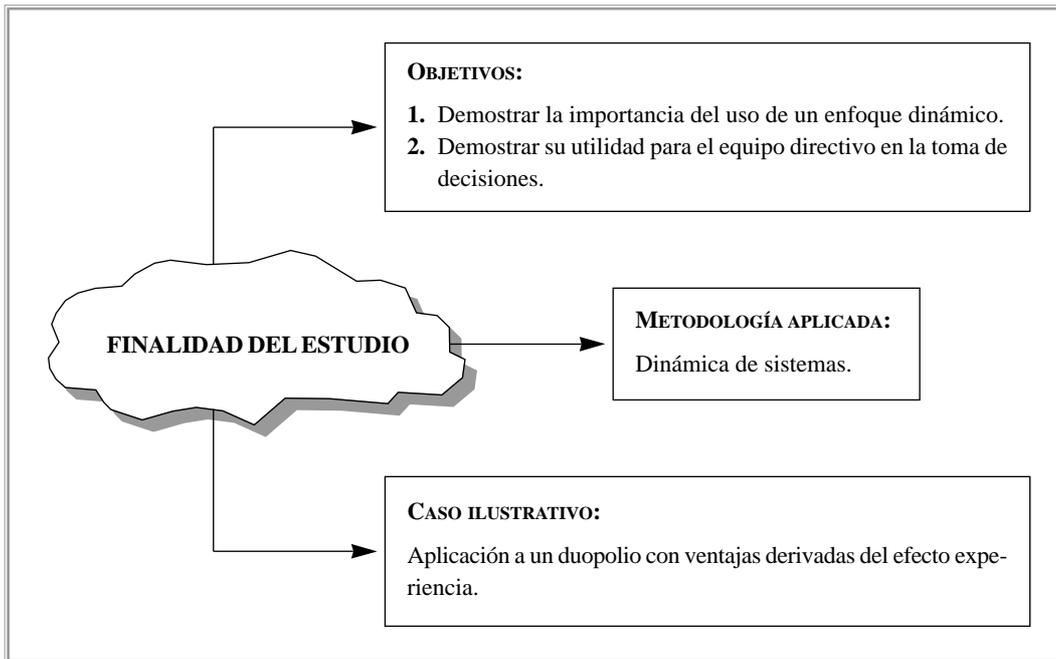
- Los modelos de dinámica de sistemas deberían captar los modelos mentales de los directivos.
- El comportamiento del sistema real suele ser antiintuitivo.
- La dinámica de sistemas debería posibilitar el aprendizaje mediante un proceso de interacción.

La dinámica de sistemas aparece como un enfoque capaz de reflejar las interdependencias que existen en un sistema, revelando la existencia de una gran variedad de decisiones alternativas y susceptibles de ser aplicadas ante un determinado suceso. Algunas de las opciones supondrán cambios en el sistema de carácter profundo, mientras que otros sólo producirán cambios con un carácter superficial. Por otro lado, también permitirá observar si decisiones que han sido tomadas acarrearán consecuencias indeseables en otros ámbitos de la organización.

El gran potencial de la dinámica de sistemas se encuentra en que se trata de un modelamiento dinámico, es decir que se centra en el tiempo, permitiendo observar qué consecuencias pueden producirse a corto, medio y largo plazo, de las decisiones adoptadas.

**IV. APLICACIÓN METODOLÓGICA A UN CASO**

A continuación se presentan los objetivos que persigue el estudio:

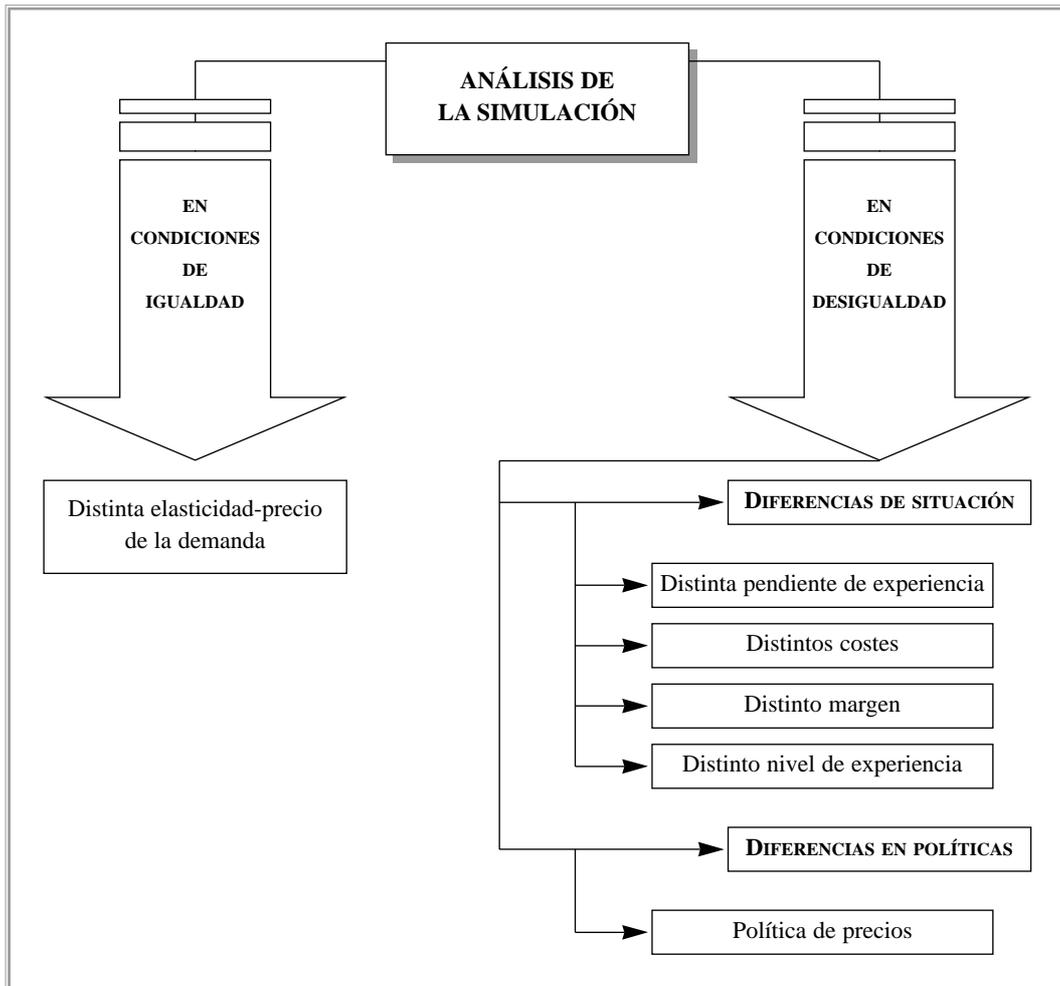


**FIGURA 8.** Objetivos del estudio.

El propósito del estudio es demostrar la utilidad del uso de un enfoque sistémico a la hora de abordar problemas complejos, o sencillos en los que existe una gran cantidad de interrelaciones entre las variables, bucles y retrasos, en los cuales la intuición del decisor (directivo) puede fallar. Para ilustrar esta idea se aplica a continuación esta metodología a un fenómeno económico.

El escenario planteado es el caso de dos empresas competidoras que se encuentran en la misma situación inicial y con ventajas derivadas del efecto experiencia. Lo lógico, o lo que intuitivamente se tiende a pensar cuando se plantea un problema como el anterior, es que si ambas empresas son exactamente iguales y parten de la misma situación los resultados deberían ser los mismos. No obstante se verá cómo una mínima perturbación que se incluya en el modelo puede producir resultados opuestos. Es decir, aunque las empresas estén sometidas a la misma perturbación dejan de tener los mismos resultados.

En la exposición del trabajo se seguirá el siguiente esquema de desarrollo:



**FIGURA 9.** Desarrollo del estudio.

El primer paso en la elaboración de un modelo es plantear el problema que se intenta analizar. Como se ha comentado en los apartados anteriores el estudio trata de poner de manifiesto la importancia de aplicación de un enfoque dinámico, para ello se analiza la gran sensibilidad que puede existir a las condiciones iniciales en presencia del efecto experiencia y ciñéndonos al caso de un duopolio, es decir, mínimas perturbaciones pueden hacer que dadas las interrelaciones existentes entre las variables los resultados obtenidos sean muy distintos de los esperados.

Existirá sensibilidad a las condiciones iniciales si se cumplen ciertas características tales como: impredecibilidad de acontecimientos concretos (independientemente de que el patrón global de comportamiento sea posible identificarlo), no se pueden establecer claramente ni preferencias ni objeti-

vos, las relaciones causa-efecto son prácticamente desconocidas tanto en su dimensión futura como pasada, pequeños cambios pueden producir grandes consecuencias, etc. Incluso partiendo de la misma situación inicial y conociendo las condiciones iniciales es imposible para el decisor hacer predicciones perfectas.

El modelo elaborado se desglosa en tres submodelos para observar la evolución de los resultados en cada uno de ellos. Cada submodelo se obtuvo del anterior añadiendo alguna característica nueva.

1. Submodelo 1 (SBM1): modelo de un duopolio con efecto experiencia sin incluir perturbaciones.
2. Submodelo 2 (SBM2): modelo de un duopolio con efecto experiencia incluyendo perturbaciones.
3. Submodelo 3 (SBM3): modelo de un duopolio con efecto experiencia incluyendo perturbaciones y apropiación de experiencia.

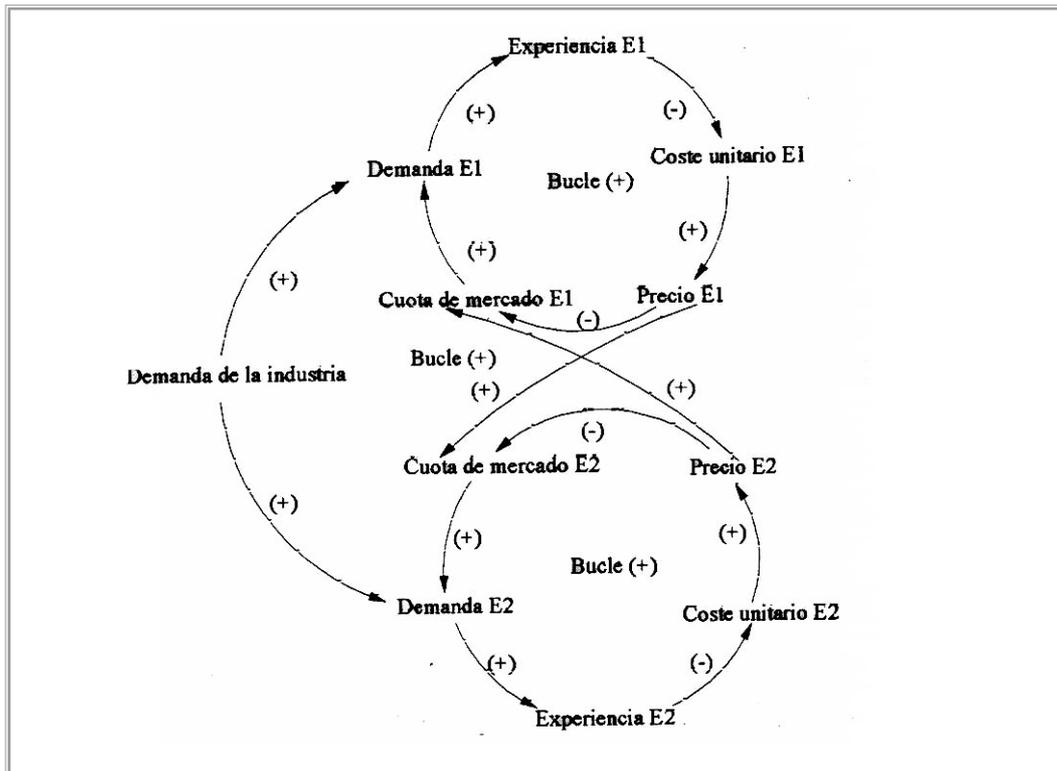
## 1. Análisis en condiciones de igualdad.

### 1.1. SBM1: duopolio con efecto experiencia sin incluir perturbaciones.

En este primer caso se plantea la competencia entre dos empresas suponiendo que parten de las mismas condiciones iniciales y no se produce ninguna perturbación a lo largo de la simulación, así, en cuanto a las hipótesis planteadas en este primer caso, inicialmente, se citan las siguientes:

- H1. Se considera una situación oligopolista en la cual sólo hay dos empresas en competencia (duopolio).
- H2. Ambas empresas compiten por el mismo mercado y tienen la misma pendiente de experiencia.
- H3. Ambas empresas producen bienes homogéneos.
- H4. Ambas empresas parten del mismo coste inicial y del mismo nivel de experiencia.
- H5. Las empresas siguen la misma estrategia en precio según la cual la empresa beneficia al consumidor de toda la reducción en costes lograda debido a las ventajas derivadas del efecto experiencia.

A continuación se muestra el diagrama causal y el diagrama de flujos elaborado para este primer caso:

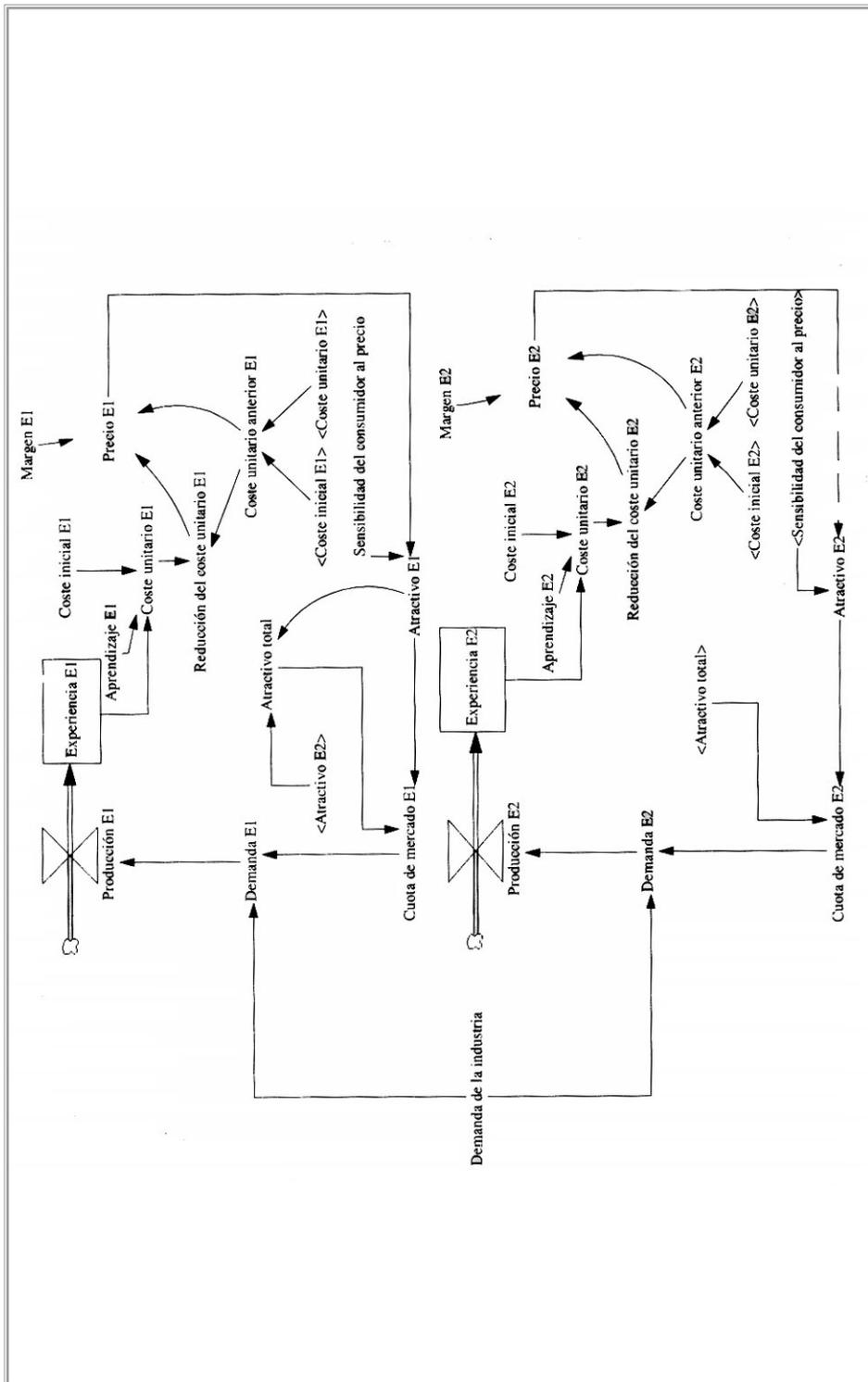


**FIGURA 10.** Diagrama causal de un duopolio con ventajas derivadas del efecto experiencia.

FUENTE: *Elaboración propia.*

En el diagrama causal de la figura anterior se puede observar el bucle de realimentación positivo o reforzador que se origina en presencia del efecto experiencia. A mayor experiencia la empresa podrá reducir más su coste unitario con lo cual podrá bajar más sus precios aumentando de este modo el atractivo del producto y su cuota de mercado, por lo que aumenta su demanda y con ella la producción que a su vez contribuye a generar mayor experiencia.

También se puede observar la existencia de un bucle positivo cruzado en la medida en que si el precio de una empresa se reduce la cuota de mercado de la competidora también, lo que supone una menor demanda para ésta, una menor producción y una menor experiencia que se traducirá en mayores costes unitarios y mayores precios que reducirán el atractivo del producto de la empresa y con él su cuota de mercado.



**FIGURA 11.** Modelo de un duopolio con ventajas derivadas del efecto experiencia sin incluir perturbaciones en la simulación (diagrama de flujos).

FUENTE: *Elaboración propia.*

En el modelo se asume que las dos empresas son iguales y que parten de las mismas condiciones iniciales. Las ecuaciones utilizadas son las siguientes:

$$\text{Demanda E1} = \text{Cuota de mercado E1} * \text{Demanda de la industria} \quad (1)$$

$$\text{Demanda E2} = \text{Cuota de mercado E2} * \text{Demanda de la industria} \quad (2)$$

La demanda de cada empresa se determina multiplicando su cuota de mercado por la demanda de la industria.

$$\text{Atractivo E1} = \text{POWER} (\text{Precio E1}, -\text{Sensibilidad del consumidor al precio}) \quad (3)$$

$$\text{Atractivo E2} = \text{POWER} (\text{Precio E2}, -\text{Sensibilidad del consumidor al precio}) \quad (4)$$

El atractivo en cada empresa se ha calculado elevando el precio a la sensibilidad de los consumidores ante variaciones en el precio. La curva de demanda de cada empresa, inicialmente, se considera elástica.

$$\text{Cuota de mercado E1} = \text{Atractivo E1} / \text{Atractivo total} \quad (5)$$

$$\text{Cuota de mercado E2} = \text{Atractivo E2} / \text{Atractivo total} \quad (6)$$

$$\text{Atractivo total} = \text{Atractivo E1} + \text{Atractivo E2} \quad (7)$$

Cada empresa tiene una cuota de mercado proporcional al atractivo del producto de esa empresa comparado con el atractivo del producto total (es decir, de ésta y otras empresas).

$$\text{Aprendizaje E1} = -[\log (0,85, 10) / \log (2, 10)] \quad (8)$$

$$\text{Aprendizaje E2} = -[\log (0,85, 10) / \log (2, 10)] \quad (9)$$

Se considera, inicialmente, una curva de experiencia en ambos casos con pendiente del 85%, lo que supone una reducción de costes cada vez que se duplica la producción acumulada del 15%.

$$\text{Coste unitario E1} = \text{Coste inicial E1} * \text{POWER} (\text{Experiencia E1}, -\text{Aprendizaje E1}) \quad (10)$$

$$\text{Coste unitario E2} = \text{Coste inicial E2} * \text{POWER} (\text{Experiencia E2}, -\text{Aprendizaje E2}) \quad (11)$$

En ambos casos se parte del mismo coste inicial, del mismo nivel de experiencia y de la misma pendiente de experiencia.

$$\text{Experiencia E1} = \text{INTEG (Producción E1, 1)} \quad (12)$$

$$\text{Experiencia E2} = \text{INTEG (Producción E2, 1)} \quad (13)$$

La experiencia se determina como un nivel que refleja en todo el momento la producción acumulada.

$$\text{Producción E1} = \text{Demanda E1} \quad (14)$$

$$\text{Producción E2} = \text{Demanda E2} \quad (15)$$

Se supone que la empresa produce todo lo que se demanda. Como se comentó al principio de este apartado el modelo se ha simplificado al máximo con el fin de poner de relieve exclusivamente y de la forma más clara posible el efecto que puede tener la sensibilidad en las condiciones iniciales en el desarrollo de un juego.

$$\text{Coste unitario anterior E1} = \text{DELAY FIXED (Coste unitario E1, 1, Coste inicial E1)} \quad (16)$$

$$\text{Coste unitario anterior E2} = \text{DELAY FIXED (Coste unitario E2, 1, Coste inicial E2)} \quad (17)$$

El coste unitario anterior se ha determinado empleando un retraso fijo de una unidad de tiempo.

$$\text{Reducción del coste unitario E1} = \text{Coste unitario anterior E1} - \text{Coste unitario E1} \quad (18)$$

$$\text{Reducción del coste unitario E2} = \text{Coste unitario anterior E2} - \text{Coste unitario E2} \quad (19)$$

Conocido el coste unitario del período anterior y el coste unitario del período actual se determina la reducción en coste unitario que será utilizada para determinar el precio.

$$\text{Precio E1} = (\text{Coste unitario anterior E1} - \text{Reducción del coste unitario E1}) * (1 + \text{Margen E1}) \quad (20)$$

$$\text{Precio E2} = (\text{Coste unitario anterior E2} - \text{Reducción del coste unitario E2}) * (1 + \text{Margen E2}) \quad (21)$$

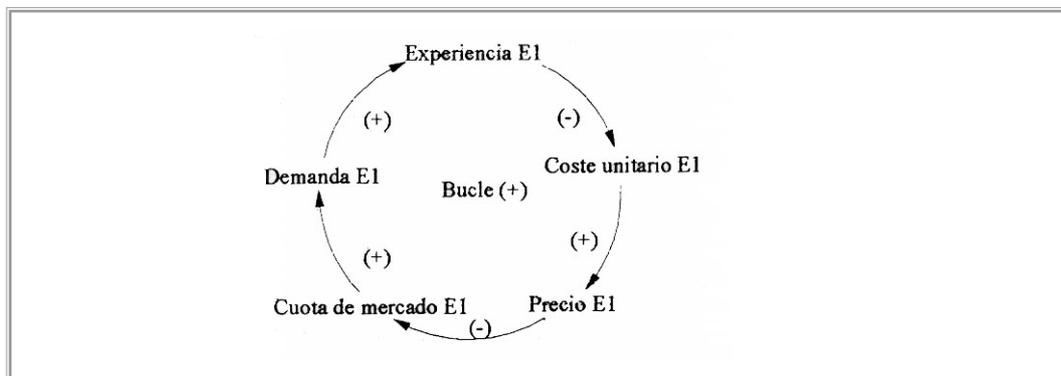
El precio de la empresa se determinará teniendo en cuenta que todas las ventajas derivadas del efecto experiencia, en cuanto a reducción de costes se refiere, beneficiarán al consumidor, es decir, la empresa venderá al coste unitario de cada período más un margen.

$$\text{Demanda de la industria} = 50 + \text{STEP} (3, 5) \quad (22)$$

Se parte de una demanda de la industria inicial de cincuenta unidades la cual se incrementa en tres unidades por cada cinco períodos de simulación. Por simplicidad la elasticidad precio y otros factores que pueden afectar a la demanda de la industria tales como cambios demográficos, influencias en la compra de los consumidores potenciales por otros consumidores del producto etc., no se tienen en cuenta.

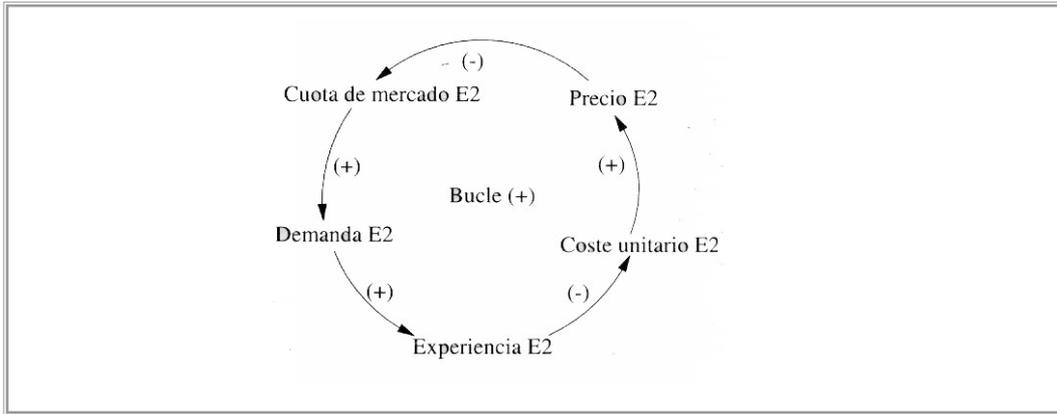
En el diagrama causal de la **figura 10** y luego en el diagrama de flujos de la **figura 11** se puede observar el bucle de realimentación positivo o reforzador que se origina en presencia del efecto experiencia. A mayor experiencia la empresa más podrá reducir su coste unitario con lo cual más podrá bajar sus precios aumentando de este modo el atractivo del producto y su cuota de mercado por lo que aumenta su demanda y con ella la producción que a su vez contribuye a generar mayor experiencia.

También se puede observar la existencia de un bucle positivo cruzado en la medida en que si el precio de una empresa se reduce la cuota de mercado de la competidora también, lo que supone una menor demanda, una menor producción y una menor experiencia que se traducirá en mayores costes unitarios y mayores precios que reducirán el atractivo del producto de la empresa y con él su cuota de mercado. Las **figuras 12, 13 y 14** muestran estos bucles por separado.



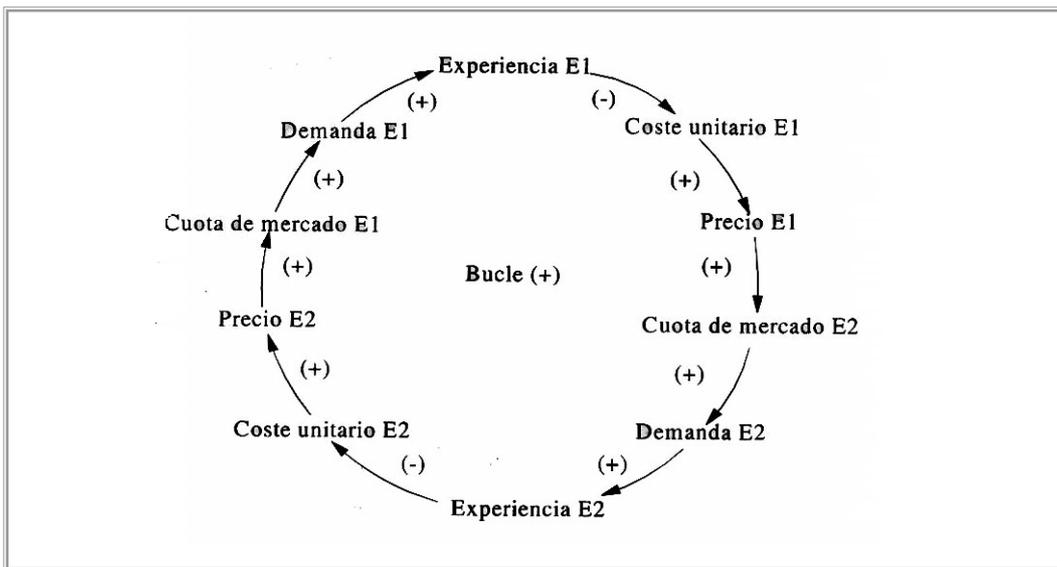
**FIGURA 12.** Bucle positivo derivado del efecto experiencia en la empresa uno.

**FUENTE:** *Elaboración propia.*



**FIGURA 13.** Bucle positivo derivado del efecto experiencia en la empresa dos.

FUENTE: *Elaboración propia.*



**FIGURA 14.** Influencia de experiencias entre empresas.

FUENTE: *Elaboración propia.*

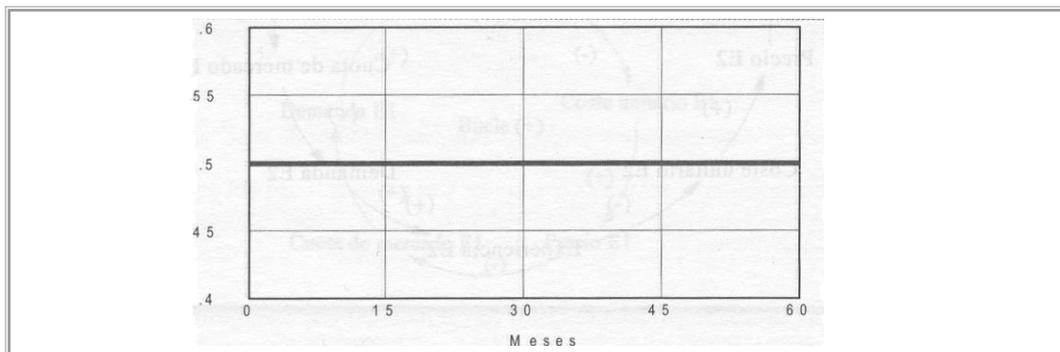
Las flechas indican la dirección de causalidad. El signo (+) o (-) de las mismas indica la polaridad de la relación. El signo (+) indica que un incremento en la variable independiente genera un incremento en la variable dependiente y viceversa, (*ceteris paribus*). Del mismo modo el signo (-) indica que un incremento en la variable independiente produce un decremento en la variable dependiente y viceversa. Es decir,

$$\begin{array}{l} X \xrightarrow{(+)} Y \quad \Rightarrow \quad (\delta Y / \delta X) > 0 \\ X \xrightarrow{(-)} Y \quad \Rightarrow \quad (\delta Y / \delta X) < 0 \end{array}$$

El efecto experiencia crea bucles positivos dentro de cada empresa reduciendo costes y precios permitiendo a una empresa conseguir una mayor cuota de mercado que su competidor. Por otro lado también genera un bucle positivo considerando la interacción entre las dos empresas.

Cuando las dos empresas siguen la misma estrategia y parten de las mismas condiciones, consiguen la misma cuota de mercado y se reparten el mismo, al 50%. Es decir, si las dos empresas son exactamente iguales sus productos serán igual de atractivos para los consumidores, con lo cual la cuota de mercado para cada una de las empresas será del 50% repartiéndose la demanda de la industria a partes iguales. Las dos empresas producirán el mismo número de unidades, por lo que la experiencia se irá incrementando a la par y reducirán sus costes en la misma cuantía, fijando ambas el mismo precio (ya que parten del mismo coste inicial, fijan el mismo margen y siguen la misma estrategia en precios).

El atractivo de las dos empresas coincide y se incrementa a lo largo de la simulación, es decir, a medida que las empresas aumentan su experiencia reducen su coste unitario y con ello su precio aumentando de este modo su atractivo. Por otro lado, el aumento del atractivo supone una mayor cuota de mercado reflejada en una mayor demanda y ésta en una mayor producción que conduce a una mayor experiencia que coincidirá en las dos empresas. El gráfico que se muestra a continuación refleja el resultado obtenido por la empresa dos a lo largo de cien simulaciones y para 60 períodos.



**GRÁFICO 1.** Evolución de la cuota de mercado de la empresa dos durante cien simulaciones (SBM1).

**FUENTE:** *Elaboración propia.*

En el **gráfico 1** se observa cómo la cuota de mercado de la empresa dos se mantiene en el 50% a lo largo de las cien simulaciones. Ambas empresas se reparten el mercado a partes iguales.

### *1.2. SBM2: duopolio con efecto experiencia incluyendo perturbaciones.*

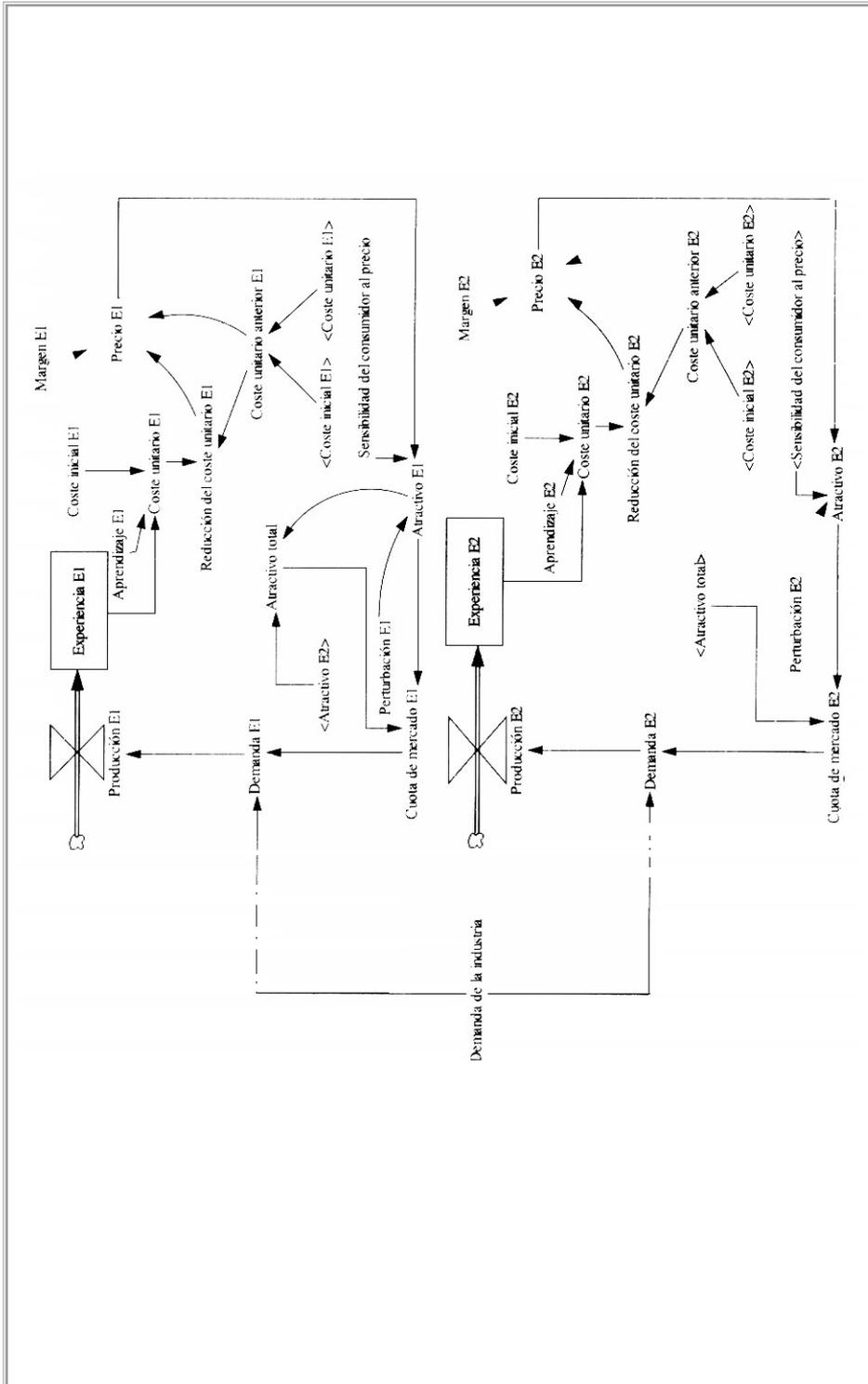
En este segundo caso se parte del caso anterior pero se incluyen perturbaciones en el modelo, es decir cada caso incluye el anterior añadiendo alguna hipótesis nueva, así en cuanto a las hipótesis planteadas en este segundo caso se pueden citar las siguientes:

- H1. Se considera una situación oligopolista en la cual sólo hay dos empresas en competencia (duopolio).
- H2. Ambas empresas compiten por el mismo mercado y tienen la misma pendiente de experiencia.
- H3. Ambas empresas producen bienes homogéneos.
- H4. Ambas empresas parten del mismo coste inicial y del mismo nivel de experiencia.
- H5. Las empresas siguen la misma estrategia en precio según la cual la empresa beneficia al consumidor de toda la reducción en costes lograda debido a las ventajas derivadas del efecto experiencia.
- H6. *Se incluyen perturbaciones en el modelo considerando que éstas afectan al atractivo del producto de la empresa.*

En este segundo caso se añade una nueva hipótesis que se refiere a la incorporación de perturbaciones que afectan al atractivo del producto. Se supone que el atractivo del producto en cada empresa está influenciado por una variable aleatoria que representa la influencia en el mismo de ciertos factores que no se han incluido en el modelo, tales como el retraso en el plazo de entrega, la calidad del servicio, etc.

Al igual que en el caso anterior se trata de estudiar la cuota de mercado de cada una de las empresas suponiendo que ambas parten de las mismas condiciones y se ven sometidas a la misma perturbación (el diagrama causal no presenta diferencias respecto al del caso anterior). El diagrama de flujos se recoge en la **figura 15**.

El atractivo del producto en cada empresa se obtiene, por tanto, en función del precio, de la elasticidad-precio y de una perturbación aleatoria.



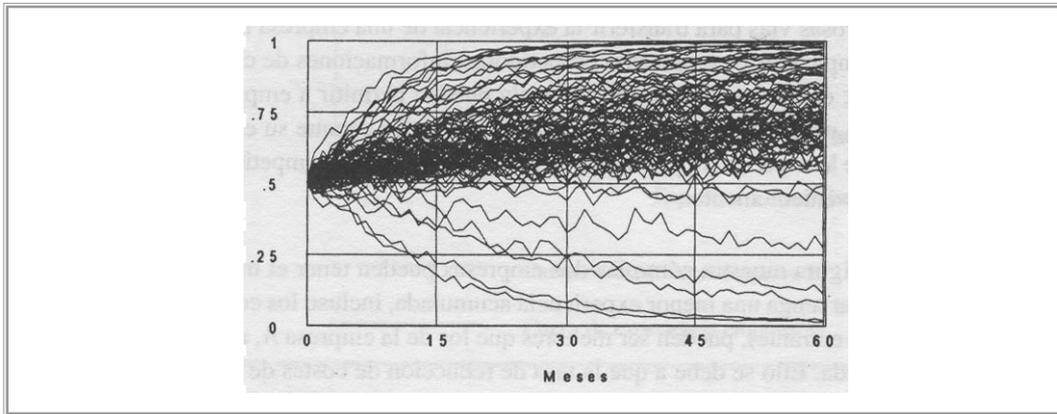
**FIGURA 15.** Modelo de un duopolio con ventajas derivadas del efecto experiencia incluyendo perturbaciones en la simulación (diagrama de flujos).

FUENTE: *Elaboración propia.*

Las ecuaciones del modelo coinciden con las del caso anterior. En cuanto a la variable aleatoria se ha introducido empleando una función aleatoria RANDOM NORMAL, de media cero y de desviación típica 0.1.

$$\text{Perturbación E1} = 1 + \text{STEP}(1, 1) * 0,1 * \text{RANDOM NORMAL}() \quad (23)$$

$$\text{Perturbación E2} = 1 + \text{STEP}(1, 1) * 0,1 * \text{RANDOM NORMAL}() \quad (24)$$



**GRÁFICO 2.** Evolución de la cuota de mercado de la empresa dos durante cien simulaciones (SBM2).

**FUENTE:** *Elaboración propia.*

El gráfico anterior muestra cómo debido a la inclusión de perturbaciones es imposible prever qué empresa va a ganar más cuota de mercado. Se observa cómo la empresa dos puede ser expulsada del mercado o ésta puede expulsar a su rival. Aunque las dos empresas se enfrenten a una misma perturbación los resultados dejan de ser intuitivos<sup>8</sup>. Aquella empresa que obtenga una mínima ventaja inicial rápidamente la amplifica debido al efecto experiencia, por lo que se observa una gran sensibilidad a las condiciones iniciales. A pesar de las condiciones iniciales homogéneas para las dos empresas los bucles de realimentación creados por la curva de aprendizaje rápidamente dirigen a una empresa fuera del mercado mientras que la del competidor aumenta y éste acaba dominando.

Como los costes caen más rápidamente en los primeros años cuando la producción acumulada se dobla de un modo más rápido, pequeñas ventajas iniciales acaban diferenciando pronto a las dos empresas. Más tarde, la ventaja en coste acumulada por la empresa dominante es demasiado grande como para ser superada y el sistema encierra un particular equilibrio.

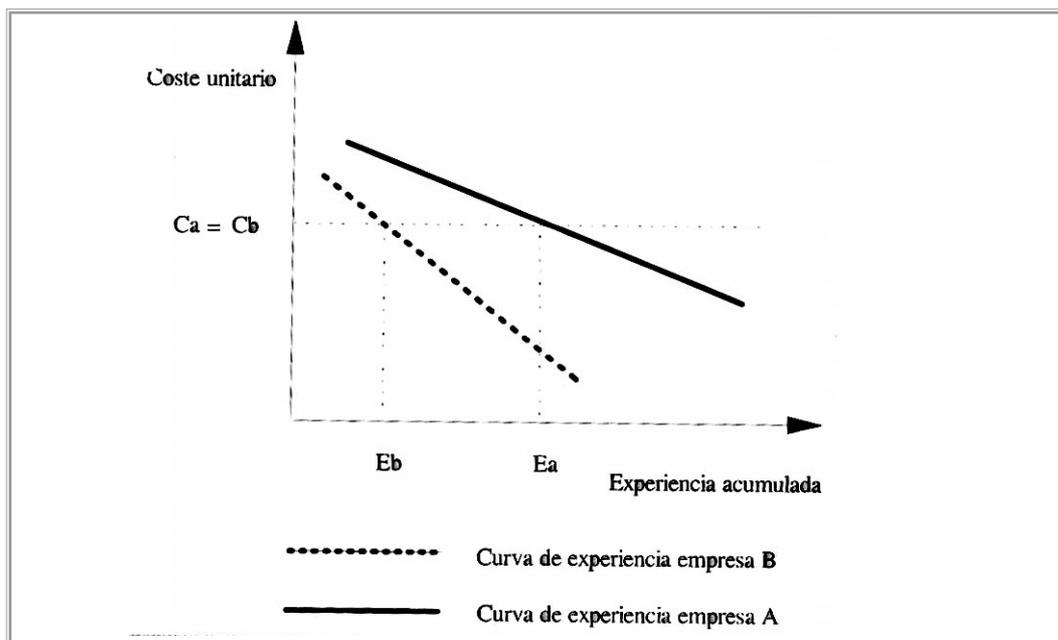
<sup>8</sup> Se reitera el fallo de la intuición en la toma de decisiones cuando se abordan problemas complejos, entendiendo por complejos aquellos en los que existen una gran cantidad de interrelaciones entre las variables, no existen relaciones lineales, se producen retrasos y se generan bucles de realimentación.

En el modelo la cuota de mercado de la empresa dos (o uno), puede tender hacia el 100% o hacia el 0%. Además esa tendencia particular depende de la secuencia de eventos en la historia de la industria. En el modelo esos eventos son reflejados como aleatorios, aunque en realidad ellos dependen también de los movimientos estratégicos de la empresa competidora.

### 1.3. SBM3: duopolio con efecto experiencia incluyendo perturbaciones y apropiación de experiencia.

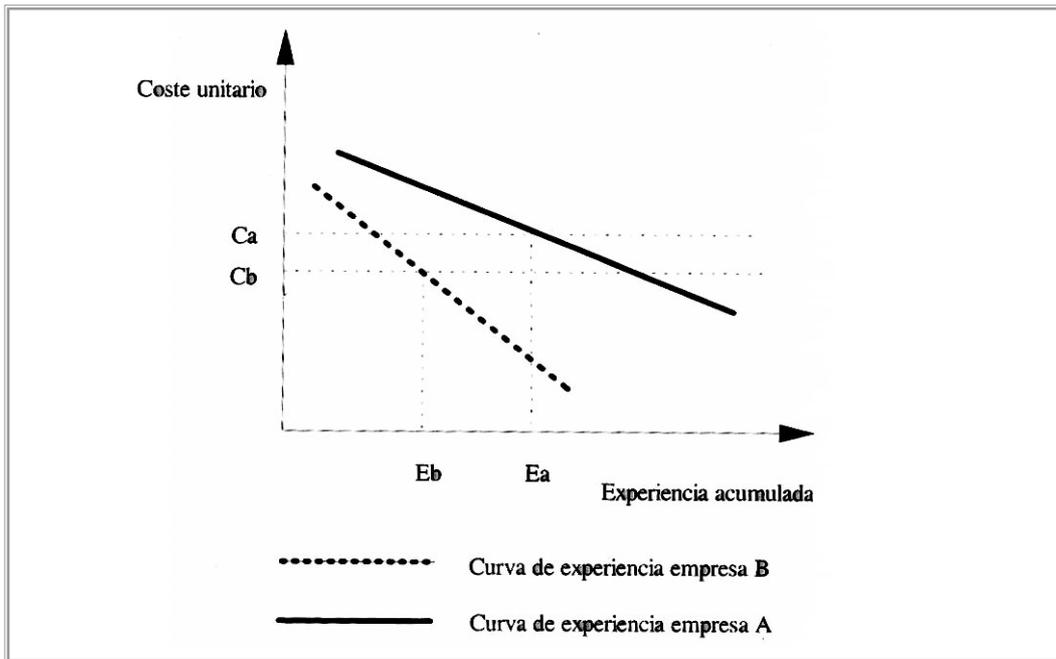
Existen numerosas vías para transferir la experiencia de una empresa a otra, como puede ser la contratación de empleados de empresas competidoras, informaciones de clientes y proveedores, la ingeniería inversa, etc. Estas vías de transferencia pueden permitir a empresas que han entrado con posterioridad en un determinado sector competir con éxito aunque su experiencia acumulada sea menor, por lo que la experiencia puede convertirse en una ventaja competitiva vulnerable o débil de no protegerla convenientemente.

La siguiente figura muestra cómo las dos empresas pueden tener el mismo coste a pesar de que la última en entrar tenga una menor experiencia acumulada, incluso los costes de producción de la empresa B (nuevo entrante), pueden ser menores que los de la empresa A, a pesar de tener menor experiencia acumulada. Ello se debe a que la tasa de reducción de costes de la empresa B es superior a la de la empresa A, quizás porque pudo imitar mediante ingeniería inversa y mejorar la tecnología de sus competidores.



**FIGURA 16.** Entrada de nuevos competidores.

**FUENTE:** *Elaboración propia.*



**FIGURA 17.** Entrada de nuevos competidores con mejor efecto experiencia.

FUENTE: *Elaboración propia.*

Los productos obtenidos mediante ingeniería inversa permiten una producción más eficiente y con menos costes ya que la empresa adopta aquellos productos que más éxito tienen y que son más acordes con su estrategia competitiva, fabricándolos con procesos productivos estandarizados y eficientes. El último en entrar puede tener ventajas<sup>9</sup> como:

- Añadir a los productos las últimas mejoras tecnológicas.
- Aprender de los errores de su competidor.
- Utilizar procesos de producción más eficientes.
- Beneficiarse de mejores condiciones de los proveedores, trabajadores o clientes.

<sup>9</sup> AAKER, 1987; SUTTON, 1983; YIP, 1983.

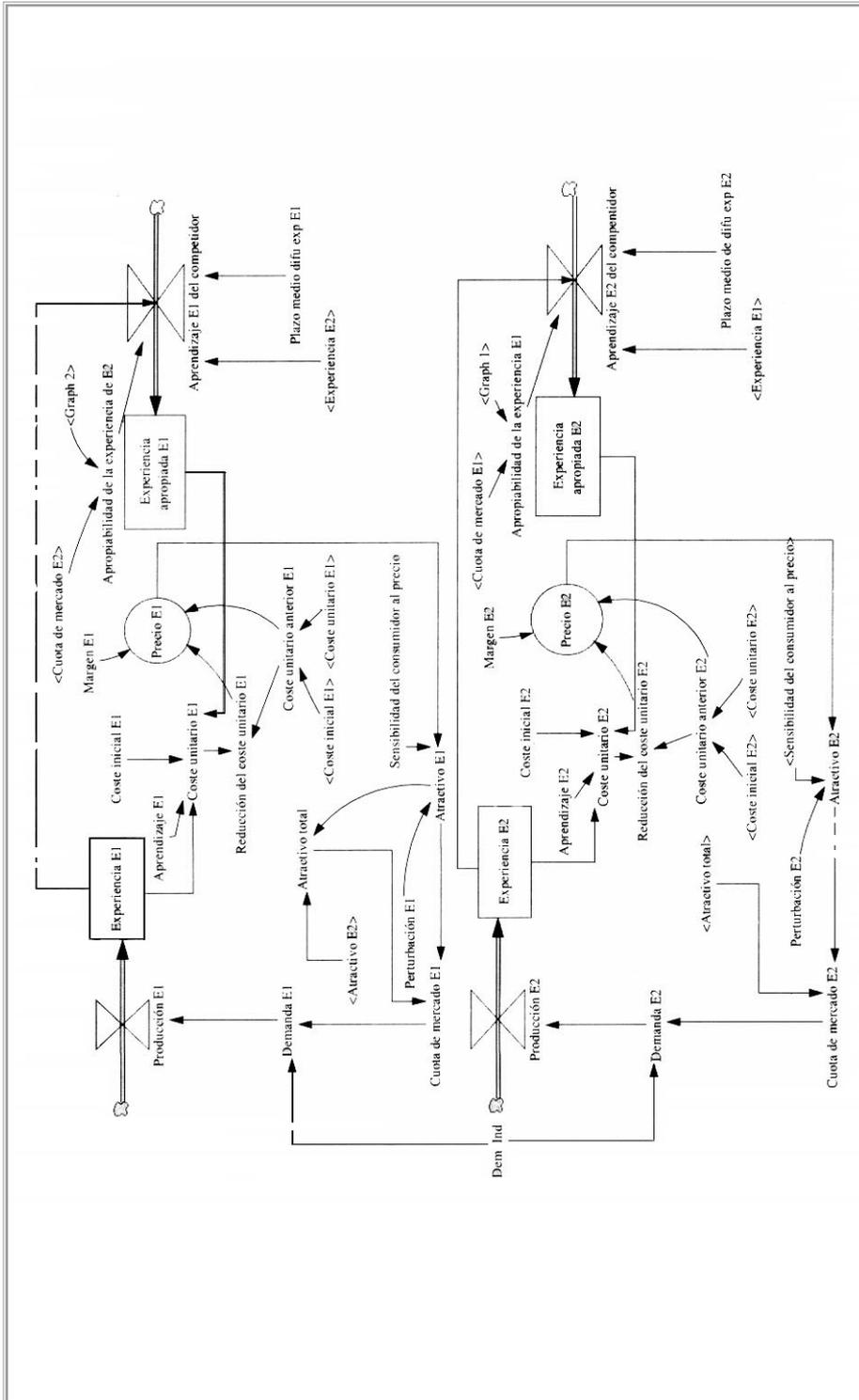
- Empezar con operaciones a gran escala.
- Atacar el eslabón más débil de la estrategia competitiva de su competidor.
- Encontrar menos resistencia para admitir el producto mejorado, si el competidor ha convencido ya a los usuarios potenciales del producto de los beneficios del mismo.
- El nuevo competidor puede beneficiarse de la imagen de marca, del acceso privilegiado a los mercados de factores productivos así como a redes de distribución internacionales.

En este tercer caso se añade una nueva hipótesis a las planteadas en los dos casos anteriores, la posibilidad de apropiación de experiencia de la competencia suponiendo que las dos empresas parten de las mismas condiciones iniciales. Las hipótesis consideradas en este tercer caso son las siguientes:

- H1. Considero una situación oligopolista en la cual sólo hay dos empresas en competencia (duopolio).
- H2. Ambas empresas compiten por el mismo mercado y tienen la misma pendiente de experiencia.
- H3. Ambas empresas producen bienes homogéneos.
- H4. Ambas empresas parten del mismo coste inicial y del mismo nivel de experiencia.
- H5. Las empresas siguen la misma estrategia en precio según la cual la empresa beneficia al consumidor de toda la reducción en costes lograda debido a las ventajas derivadas del efecto experiencia.
- H6. Se incluyen perturbaciones en el modelo las cuales afectan al atractivo del producto de la empresa.
- H7. *Se asume que cada una de las empresas puede apropiarse de la experiencia de la competidora.*

A continuación se muestra el diagrama causal y de flujos para este tercer caso:





**FIGURA 19.** Modelo de un duopolio con ventajas derivadas del efecto experiencia incluyendo apropiabilidad de experiencia y perturbaciones en la simulación (diagrama de flujos).

FUENTE: *Elaboración propia.*

En este tercer caso se incluye la posibilidad de apropiación de experiencia de la competencia. Una empresa puede a menudo beneficiarse de la obtención de experiencia de sus rivales imitando sus prácticas y técnicas, aprendiendo de los proveedores o clientes que tienen en común, etc. La simulación del modelo suponiendo apropiabilidad de experiencia muestra una variedad de caminos complejos en la evolución de la cuota de mercado.

Las ecuaciones coinciden con las de los dos casos anteriores añadiendo las correspondientes a la hipótesis de apropiación de experiencia de la competencia.

$$\begin{aligned} \text{Aprendizaje E1 del competidor} &= (1 - \text{Apropiabilidad de la experiencia de E2}) * \\ &* \text{MAX}[0, (\text{Experiencia E2} - \text{Experiencia E1}) * 0,1 * \text{RANDOM NORMAL()} / \\ \text{Plazo medio difu exp E1}] \end{aligned} \quad (25)$$

$$\begin{aligned} \text{Aprendizaje E2 del competidor} &= (1 - \text{Apropiabilidad de la experiencia de E1}) * \\ &* \text{MAX}[0, (\text{Experiencia E1} - \text{Experiencia E2}) * 0,1 * \text{RANDOM NORMAL()} / \\ \text{Plazo medio difu exp E2}] \end{aligned} \quad (26)$$

El ratio al cual cada empresa acumula conocimiento derivado del desarrollo de experiencia por parte de su competidor depende de varios factores. Cada empresa puede beneficiarse de la experiencia lograda por su competidor. El aprendizaje se ha calculado teniendo en cuenta la parte de la experiencia de la que no es posible apropiarse. La función MAX asegura la no negatividad del ratio de aprendizaje. La empresa sólo puede aprender aquello que no sabe todavía, entonces el ratio de aprendizaje es proporcional a la diferencia entre el conocimiento del competidor y el suyo. El tiempo está determinado por el plazo medio de difusión de la experiencia el cual representa el tiempo necesario para que una empresa aprenda y aplique el conocimiento de su competidor. Finalmente se asume que el aprendizaje del competidor está determinado por variaciones aleatorias incluidas en el modelo mediante una variable aleatoria normal, de media cero y de desviación típica 0,1.

$$\text{Apropiabilidad de la experiencia de E1} = \text{GRAPH 1 (Cuota de mercado E1)} \quad (27)$$

$$\text{Apropiabilidad de la experiencia de E2} = \text{GRAPH 2 (Cuota de mercado E2)} \quad (28)$$

La apropiabilidad de experiencia de cada empresa se asume que varía con la cuota de mercado. Cuando la cuota de mercado de la empresa aumenta se asume que la apropiabilidad de experiencia de esa empresa aumenta, es decir, el dominio del mercado permite a esa empresa adelantar a sus rivales beneficiándose de su experiencia creada y reduciéndose el ratio al cual otras empresas pueden aprender.

$$\begin{aligned} \text{GRAPH 1} &([ (0, 0) - (1, 1)], (0, 0), (0,1, 0), (0,2, 0), (0,3, 0,05), (0,4, 0,15), \\ &(0,5, 0,3), (0,6, 0,7), (0,7, 0,95), (0,8, 1), (0,9, 1), (1, 1)) \end{aligned} \quad (29)$$

$$\begin{aligned} \text{GRAPH 2} &([ (0, 0) - (1, 1)], (0, 0), (0,1, 0), (0,2, 0), (0,3, 0,05), (0,4, 0,15), \\ &(0,5, 0,3), (0,6, 0,7), (0,7, 0,95), (0,8, 1), (0,9, 1), (1, 1)) \end{aligned} \quad (30)$$

El coste unitario de cada empresa ahora se verá afectado por la experiencia apropiada del competidor.

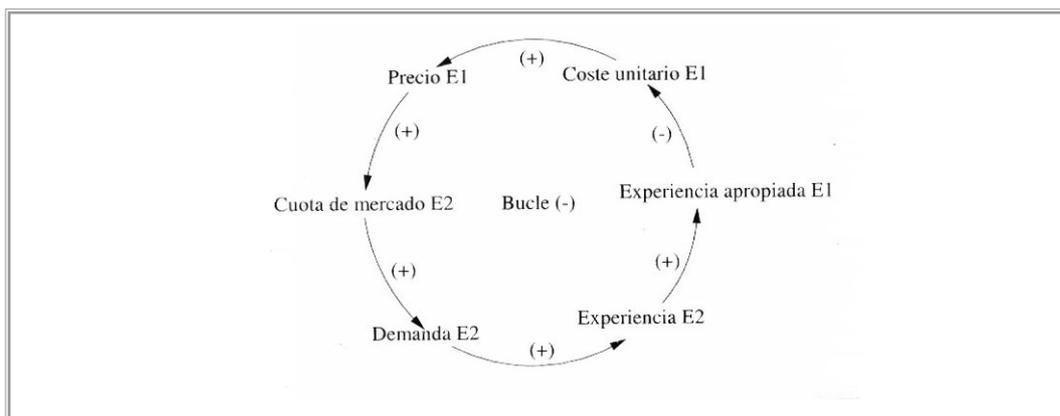
$$\text{Coste unitario E1} = \text{Coste inicial E1} * \text{POWER} (\text{Experiencia E1} + \text{Experiencia apropiada E1}, -\text{Sensibilidad del consumidor al precio}) \tag{31}$$

$$\text{Coste unitario E2} = \text{Coste inicial E2} * \text{POWER} (\text{Experiencia E2} + \text{Experiencia apropiada E2}, -\text{Sensibilidad del consumidor al precio}) \tag{32}$$

$$\text{Experiencia apropiada E1} = \text{INTEG} (\text{Aprendizaje E1 del competidor}, 0) \tag{33}$$

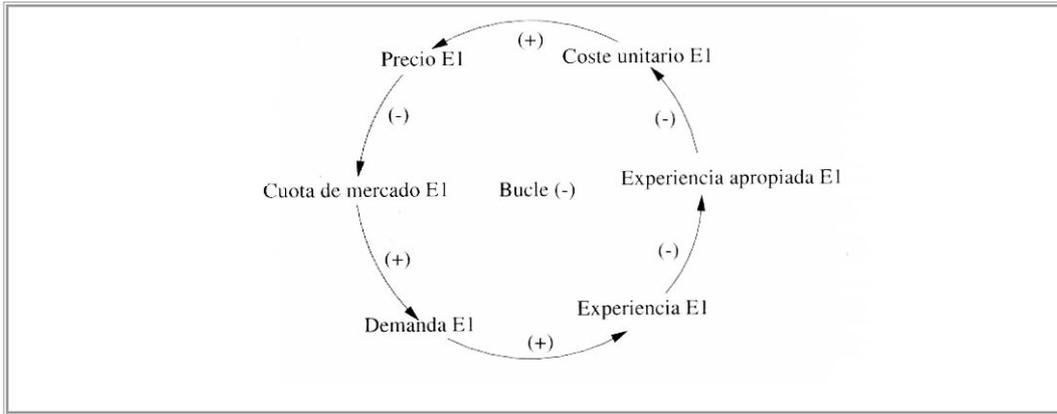
$$\text{Experiencia apropiada E2} = \text{INTEG} (\text{Aprendizaje E2 del competidor}, 0) \tag{34}$$

Inicialmente se considera que ninguna de las dos empresas conoce la experiencia de su rival. Parte del desglose del diagrama causal se encuentra en las **figuras 20, 21 y 22**.



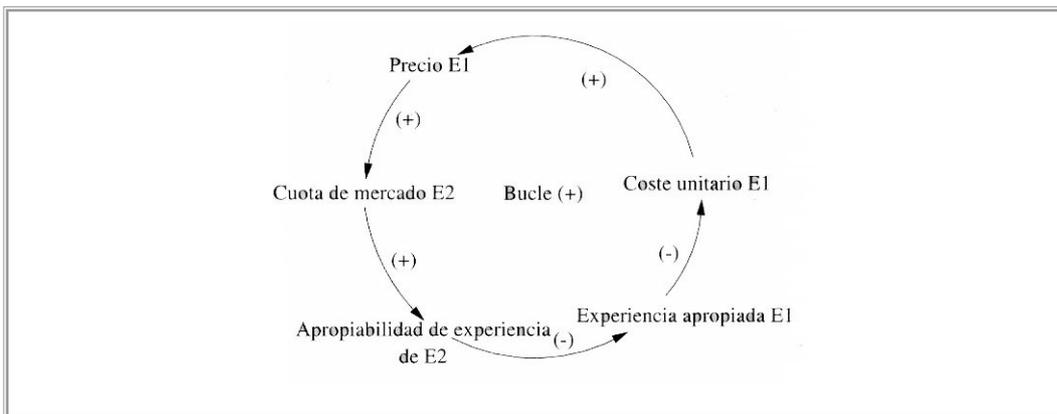
**FIGURA 20.** Bucle del efecto de la experiencia de la empresa dos sobre la experiencia apropiada de la empresa uno.

**FUENTE:** *Elaboración propia.*



**FIGURA 21.** Bucle del efecto experiencia de la empresa uno sobre la experiencia apropiada de la empresa uno.

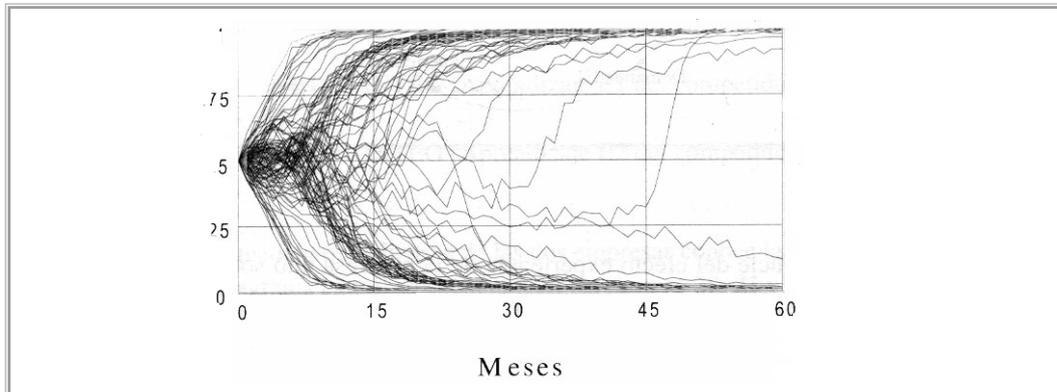
FUENTE: *Elaboración propia.*



**FIGURA 22.** Bucle del efecto de la experiencia apropiada por parte de la empresa uno sobre la apropiabilidad de experiencia de la empresa dos.

FUENTE: *Elaboración propia.*

A continuación el **gráfico 3** muestra el resultado de la evolución de la cuota de mercado de la empresa dos durante cien simulaciones. En muchos casos, una empresa establece de un modo rápido el dominio y dirige a la competidora fuera del mercado, antes la empresa perdedora puede aprender lo suficiente de su competidor como para disminuir el *gap* en experiencia e igualar los costes unitarios. En otros casos la empresa que va en cabeza se da cuenta de que su rival es capaz de cerrar ese *gap*, igualar la cuota de mercado y comenzar el juego de nuevo. Una de las empresas puede ganar una ventaja inicial pero no ser capaz de prevenir que su competidora aprenda de su experiencia.



**GRÁFICO 3.** Evolución de la cuota de mercado de la empresa dos durante cien simulaciones (SBM3).

**FUENTE:** *Elaboración propia.*

En el gráfico anterior se observan caminos de evolución más complejos cuando las empresas pueden aprender unas de otras, y aunque una de las empresas comience, en simulaciones tempranas, con ventaja en cuota de mercado, esto no le garantiza el triunfo final. Ocasionalmente, la empresa que va en cabeza durante bastante tiempo puede acabar perdiendo y ser expulsada del mercado o puede ir perdiendo y luego dominar el mercado (depende de qué bucle de realimentación domine). Una característica de interés de esta simulación es la velocidad del triunfo final para la empresa después de mucho tiempo de lentos cambios.

#### *1.4. Análisis en condiciones de igualdad de cambios en la elasticidad-precio de la demanda.*

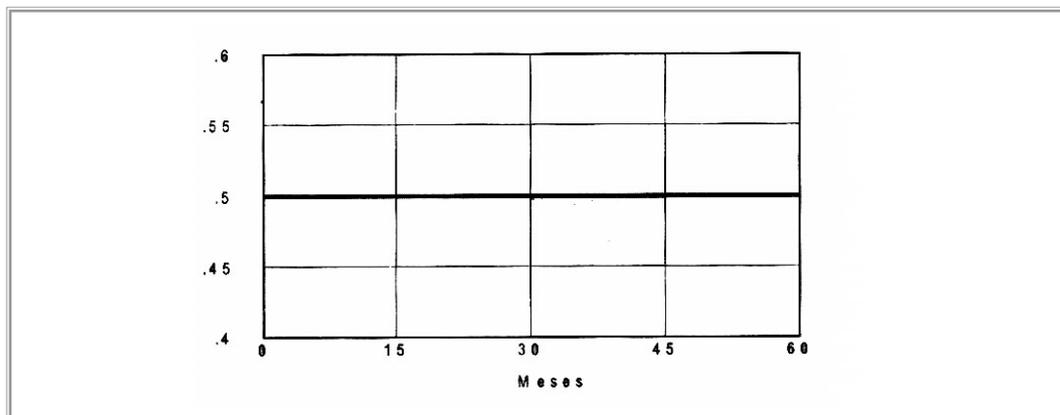
En este apartado se estudia la evolución de la cuota de mercado ante distintas sensibilidades del consumidor al precio<sup>10</sup>, suponiendo condiciones de igualdad en ambas empresas, es decir, suponiendo que las dos empresas parten de las mismas condiciones. El objetivo de este análisis de variaciones en la elasticidad-precio es observar si los resultados obtenidos en los apartados anteriores se mantienen independientemente del valor de la elasticidad.

<sup>10</sup> Entendiendo por sensibilidad del consumidor al precio la elasticidad-precio de la demanda, es decir, la variación en la cantidad demandada ante variaciones en el precio del producto.

El análisis también se realiza en los tres casos (SBM1, SBM2, y SBM3), distinguiendo entre una elasticidad-precio alta, media y baja.

#### 1.4.1. SBM1: duopolio con efecto experiencia sin incluir perturbaciones.

A continuación se analiza el efecto que produce en la cuota de mercado cambios en la elasticidad-precio cuando no se incluyen perturbaciones en la simulación.



**GRÁFICO 4.** Evolución de la cuota de mercado de la empresa dos durante cien simulaciones ante distintos valores de la elasticidad-precio de la demanda (SBM1).

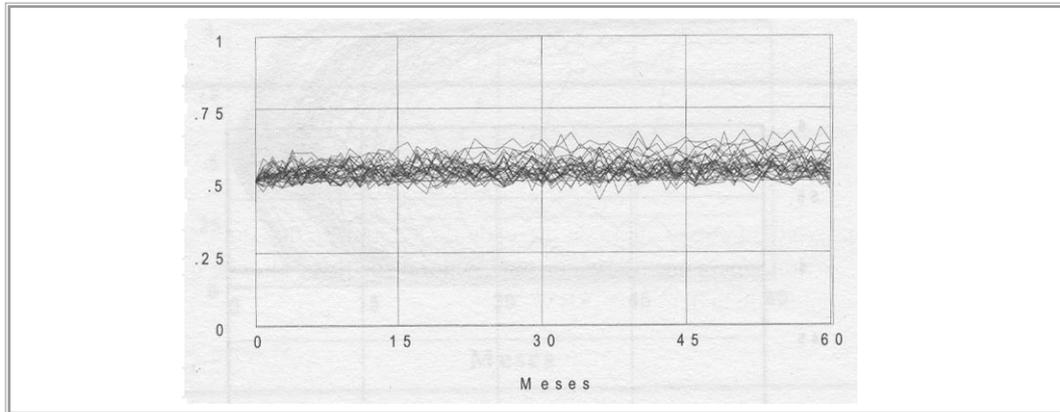
**FUENTE:** *Elaboración propia.*

Como se observa en el gráfico anterior la elasticidad-precio no afecta a la cuota de mercado si ambas empresas parten de las mismas condiciones y no se incluyen perturbaciones en el modelo. Mientras que el producto sea igual de atractivo para los consumidores en las dos empresas sus cuotas de mercado coincidirán (*ceteris paribus*), también sus demandas y por tanto sus producciones. La evolución de la experiencia a lo largo del tiempo será la misma y la reducción de costes y fijación de precios también, con lo cual el atractivo seguirá coincidiendo en ambas, repitiéndose el proceso sucesivamente y en cada simulación.

#### 1.4.2. SBM2: duopolio con efecto experiencia incluyendo perturbaciones.

En el momento en que se incorporan perturbaciones al modelo la evolución de la cuota de mercado será distinta, en función de cuál sea el valor del parámetro existirá o no sensibilidad a las condiciones iniciales.

De las simulaciones efectuadas se pudo observar que para valores bajos en el parámetro de elasticidad no existe sensibilidad a las condiciones iniciales, sin embargo para valores altos, es decir, cuando el precio del producto es muy importante para el consumidor de forma que ante una reducción en el precio aumenta mucho la cantidad demandada y viceversa, sí existe una gran sensibilidad a las condiciones iniciales.

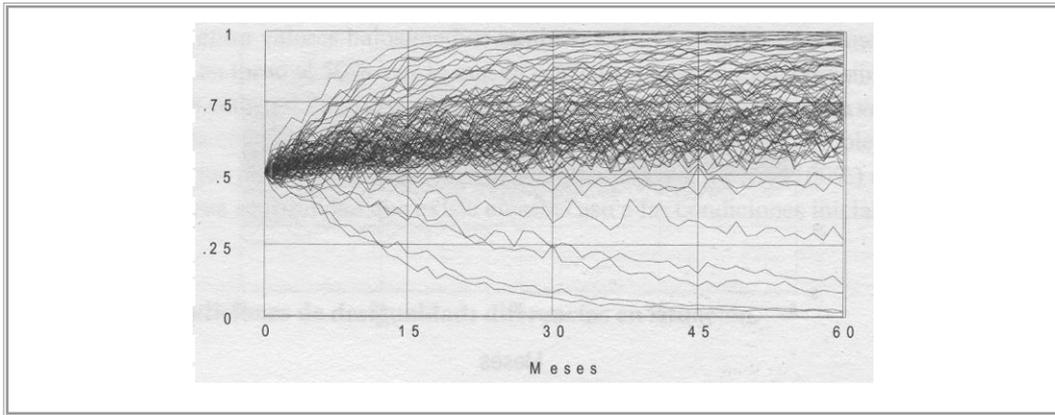


**GRÁFICO 5.** Evolución de la cuota de mercado de la empresa dos durante cien simulaciones para una oscilación entre valores bajos y medios de la elasticidad-precio de la demanda (SBM2).

**FUENTE:** *Elaboración propia.*

El gráfico anterior muestra cómo aunque la empresa consiga una ventaja inicial, para valores del parámetro oscilantes entre bajos y medios, le cuesta trabajo amplificar su ventaja, produciéndose oscilaciones entre una cuota del 50% y cada vez más cercanas a ella a medida que el valor del parámetro se reduce. En ocasiones se observa cómo pierde el dominio en cuota.

El **gráfico 6** muestra la evolución de la cuota de mercado de la empresa dos durante cien simulaciones y para una oscilación entre valores medios y altos del parámetro elasticidad-precio. En el momento en el que la empresa obtiene una ventaja inicial la amplifica, cada vez más rápido a medida que la elasticidad-precio es más alta, llegando, para altos valores del parámetro, a expulsar a su rival del mercado. Por lo tanto, se puede concluir que existirá sensibilidad a las condiciones iniciales para valores altos de la elasticidad-precio, es decir, en la medida en que el precio sea una variable importante o muy importante para el consumidor.



**GRÁFICO 6.** Evolución de la cuota de mercado de la empresa dos durante cien simulaciones para una oscilación entre valores medios y altos de la elasticidad-precio de la demanda (SBM2).

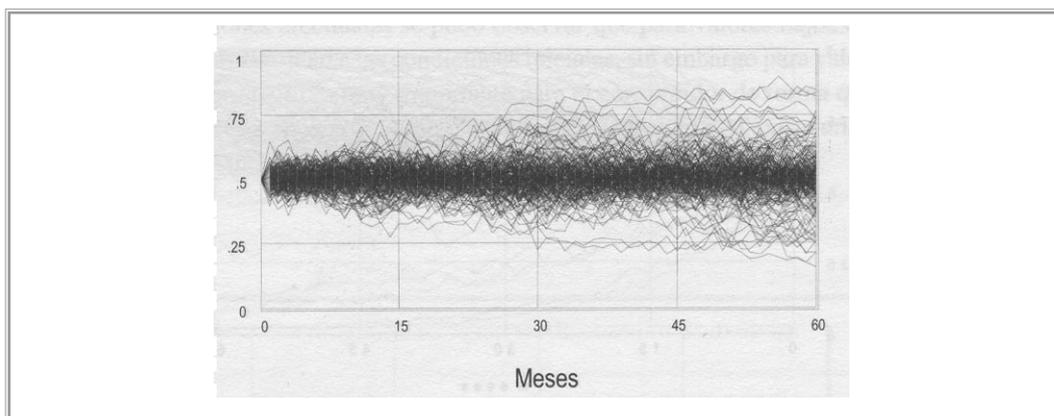
**FUENTE:** *Elaboración propia.*

1.4.3. SBM3: duopolio con efecto experiencia incluyendo perturbaciones y apropiación de experiencia.

Los resultados obtenidos en este caso son similares a los obtenidos en el caso anterior. Solamente para valores altos del parámetro la sensibilidad a las condiciones iniciales se empieza a poner de relieve, sin embargo es necesario que exista una sensibilidad al precio por parte del consumidor superior a la del caso anterior (cuando no se tiene en cuenta la apropiabilidad de experiencia) para que una empresa acabe expulsando a la otra.

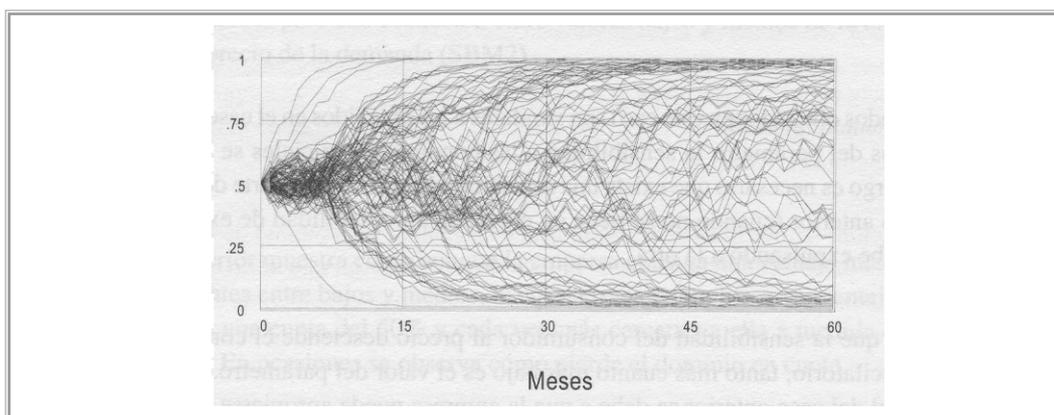
A medida que la sensibilidad del consumidor al precio descende el comportamiento de las cuotas es más oscilatorio, tanto más cuanto más bajo es el valor del parámetro. El comportamiento más oscilatorio al del caso anterior se debe a que la empresa puede apropiarse de la experiencia de su rival. Dependiendo del bucle que domine en cada momento la empresa aumentará o reducirá su cuota de mercado.

A continuación se muestran dos gráficos que muestran la evolución de la cuota de mercado durante cien simulaciones y para distintos valores del parámetro, (**gráficos 7 y 8**).



**GRÁFICO 7.** Evolución de la cuota de mercado de la empresa dos durante cien simulaciones para una oscilación entre valores bajos y medios de la elasticidad-precio de la demanda (SBM3).

**FUENTE:** *Elaboración propia.*



**GRÁFICO 8.** Evolución de la cuota de mercado de la empresa dos durante cien simulaciones para una oscilación entre valores medios y altos de la elasticidad-precio de la demanda (SBM3).

**FUENTE:** *Elaboración propia.*

Se observa cómo cuando existe apropiabilidad de experiencia de la competencia y la elasticidad-precio oscila entre valores bajos/medios también existe un comportamiento oscilatorio de la cuota de mercado en torno al 50%, por lo que en este caso tampoco existe sensibilidad a las condiciones iniciales. Sin embargo, cuando la oscilación de la elasticidad se produce entre valores medios/altos la sensibilidad a las condiciones iniciales aparece. El **gráfico 8** muestra la complejidad de los caminos de evolución que puede seguir la cuota de mercado (entre el 0% y el 100%) de la empresa dos en función de la gran sensibilidad que existe en este caso a las condiciones iniciales.

## 2. Análisis en condiciones de desigualdad: diferencias en situación.

En este apartado se analizan los resultados obtenidos de la simulación suponiendo que ambas empresas no parten de las mismas condiciones iniciales. Los casos que se analizan en este apartado son los siguientes:

- Que las empresas tengan distinta pendiente de experiencia.
- Que las empresas partan de distinto coste inicial.
- Que las empresas fijen distintos márgenes.
- Que las empresas partan de distinto nivel de experiencia.

### 2.1. Análisis de diferencias en la pendiente de experiencia.

Hasta ahora la simulación se ha basado en la hipótesis de que ambas empresas tenían la misma pendiente <sup>11</sup>, a continuación se muestran los resultados obtenidos en el caso de que se altere esta hipótesis, en los distintos casos planteados (SBM1, SBM2 y SBM3).

A continuación, se muestran unos gráficos que reflejan la sensibilidad de la cuota de mercado ante variaciones en la diferencia de pendientes. Esta diferencia se recoge a través de una variable  $\lambda$ , que toma valores entre 0,001 y 0,5. Dada una pendiente de experiencia para la empresa uno, la pendiente de la empresa dos se calcula como la diferencia entre la pendiente de la empresa uno y  $\lambda$ .

*Ejemplo:*

$$\text{Pte. E1} = 0,85$$

$$\text{Aprendizaje E1} = -[\log(\text{Pte. E1}, 10) / \log(2, 10)]$$

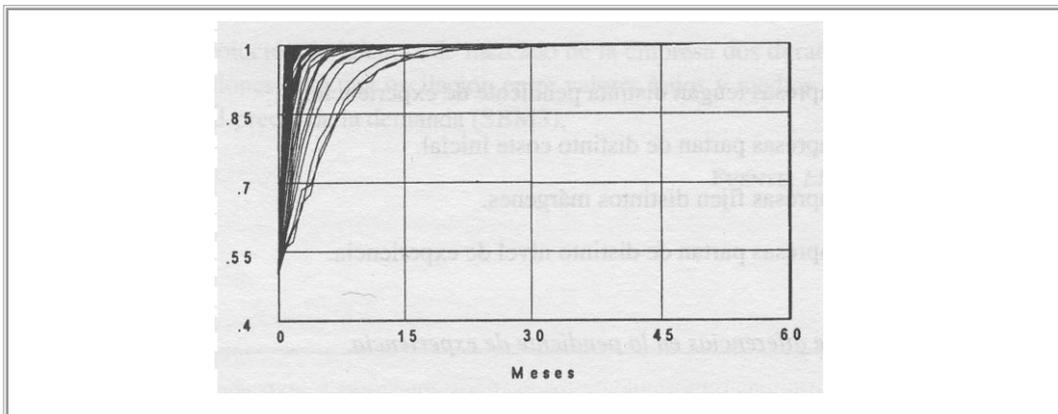
$$\text{Pte. E2} = \text{Pte. E1} - \lambda$$

$$\text{Aprendizaje E2} = -[\log(\text{Pte. E2}, 10) / \log(2, 10)]$$

<sup>11</sup> Se analiza cada uno de los cambios por separado, es decir, en este caso sólo se analizan los cambios en pendiente manteniendo iguales para las dos empresas el resto de parámetros y variables.

En el primer caso (SBM1), los resultados obtenidos son obvios, es decir, siempre que ambas empresas tengan la misma pendiente de experiencia se reparten el mercado al 50%, y si sus pendientes difieren la empresa ganadora será aquella cuya pendiente de experiencia le permita conseguir una mayor reducción de costes.

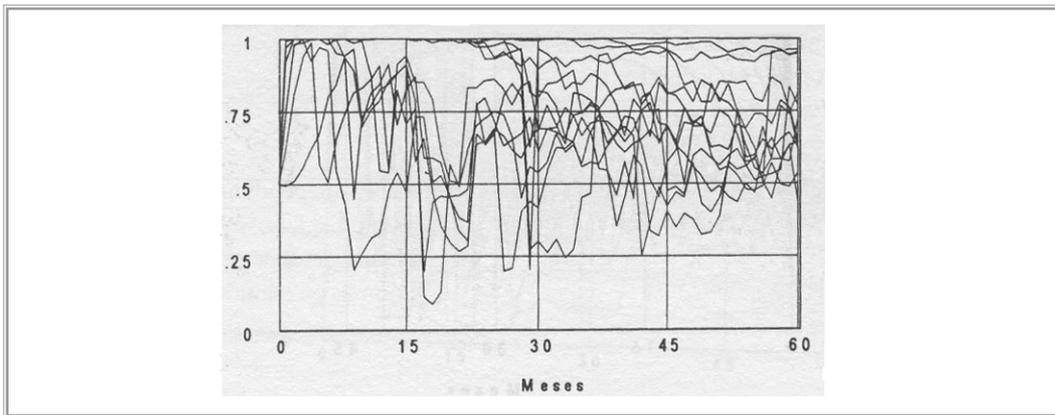
En el segundo caso (SBM2), y como refleja el **gráfico 9**, independientemente de la diferencia que exista entre pendientes de experiencia no existe sensibilidad a las condiciones iniciales, ya que la empresa ganadora será la que posea una mejor pendiente de experiencia. Dependiendo de que  $\lambda$  sea mayor o menor el aumento de experiencia y el dominio en cuota será más rápido o más lento.



**GRÁFICO 9.** Evolución de la cuota de mercado de la empresa dos durante cien simulaciones suponiendo una pendiente de experiencia de la empresa uno del 85% y una oscilación de  $\lambda$  entre 0,001 y 0,5 (SBM2).

**FUENTE:** *Elaboración propia.*

El gráfico que se muestra a continuación muestra lo mismo que el gráfico anterior pero suponiendo que existe apropiabilidad de experiencia. Se observan caminos de evolución más complejos y oscilatorios. La empresa ganadora será la que posea mejor pendiente de experiencia aunque las oscilaciones son mayores que en el caso anterior debido a la posibilidad de apropiación de experiencia.



**GRÁFICO 10.** Evolución de la cuota de mercado de la empresa dos durante cien simulaciones suponiendo una pendiente de experiencia de la empresa uno del 85% y una oscilación de  $\lambda$  entre 0,001 y 0,5 (SBM3).

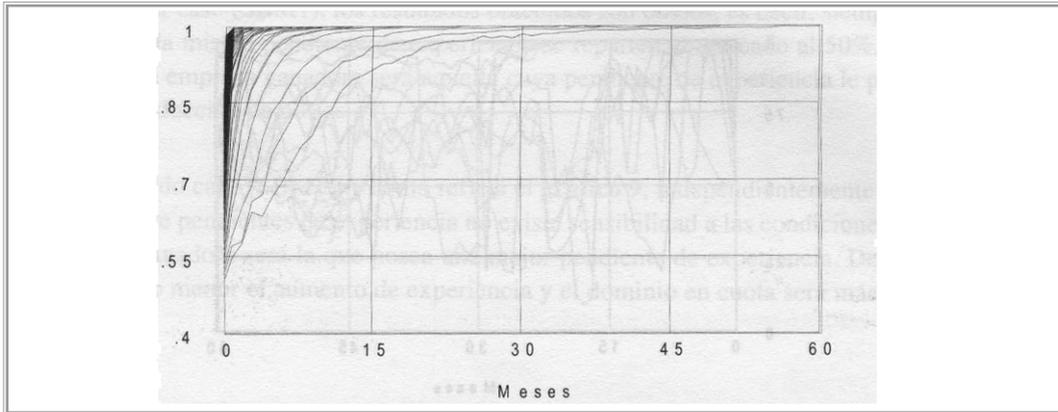
FUENTE: *Elaboración propia.*

Como conclusión más importante de los gráficos anteriores se extrae que no existe sensibilidad a las condiciones iniciales ante diferencias de pendiente entre empresas competidoras, pues, acabará ganando la empresa con mejor pendiente. Ahora bien, cuando existe apropiabilidad de experiencia hay que puntualizar, porque, si bien esto sucede, el comportamiento o evolución de la cuota es más oscilante que en el caso anterior y además para diferencias muy pequeñas en cuota no tiene por qué ganar la empresa con ventaja inicial, pues es fácil que su competidora se apropie de su experiencia.

## 2.2. Análisis de diferencias en el coste inicial.

En este epígrafe se estudia la sensibilidad a las condiciones iniciales bajo el supuesto de que ambas empresas partan de distinto coste inicial.

En este caso y aunque la diferencia sea mínima y se incluyan perturbaciones en el modelo no existe sensibilidad a las condiciones iniciales puesto que la empresa cuyo coste inicial sea superior acabará perdiendo como se pone de manifiesto en los siguientes gráficos.



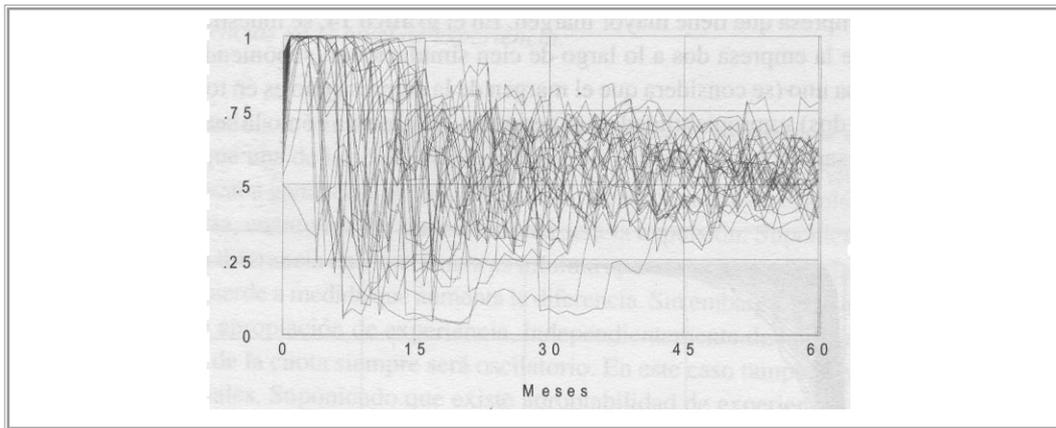
**GRÁFICO 11.** Evolución de la cuota de mercado de la empresa dos durante cien simulaciones para distintos valores del coste inicial de la empresa uno <sup>12</sup> (SBM2).

**FUENTE:** *Elaboración propia.*

El gráfico anterior muestra cómo la empresa que tiene un coste inicial más bajo, aunque sea mínimo acaba ganando cuota, independientemente de la inclusión de perturbaciones, por lo que parece ser que en estos casos no existe sensibilidad a las condiciones iniciales.

Suponiendo que existe apropiabilidad de experiencia de la competencia cuando las diferencias en coste son altas la empresa con el coste más bajo acaba expulsando del mercado a su rival. Sin embargo, cuando la diferencia es pequeña no se produce una expulsión aunque sí existen variaciones en la cuota. En este caso tampoco existe sensibilidad a las condiciones iniciales. El gráfico que se muestra a continuación refleja cómo para el mismo intervalo de variación del caso anterior, aunque la empresa uno tenga un coste superior al de la empresa dos, esta última no logra expulsar a la uno del mercado. Es necesario un intervalo de variación superior al caso anterior para producirse la expulsión.

<sup>12</sup> Suponiendo que el coste de la empresa uno es en todos los casos superior al de la empresa dos.



**GRÁFICO 12.** Evolución de la cuota de mercado de la empresa dos durante cien simulaciones para distintos valores del coste inicial de la empresa uno (SBM3).

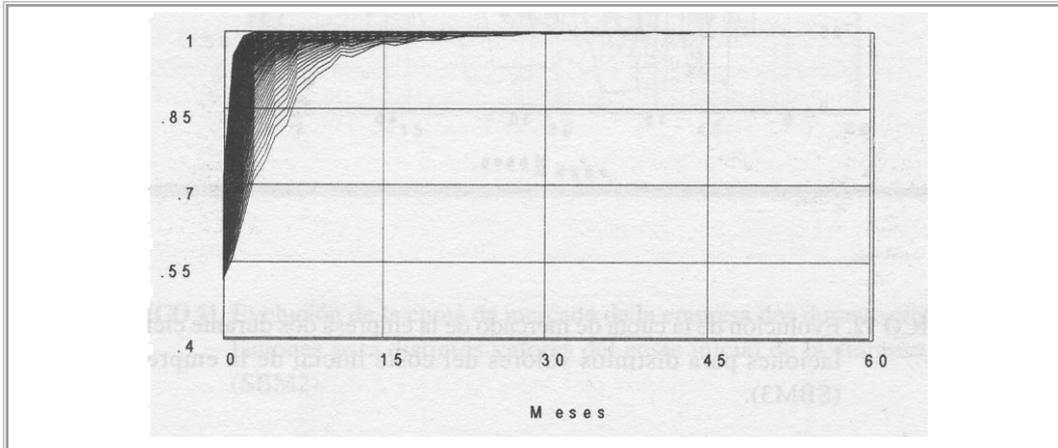
**FUENTE:** *Elaboración propia.*

Una diferencia mínima en el coste supone una expulsión del mercado de la empresa con coste superior cuando se incluyen perturbaciones en el modelo, sin embargo si existe la posibilidad de apropiación de experiencia el comportamiento es oscilatorio, siendo preciso una diferencia mayor al caso anterior para que la empresa con menor coste expulse del mercado a la empresa con coste superior.

### 2.3. Diferencias en el margen.

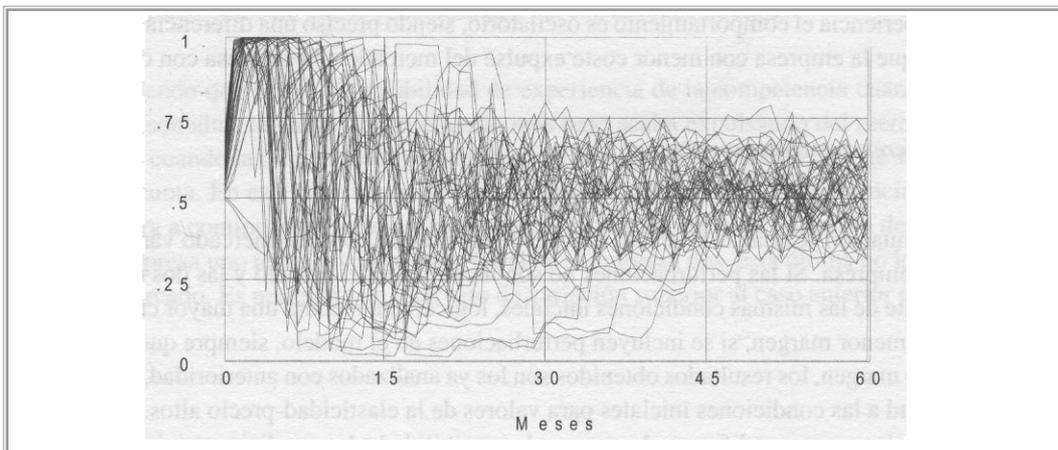
A continuación se analiza el efecto que puede tener en la cuota de mercado variaciones en el margen de la empresa. Si las perturbaciones no son incluidas en el modelo y las dos empresas parten exactamente de las mismas condiciones iniciales, lógicamente tendrá una mayor cuota la empresa que fija un menor margen, si se incluyen perturbaciones en el modelo, siempre que las empresas fijen el mismo margen, los resultados obtenidos son los ya analizados con anterioridad, es decir, existirá sensibilidad a las condiciones iniciales para valores de la elasticidad-precio altos. Si los márgenes fijados por las empresas difieren, desaparece la sensibilidad a las condiciones iniciales ya que la empresa ganadora será aquella que fija un menor margen (véase **gráfico 13**). Si además se tiene en cuenta la posibilidad de apropiabilidad de experiencia de la competencia en el momento en que los márgenes de ambas empresas difieran se produce una variación de la cuota de mercado oscilatoria, es decir, aunque empiece ganando cuota la empresa con menor margen en determinados momentos

es superada por la empresa que tiene mayor margen. En el **gráfico 14**, se muestra la evolución de la cuota de mercado de la empresa dos a lo largo de cien simulaciones, suponiendo diferencias en el margen de la empresa uno (se considera que el margen de la empresa uno es en todos los casos superior al de la empresa dos) y apropiabilidad de experiencia. Se observa cómo la sensibilidad a las condiciones iniciales desaparece.



**GRÁFICO 13.** Evolución de la cuota de mercado de la empresa dos durante simulaciones para distintos valores del margen de la empresa uno (SBM2).

**FUENTE:** *Elaboración propia.*



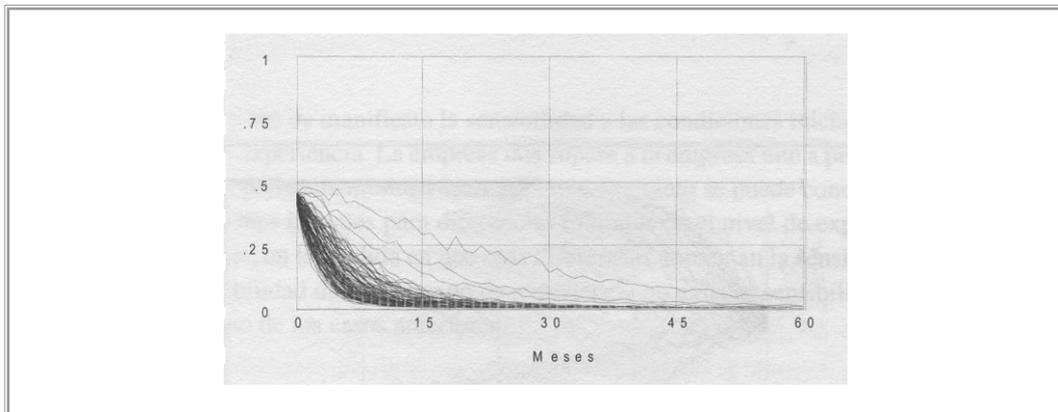
**GRÁFICO 14.** Evolución de la cuota de mercado de la empresa dos durante cien simulaciones para distintos valores del margen de la empresa uno (SBM3).

**FUENTE:** *Elaboración propia.*

#### 2.4. Diferencias en el nivel de experiencia.

A continuación se van a suponer cambios en el nivel de experiencia de ambas empresas. En el momento en que una de las dos empresas tiene una diferencia superior en experiencia respecto a su competidora acaba ganando y expulsando a su rival, el momento de expulsión dependerá de cuanto sea la diferencia, cuanto mayor sea más rápida será la expulsión. Suponiendo la inclusión de perturbaciones, si la diferencia en experiencia es mínima aparece una sensibilidad a las condiciones iniciales, la cual se pierde a medida que aumenta la diferencia. Sin embargo, esto no ocurre si se considera la posibilidad de apropiación de experiencia, independientemente de la cuantía de la diferencia, el comportamiento de la cuota siempre será oscilatorio. En este caso tampoco existe sensibilidad a las condiciones iniciales. Suponiendo que existe apropiabilidad de experiencia, el comportamiento de la cuota es muy oscilatorio y dependerá de cuál sea la diferencia de niveles. En este caso tampoco existe sensibilidad a las condiciones iniciales.

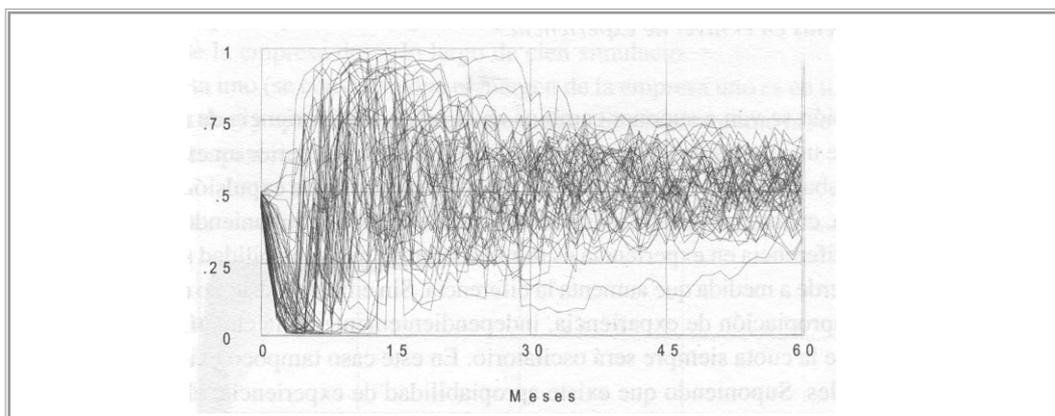
Los siguientes gráficos muestran la evolución de la cuota de mercado de la empresa dos o la comparación entre cuotas en ambas empresas en distintos casos.



**GRÁFICO 15.** Evolución de la cuota de mercado de la empresa dos durante cien simulaciones suponiendo variaciones en el nivel de experiencia de la empresa uno <sup>13</sup> (SBM2).

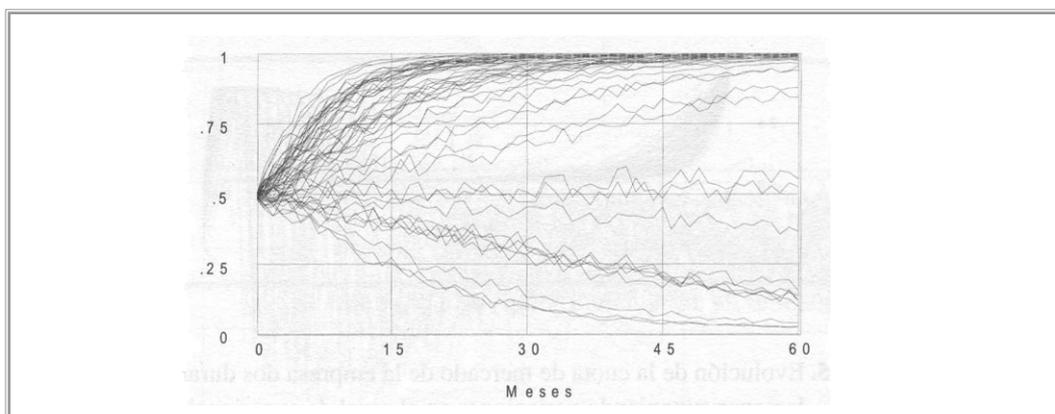
**FUENTE:** *Elaboración propia.*

<sup>13</sup> Suponiendo que el nivel de experiencia de la empresa uno es mayor al de la empresa dos.



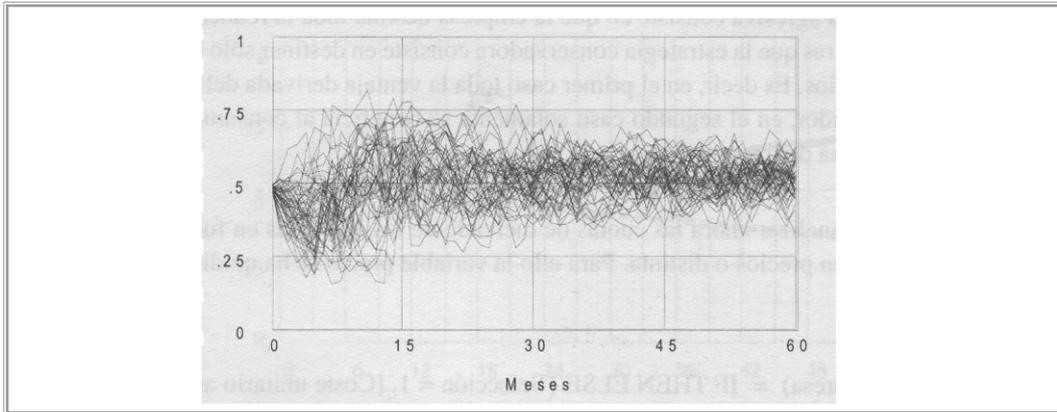
**GRÁFICO 16.** Evolución de la cuota de mercado de la empresa dos durante cien simulaciones suponiendo variaciones en el nivel de experiencia de la empresa uno (SBM3).

**FUENTE:** *Elaboración propia.*



**GRÁFICO 17.** Evolución de la cuota de mercado de la empresa dos durante cien simulaciones suponiendo variaciones mínimas en el nivel de experiencia de la empresa uno (SBM2)

**FUENTE:** *Elaboración propia.*



**GRÁFICO 18.** Evolución de la cuota de mercado de la empresa dos durante cien simulaciones suponiendo variaciones mínimas en el nivel de experiencia de la empresa uno (SBM3).

**FUENTE:** *Elaboración propia.*

En este caso se pone de manifiesto la sensibilidad a las condiciones iniciales para diferencias mínimas en el nivel de experiencia. La empresa dos supera a la empresa uno a pesar de que esta última tiene un nivel de experiencia mínimamente superior. Por tanto se puede concluir que existe sensibilidad a las condiciones iniciales para diferencias mínimas en el nivel de experiencia cuando se incluyen perturbaciones, en la medida en que esas diferencias aumentan la sensibilidad desaparece. Si se considera la posibilidad de apropiación de experiencia no existirá sensibilidad a las condiciones iniciales en ninguno de los casos anteriores.

### 3. Análisis en condiciones de desigualdad: diferencias en políticas.

#### 3.1. Diferencias en la política de precios.

Se plantean dos posibles estrategias a seguir en precio:

- Estrategia agresiva.
- Estrategia conservadora.

La estrategia agresiva consiste en que la empresa destina toda la reducción de costes a reducir el precio, mientras que la estrategia conservadora consiste en destinar sólo una parte de la reducción a rebajar precios. Es decir, en el primer caso toda la ventaja derivada del efecto experiencia se destina al consumidor, en el segundo caso solamente se beneficia al consumidor en parte, beneficiándose la empresa del resto.

Se trata de analizar ahora las cuotas de mercado de las empresas en función de que sigan la misma estrategia en precios o distinta. Para ello la variable precio se ha modificado de la siguiente manera:

$$\text{Precio (empresa)} = \text{IF THEN ELSE (Selección} = 1, [\text{Coste unitario anterior (empresa)} - \text{Reducción del coste unitario (empresa)}] * [1 + \text{Margen (empresa)}], [\text{coste unitario anterior (empresa)} - \mu * \text{Reducción del coste unitario (empresa)}] * [1 + \text{Margen (empresa)}])$$

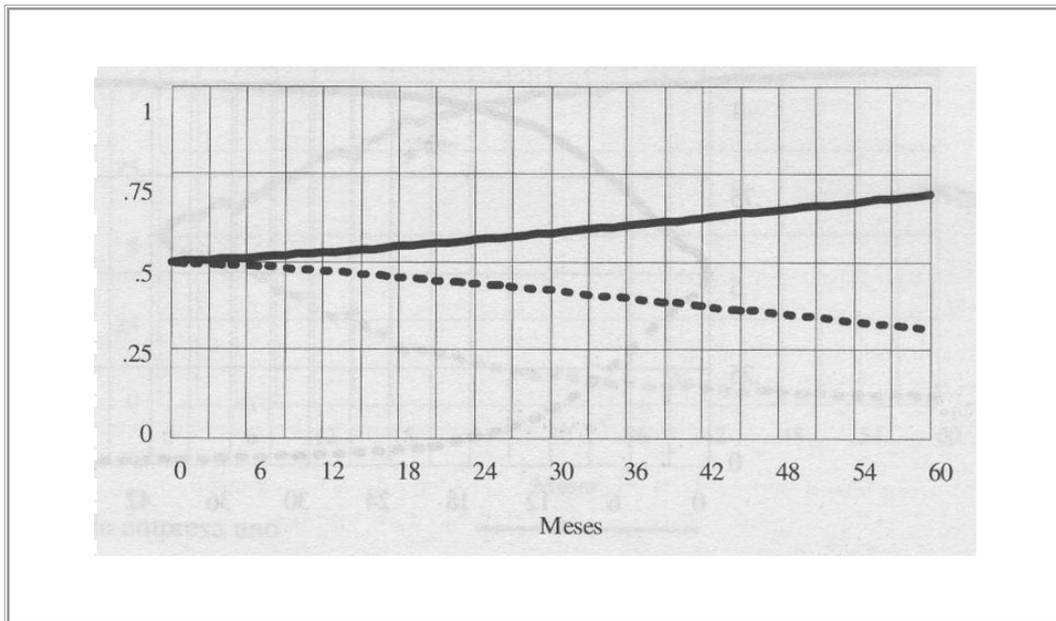
Si la selección de la empresa es 1 seguirá una estrategia en precios agresiva, si la selección es distinta de 1 seguirá una estrategia conservadora, donde  $\mu$  representa el porcentaje de reducción de costes que se destina a la reducción del precio.

Interesa estudiar ahora la evolución de la cuota en función de cuál sea la estrategia en precios a seguir por la empresa.

### 3.1.1. SBM1: duopolio con efecto experiencia sin incluir perturbaciones.

Cuando no se incluyen perturbaciones en el modelo siempre que las dos empresas sigan la misma estrategia (o las dos agresiva, o las dos conservadora), se repartirán el mercado al 50%, es decir, los resultados coinciden con los analizados al principio del capítulo. El producto de ambas empresas será igual de atractivo para los consumidores por lo que la cuota de mercado de ambas coincide, llevando a un aumento de la demanda y con ello de producción, incrementándose la experiencia, lo que conduce a una reducción de costes igual en las dos empresas, y esto lleva a una disminución del precio. Si ambas siguen la misma estrategia fijarán el mismo precio y se repetirá todo el proceso. En cambio, si una de las empresas sigue una estrategia agresiva mientras que su rival sigue una estrategia conservadora, la empresa que sigue la estrategia agresiva consigue una mayor cuota, que se incrementa rápidamente pudiendo llegar incluso a expulsar a su rival del mercado, ello dependerá de cuál sea el valor de  $\mu$ .

El siguiente gráfico muestra la evolución de la cuota de mercado para ambas empresas, suponiendo que la empresa uno sigue una estrategia agresiva y la empresa dos una estrategia conservadora. Mientras que la empresa uno dedica el 100% de la reducción de costes a la reducción del precio se supone que la empresa dos dedica un 99,9%, es decir, la diferencia es mínima con relación a la empresa uno, sin embargo, la empresa uno es la que obtiene más cuota.

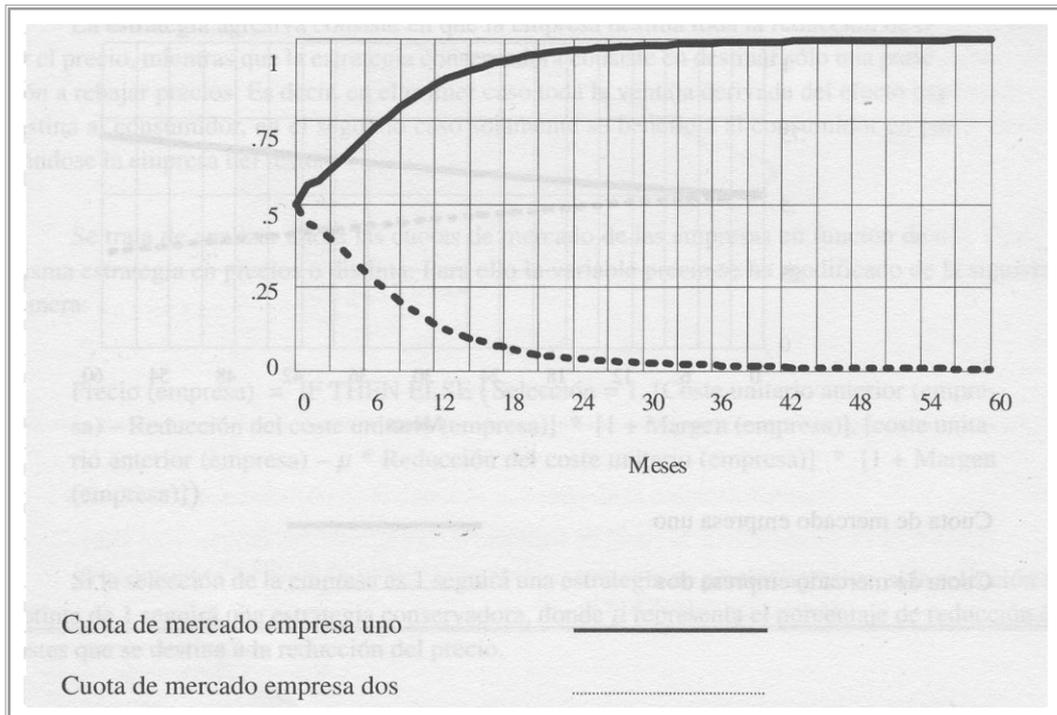


**GRÁFICO 19.** Comparación de cuotas en ambas empresas suponiendo distinta estrategia en precio.

**FUENTE:** *Elaboración propia.*

Aunque la diferencia de reducción de coste destinada a rebajar precios es mínima entre las dos empresas, la empresa que sigue estrategia agresiva es la que obtiene más cuota de mercado. El logro de ventaja al inicio le permite amplificarla y acabar teniendo el dominio en cuota.

La expulsión y velocidad de amplificación dependerá del valor de  $\mu$ . Así en el siguiente gráfico se muestra la comparación de cuotas suponiendo que la empresa uno sigue una estrategia agresiva y la empresa dos una estrategia conservadora, suponiendo que la última dedica sólo un 2% de la reducción de costes al beneficio de la empresa.



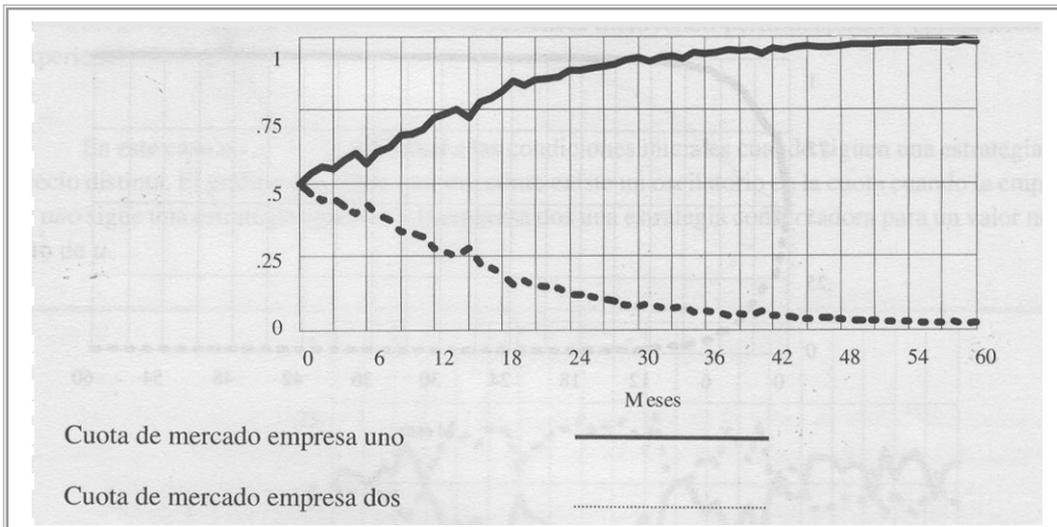
**GRÁFICO 20.** Comparación de cuotas en ambas empresas suponiendo distinta estrategia en precio.

**FUENTE:** *Elaboración propia.*

### 3.1.2. SBM2: duopolio con efecto experiencia incluyendo perturbaciones.

Incluyendo perturbaciones en el modelo se observa que existe sensibilidad a las condiciones iniciales para valores altos de  $\mu$ .

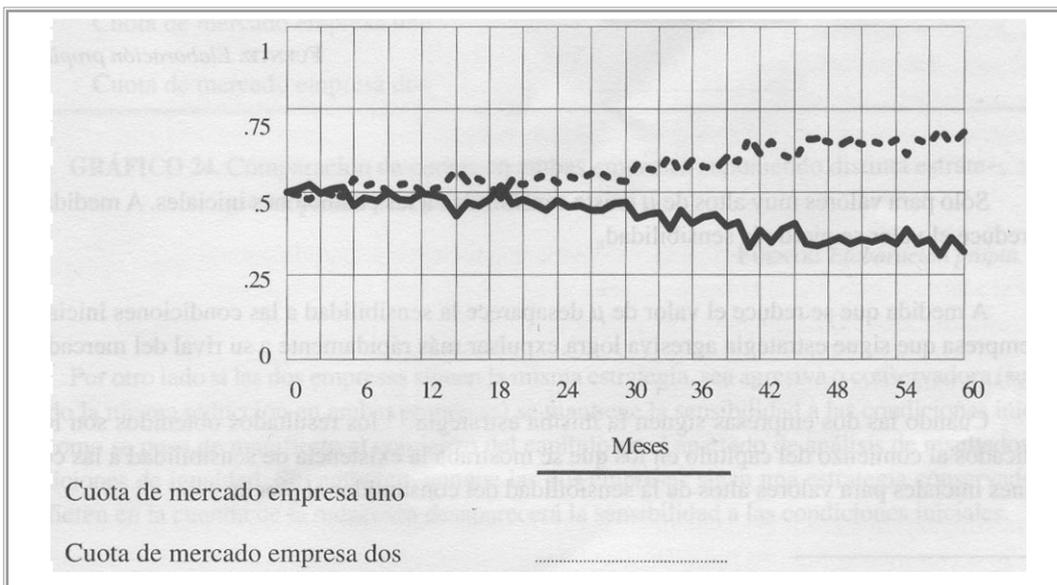
El siguiente gráfico muestra la evolución de la cuota de mercado para ambas empresas, suponiendo que la empresa uno sigue una estrategia agresiva y la empresa dos una estrategia conservadora. Mientras que la empresa uno dedica el 100% de la reducción de costes a la reducción del precio se supone que la empresa dos dedica un 99,9%. En este caso aunque la diferencia es mínima con relación a la empresa uno y en el caso uno la empresa que obtenía más cuota era la empresa uno, si se incluyen perturbaciones el resultado es opuesto al caso anterior, ahora la empresa que obtiene más cuota es la dos, se observa cómo para valores muy altos de  $\mu$  existe sensibilidad a las condiciones iniciales.



**GRÁFICO 21.** Comparación de cuotas en ambas empresas suponiendo distinta estrategia en precio para  $\mu = 0,999$ .

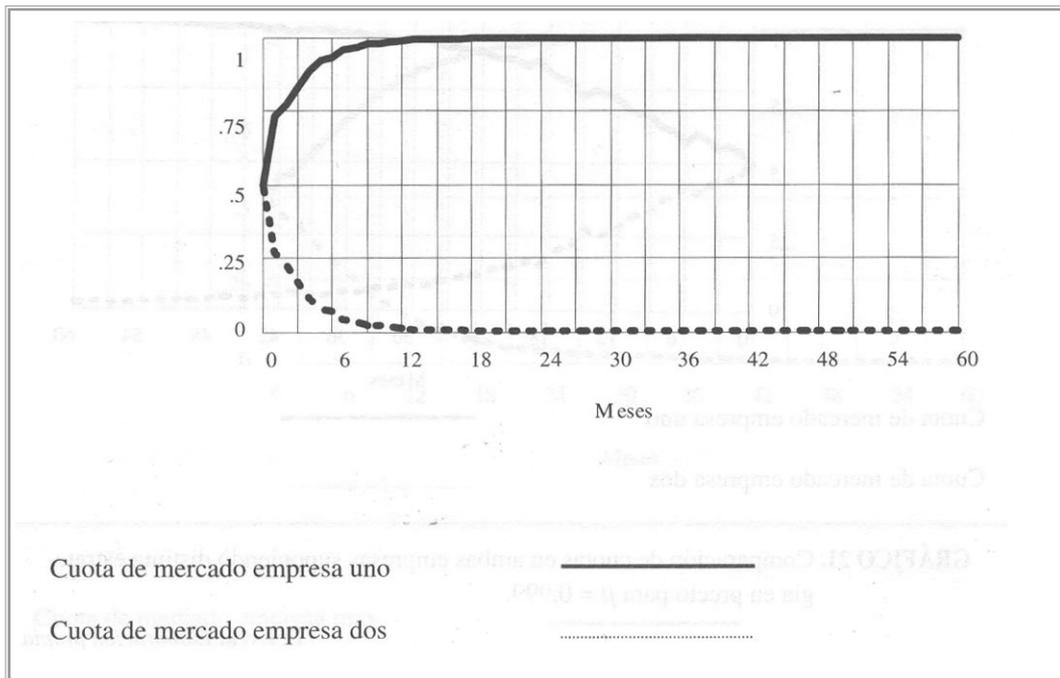
**FUENTE:** *Elaboración propia.*

Los gráficos que se muestran a continuación reflejan la evolución de las cuotas a medida que se va reduciendo mínimamente el valor de  $\mu$ .



**GRÁFICO 22.** Comparación de cuotas en ambas empresas suponiendo distinta estrategia en precio para  $\mu = 0,99$ .

**FUENTE:** *Elaboración propia.*



**GRÁFICO 23.** Comparación de cuotas en ambas empresas suponiendo distinta estrategia en precio para  $\mu = 0,90$ .

**FUENTE:** *Elaboración propia.*

Sólo para valores muy altos de  $\mu$  existe sensibilidad a las condiciones iniciales. A medida que se reduce el valor se pierde la sensibilidad.

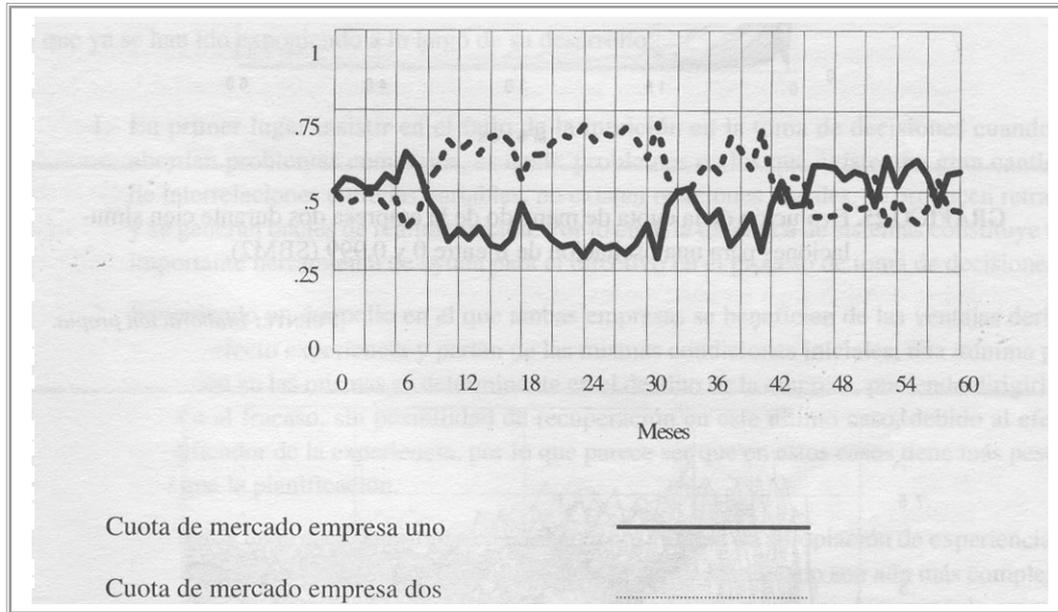
A medida que se reduce el valor de  $\mu$  desaparece la sensibilidad a las condiciones iniciales y la empresa que sigue estrategia agresiva logra expulsar más rápidamente a su rival del mercado.

Cuando las dos empresas siguen la misma estrategia <sup>14</sup> los resultados obtenidos son los ya indicados al comienzo del capítulo en los que se mostraba la existencia de sensibilidad a las condiciones iniciales para valores altos de la sensibilidad del consumidor al precio.

<sup>14</sup> Suponiendo que las dos empresas siguen estrategia agresiva o las dos siguen estrategia conservadora, y en este último caso suponiendo que las dos efectúan la misma reducción en precio. Caso de que una de ellas aplique una reducción mayor a su rival, la empresa ganadora vendrá determinada por el valor de  $\mu$ . Si  $\mu$  en ambas empresas es prácticamente el mismo, existirá sensibilidad a las condiciones iniciales, pero a medida que se reduce y la diferencia en  $\mu$  en ambas empresas es mayor, la sensibilidad desaparece.

3.1.3. SBM3: duopolio con efecto experiencia incluyendo perturbaciones y apropiación de experiencia de la competencia.

En este caso no existe sensibilidad a las condiciones iniciales cuando siguen una estrategia en precio distinta. El gráfico que sigue muestra cómo existe un oscilatorio en la cuota cuando la empresa uno sigue una estrategia agresiva y la empresa dos una estrategia conservadora para un valor muy alto de  $\mu$ .

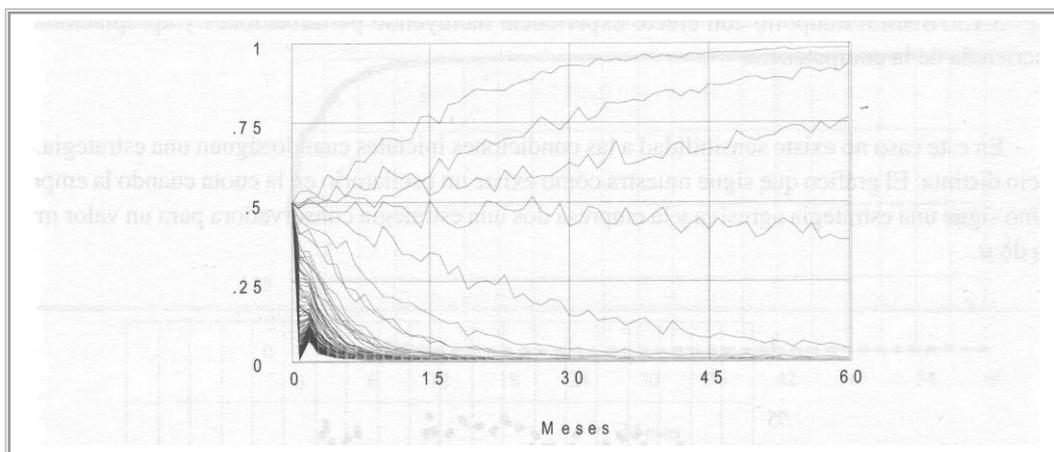


**GRÁFICO 24.** Comparación de cuotas en ambas empresas suponiendo distinta estrategia en precio para  $\mu = 0,999$ .

**FUENTE:** *Elaboración propia.*

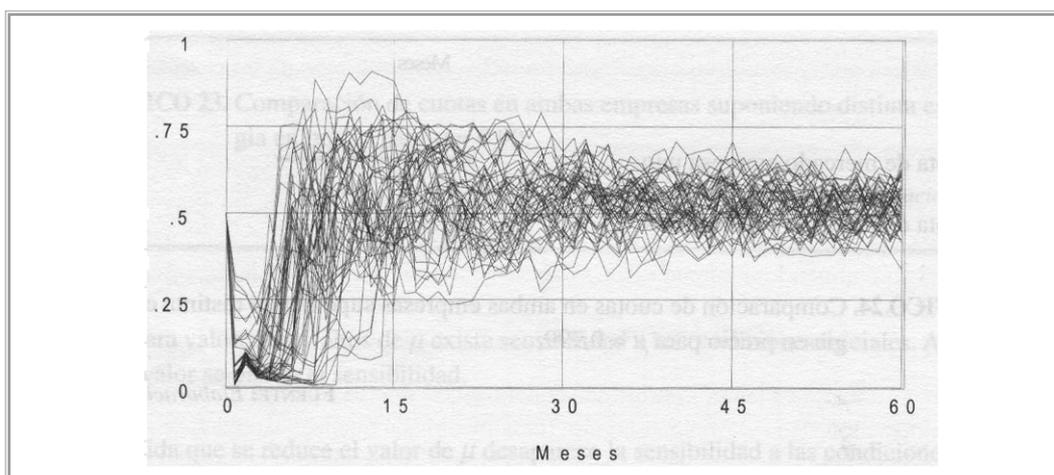
Por otro lado si las dos empresas siguen la misma estrategia, sea agresiva o conservadora (suponiendo la misma reducción en ambas empresas) se mantiene la sensibilidad a las condiciones iniciales, como se puso de manifiesto al comienzo del capítulo en el apartado de análisis de resultados en condiciones de igualdad. Sin embargo, aunque las dos empresas sigan una estrategia conservadora, si difieren en la cuantía de la reducción desaparecerá la sensibilidad a las condiciones iniciales.

Los siguientes gráficos muestran la sensibilidad de la cuota de mercado a variaciones en el valor de  $\mu$ . El **gráfico 25** muestra la sensibilidad en el caso de que se incluyan perturbaciones en el modelo, mientras que en el **gráfico 26** se muestra la sensibilidad en el caso de considerar perturbaciones y apropiabilidad de experiencia de la competencia.



**GRÁFICO 25.** Evolución de la cuota de mercado de la empresa dos durante cien simulaciones para una oscilación de  $\mu$  entre 0 y 0,999 (SBM2).

**FUENTE:** *Elaboración propia.*



**GRÁFICO 26.** Evolución de la cuota de mercado de la empresa dos durante cien simulaciones para una oscilación de  $\mu$  entre 0 y 0,999 (SBM3).

**FUENTE:** *Elaboración propia.*

El **gráfico 24** muestra cómo existe sensibilidad a las condiciones iniciales en el caso dos cuando ambas empresas siguen distinta estrategia en precios, no obstante, dependerá del valor que tome  $\mu$ , ya que sólo existirá sensibilidad a las condiciones iniciales para un valor alto de este parámetro.

El **gráfico 26** muestra la evolución en el caso tres, se observa cómo cuando existe la posibilidad de apropiación de experiencia, desaparece la sensibilidad a las condiciones iniciales cuando las dos empresas siguen una estrategia en precios distinta.

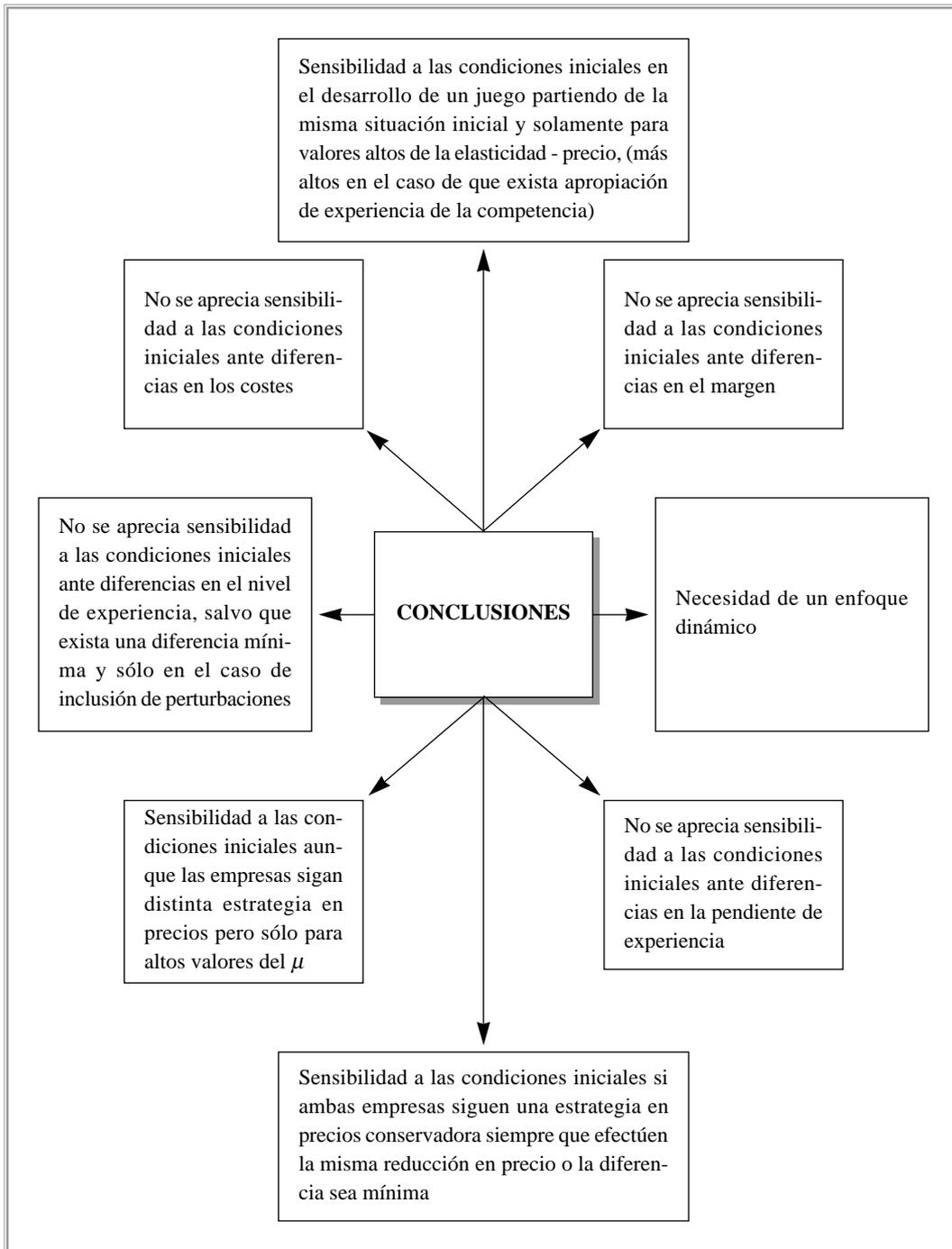
## V. CONCLUSIONES

A continuación se citan las conclusiones más importantes que han sido obtenidas del estudio y que ya se han ido exponiendo a lo largo de su desarrollo:

1. En primer lugar insistir en el fallo de la intuición en la toma de decisiones cuando se abordan problemas complejos, es decir, problemas en los que existe una gran cantidad de interrelaciones entre las variables, no existen relaciones lineales, se producen retrasos y se generan bucles de realimentación. Por lo cual, la dinámica de sistemas constituye una importante herramienta de ayuda para el directivo en el proceso de toma de decisiones.
2. Suponiendo un duopolio en el que ambas empresas se beneficien de las ventajas derivadas del efecto experiencia y partan de las mismas condiciones iniciales, una mínima perturbación en las mismas es determinante en el destino de la empresa, pudiendo dirigirla al éxito o al fracaso, sin posibilidad de recuperación en este último caso, debido al efecto amplificador de la experiencia, por lo que parece ser que en estos casos tiene más peso el azar que la planificación.
3. Si además en el caso anterior se considera la posibilidad de apropiación de experiencia de la competencia, los caminos de evolución de la cuota de mercado son aún más complejos, pues una de las empresas puede ganar una ventaja inicial pero no ser capaz de prevenir que su competidora aprenda de su experiencia. La apropiación de experiencia frena, en cierto modo, el efecto determinante de la perturbación. La apropiación de experiencia actúa como una especie de antídoto frente a la sensibilidad a las condiciones iniciales.
4. Los resultados obtenidos en las dos conclusiones anteriores únicamente son válidos para valores altos de la elasticidad-precio. En la medida en que la elasticidad se reduce la oscilación en cuota está cada vez más próxima al 50%. Para valores medios del parámetro hay momentos en los que las cuotas de ambas empresas se llegan a igualar y para valores bajos la oscilación es mayor y en ocasiones una de las empresas puede acabar perdiendo cuota respecto a su rival. Si además se considera la posibilidad de apropiación de experiencia los resultados son similares, no obstante, se requiere una mayor elasticidad-precio que en el caso anterior para que exista sensibilidad a las condiciones iniciales. El comportamiento de la cuota también es tanto más oscilatorio cuando más bajo sea el valor del parámetro.
5. Si se supone que ambas empresas poseen distinta pendiente de experiencia (*ceteris paribus*) no se aprecia sensibilidad a las condiciones iniciales, la empresa con una pendiente de experiencia más favorable será la ganadora y dependiendo de la magnitud de la diferencia en pendiente el dominio en cuota se producirá de un modo más rápido o más lento. La empresa que

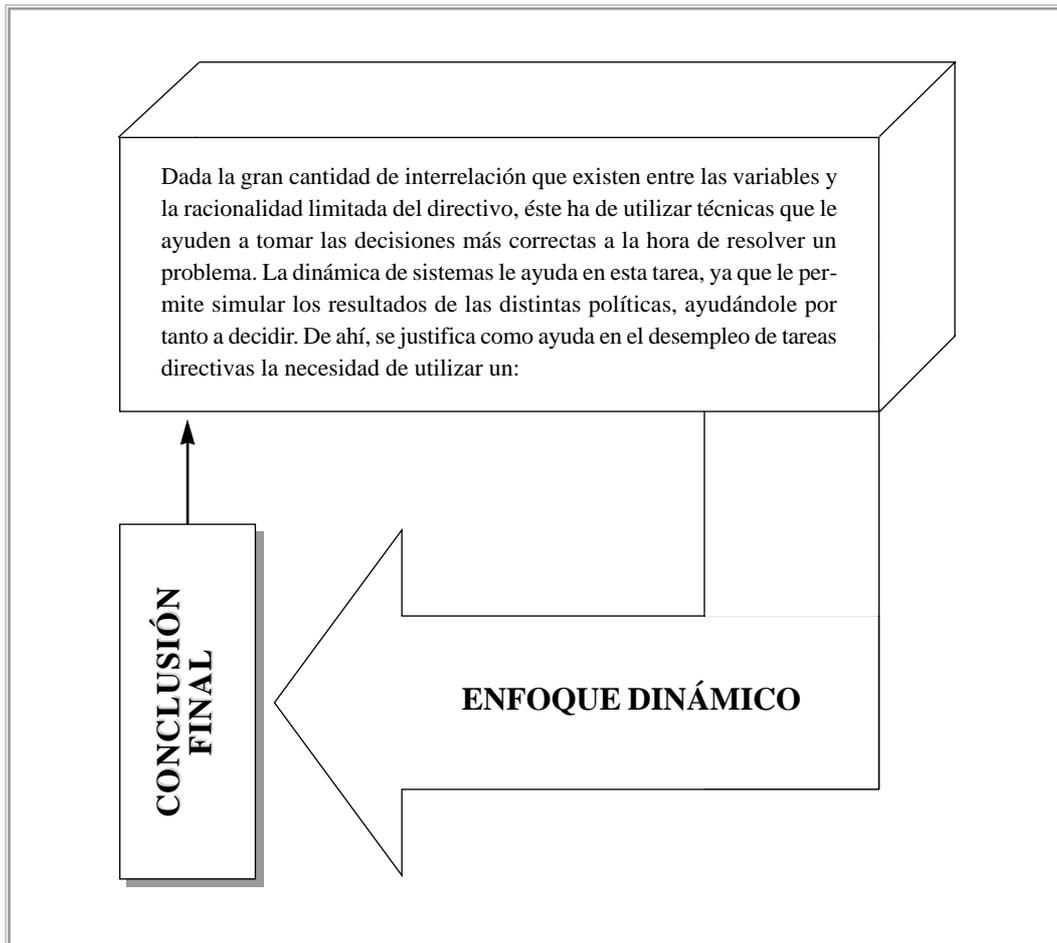
tiene ventaja en pendiente la amplifica rápidamente. Los resultados son los mismos si se considera la posibilidad de apropiación de experiencia, no obstante, si la diferencia en pendiente es mínima la empresa que comienza con ventaja puede perderla. Por tanto y resumiendo este punto, no existe sensibilidad a las condiciones iniciales ante diferencias de pendiente entre empresas competidoras, pues, acabará ganando la empresa con mejor pendiente. Ahora bien, cuando existe apropiabilidad de experiencia es preciso puntualizar, porque si bien esto sucede, el comportamiento o evolución de la cuota es más oscilante que en el caso anterior y además para diferencias muy pequeñas en pendiente no tiene por qué ganar la empresa con ventaja inicial, pues es fácil que su competidora se apropie de su experiencia.

6. Si se supone que ambas empresas parten de un coste inicial distinto (*ceteris paribus*), la empresa con un coste inicial más bajo, aunque sea mínimo acaba ganando cuota, independientemente de la inclusión de perturbaciones. En este caso tampoco existe sensibilidad a las condiciones iniciales. Si además se considera la posibilidad de apropiación de experiencia cuando las diferencias en coste son altas la empresa con coste más bajo acaba expulsando del mercado a su rival. Si la diferencia es pequeña no se produce una expulsión aunque sí existen variaciones en la cuota de mercado. En este último caso tampoco existe sensibilidad a las condiciones iniciales.
7. Si las empresas fijan distinto margen (*ceteris paribus*) no se aprecia sensibilidad a las condiciones iniciales, pues la empresa ganadora será la que fije un menor margen (en las condiciones desarrolladas en este modelo, en el cual no se consideran variables financieras), pues la empresa ganadora será la que fije un menor margen. Si se considera la posibilidad de apropiación de experiencia la variación en la cuota de mercado será oscilatoria. En la medida en que dicha diferencia se reduzca la amplitud de la oscilación también se reducirá.
8. Si las empresas tienen distinto nivel de experiencia (*ceteris paribus*) aquella que posea una mayor experiencia acaba ganando y expulsando a su rival, el momento de expulsión dependerá de la magnitud de la diferencia. A mayor diferencia más rápida será la expulsión. Por otro lado, se observa que si la diferencia es mínima persiste la sensibilidad a las condiciones iniciales, no obstante si además se considera la posibilidad de apropiación de experiencia el comportamiento de la cuota es oscilante y desaparece la sensibilidad a las condiciones iniciales. Para concluir este punto, no existe sensibilidad a las condiciones iniciales ante variaciones en el nivel de experiencia, si bien, cuando la diferencia es mínima aparece sólo en el caso de que se tenga en cuenta la existencia de perturbaciones.
9. Cuando ambas empresas siguen distinta estrategia en precios (*ceteris paribus*), se observa una sensibilidad a las condiciones iniciales para valores altos de  $\mu$ . Es decir, existe sensibilidad a las condiciones iniciales si existe una diferencia mínima en cuanto al porcentaje de la reducción de costes destinada a rebajar precios en ambas empresas. A medida que aumenta el valor de esa diferencia dejará de existir sensibilidad, y la empresa que siga una estrategia agresiva logrará expulsar más rápidamente a su rival del mercado. Aunque las dos empresas sigan una estrategia conservadora si el valor de  $\mu$  difiere desaparecerá la sensibilidad a las condiciones iniciales (salvo que la diferencia sea mínima). Considerando apropiación de experiencia el comportamiento de la cuota es oscilante independientemente del valor de  $\mu$ .



**FIGURA 23.** Principales conclusiones del estudio.

**FUENTE:** *Elaboración propia.*



**FIGURA 24.** Conclusión final del estudio.

**FUENTE:** *Elaboración propia.*

## VI. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Desde un punto de vista dinámico, todas las situaciones competitivas son transitorias, las reglas del juego cambian periódicamente lo cual puede cambiar las situaciones adquiridas, es decir, se producen mecanismos de ajuste y nunca nada es definitivo, por ello el análisis estratégico es constantemente necesario ya que es muy difícil predecir el éxito y la duración del mismo. La tendencia hacia una cuota del 0% o del 100% depende de los eventos reflejados como aleatorios aunque en realidad dependen también de los movimientos estratégicos de las empresas competidoras y que no se han tenido en cuenta en la elaboración del modelo. Es decir, se ha supuesto que las empresas no cambian sus estrategias a lo largo del período de simulación.

Por otro lado tampoco se ha tenido en cuenta en el estudio el efecto que puede provocar la percepción de calidad sobre el atractivo del producto. Es decir, si una empresa reduce precios derivado de una reducción en costes y procedente del aumento en experiencia, aumenta el atractivo del producto para el cliente como consecuencia del menor precio del producto pero también hay que tener en cuenta que la reducción del precio puede suponer para el mismo una percepción de mala calidad reduciendo su demanda.

Por último reiterar la simplicidad del modelo desarrollado en el que no se han tenido en cuenta las limitaciones en la capacidad, retrasos en la producción y en la adquisición de bienes o variables financieras.

## BIBLIOGRAFÍA

- AAKER, D. (1987): *Management estratégico del mercado*. Editorial Hispano Europea. Colección ESADE.
- ABELL, D. E. y HAMMOND, J. S. (1989): *Planeación estratégica de mercado*. CECSA. México.
- ABERNATHY, W. y WAYNE, K. (1974): «Limits of the learning curve». *Harvard Business Review*; vol. 52, number 5, págs. 109-119.
- ADLER, P. S. and CLARK, K. B. (1991): «Behind the learning curve: A sketch of the learning process». *Management Science*, vol. 37, number 3, págs. 267-281.
- AGUARÓN JOVEN, J.; CALVETE FERNÁNDEZ, H.; LASALA CALLEJO, P.; MORENO JIMÉNEZ, J. A.; PLO ALASTRUÉ, F. (1993): *Simulación*. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales (Zaragoza). Colección de textos docentes.
- AMIT, R. (1986): «Cost Leadership Strategy and Experience Curves». *Strategic Management Journal*, vol. 7, number 3, págs. 281-292.
- ANDRESS, F. J. (1954): «The learning curve as a production tool». *Harvard Business Review*; vol. 32, number 1, págs. 87-97.
- ARACIL, J. (1986): *Introducción a la dinámica de sistemas*. Alianza Universidad Textos. Madrid.
- AXELROD, R. (1981): «The Emergence of Cooperation among Egoists». *The American Political Science Review*; vol. 75, págs. 306-318.
- AXELROD, R. (1984): *La evolución de la cooperación*. Alianza Universidad. Madrid.
- BINMORE, K. (1996): *Teoría de juegos*. McGraw-Hill. Madrid.
- BOSTON CONSULTING GROUP (1988): *Los mecanismos fundamentales de competitividad*. EADA Gestión.
- BOULDING (1981): *Evolutionary economics*. Beverley-Hills: Sage.

- BUZZELL, R. D. y WIERSEMA, F. D. (1982): «Estrategias eficaces para aumentar la cuota de mercado». *Harvard Deusto Business Review*; 3 trim, págs. 4-17.
- BUZACOTT, J. A.; CANTLEY, M. F.; GRAGOLEV, V. N. y TOMLINSON, R. C. (eds.) (1982): *Scale in production systems*. Pergamon Press.
- CAMERER, C. F. (1991): «Does strategy research need game theory?». *Strategic Management Journal*; vol. 12, págs. 137-152.
- CHASE/AQUILANO (1994): *Dirección y Administración de la Producción y de las Operaciones*. Addison-Wesley Iberoamericana. Sexta edición.
- DAY, G. & MONTGOMERY, D. (1983): «Diagnosing the Experience Curve». *Journal of Marketing*; vol. 47, number 2, págs. 44-58.
- DIXIT, A. (1979): «A model of duopoly suggesting a theory of entry barriers». *Bell journal of economics*; number 10, págs. 20-32.
- DIXIT/NALEBUFF (1992): *Pensar estratégicamente: un arma decisiva en los negocios, la política y la vida diaria*. Ed. Antoni Bosch. Barcelona.
- DORROH, J. R.; GULLEDGE, T. R.; WOMER, N. K. (1986): «A generalization of the learning curve». *European Journal of Operational Research*; number 26, págs. 205-216.
- FERNÁNDEZ SÁNCHEZ, E. y FERNÁNDEZ CASARIEGO, Z. (1988): *Manual de dirección estratégica de la tecnología. La producción como ventaja competitiva*. Ed. Ariel Economía.
- FERNÁNDEZ SÁNCHEZ, E. (1993): *Dirección de la producción. I. Fundamentos estratégicos*. Ed. Civitas. Madrid.
- FORRESTER, J. W. (1961): *Industrial dynamics*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts. Traducción (1972): *Dinámica Industrial*. Ed. El Ateneo. Buenos Aires.
- FORRESTER, J. W. (1980): «Un nuevo diseño de empresa». En J.S. Jun y Storm W. B. (eds.): *Las organizaciones del mañana: Desafíos y experiencias*. Trillas, México.
- FORRESTER, J. W. (1992): «Policies, decisions and information sources for modeling». *European Journal of Operational Research*; vol. 59, number 1, págs. 42-63.
- FUNDENBERG, D. and TIROLE, J. (1983): «Learning-by-doing and market performance». *The Bell Journal of Economics*; vol. 14, number 2, págs. 522-530.
- GADNER, R. (1996): *Juegos para empresarios y economistas*. Antoni Bosch, Editor.
- GANS, J. S. (1996): «On the impossibility of rational choice under incomplete information». *Journal of Economic Behavior and Organization*; vol. 29, págs. 287-309.
- GARCÍA RODRÍGUEZ, R. M. (1995): «Dirección». En *Administración de empresas para ingenieros*. Ed. Civitas. Capítulo 6.
- GHEMAWAT, P. and SPENCE, M. (1985): «Learning curve spillovers and market performance». *Quarterly Journal of Economics*; number 402, supplement, págs. 839-852.
- GHEMAWAT, P. (1986): «Elaboración de estrategias a partir de la curva de experiencia». *Harvard-Deusto Business Review*; 3 trim., number 27, págs. 3-12.

- GUERRIEN, B. (1993): *La Théorie des Jeux*. Économie poche. Paris.
- HAMILTON (1953): *Newtonian classicism and darwinian institutionalism: an study of change in economics theory*. Alburquerque, University of New Mexico Press.
- HAX, A. y MAJLUF, N. S. (1984): *Strategic management: An integrative perspective*. Prentice Hall International Englewood Cliffs.
- HIRSCHMANN, W. (1964): «Profit from the learning curve». *Harvard Business Review*; vol. 42, number 1, págs. 125-139.
- JOHANSSON, BATTEN Y CASTI (1987): «Economic dynamics, evolution structural adjustment». En Batten, Casti and Johansson Editores, 1987. *Economic evolution and structural adjustment*. Berlin: pringer-Verlag.
- KATONA, G. (1953): «Rational Behavior and Economic Behavior». *Psychological Review*, págs. 307-318.
- KREPS, D. M. and SCHEINKMAN, J. A. (1983): «Quantity precommitment and Bertrand competition yield Cournot outcomes». *Bell journal of economics*; number 14, págs. 326-337.
- KRUGMAN, P. (1990): *Rethinking International Trade*. MIT Press, Cambridge, M.A.
- LAMBIN, J. J. (1987): *Marketing estratégico*. Ed. McGraw-Hill. Madrid.
- LANE, D. and MAXFIELD, R. (1996): «Strategy under complexity: Fostering generative relationships». *International Journal of Strategic Management*; vol. 29, number 2, págs. 215-231.
- LEWIN, R. (1995): *Complejidad: El caos como generador del orden*. Ed. Tusquets. Barcelona.
- LIEBERMAN, M. B. (1984): «The learning curve and pricing in the chemical processing industries». *RAND Journal of Economics*; vol. 15, number 2, págs. 213-228.
- MAJD, S. and PINDYCK, R. (1989): «The learning curve and optimal production under uncertainty». *RAND Journal of Economics*; vol. 20, number 3, págs. 331-343.
- MEADOWS, D. L. (1977): «Hacia una ciencia de la predicción de la predicción social». En Aracil (eds.). *Lecturas sobre dinámica de sistemas*. Subsecretaría de Planificación. Madrid; págs. 253-266.
- MORECROFT, J. D. W. (1985): «Rationality in the analysis of behavioral simulation models». *Management Science*; vol. 31, number 7, págs. 900-916.
- OSTER, S.M. (1990): *Modern Competitive Analysis*. Oxford University Press. New York.
- PORTER, M. E. (1980): *Competitive Strategy*. The Free Press, New York.
- POUNDSTONE, W. (1995): *El dilema del prisionero*. Alianza Editorial.
- RADZICKI, M. J. and STERMAN, J. D. (1994): «Evolutionary Economics and System Dynamics». En Richard, W. England, Editor. *Evolutionary concepts in contemporary economics*. Arbor University of Michigan Press, 1994.
- RICHARDSON Y PUGH (1981): *Introduction to system dynamics modeling with dynamo*. MIT Press. Massachusetts.
- ROTHSCHILD, M. (1990): *Bionomics*. New York: Henry Holt.

- SAMUELSON, L. (1996): «Bounded Rationality and Game Theory». *Quarterly Review of Economics and Finance*; vol. 36, págs. 17-35.
- SCHROEDER, W. W. III (1977): «Dinámica de sistemas: un instrumento único para el análisis de sistemas sociales para los que existe escasez de información». En Aracil (eds). *Lecturas sobre dinámica de sistemas*. Subsecretaría de Planificación. Madrid; págs. 241-252.
- SENGE, PETER M. (1995): *La Quinta Disciplina*. Granica. Barcelona.
- SHARP, J. A. y PRICE, D. H. R. (1984): «System dynamics and operational research: An appraisal». *European Journal of operational research*; vol. 16, number 1, págs. 1-12.
- SMITH, J. (1989): *Learning curve for cost control*. Institute of Industrial Engineers, Atlanta.
- SPENCE, A. M. (1977): «Entry, capacity, investment and oligopolistic pricing». *Bell journal of economics*; number 8, pág. 534-544.
- SPENCE, A. M. (1979): «Investment strategy and growth in a new market». *The Bell Journal of Economics*; vol. 10, number 1, págs. 1-19.
- SPENCE, A. M. (1981): «The learning curve and competition». *The Bell Journal of Economics*; vol. 12, number 1, págs. 49-70.
- STACEY, R. D. (1994): *Gestión del caos. Estrategias empresariales dinámicas para un mundo impredecible*. Ediciones Barcelona. Traducción en castellano de *Managing Chaos. Dynamic Business Strategies in an Unpredictable World*. Kogan Page. Londres, 1992.
- STACEY, R. (1996): «Emerging strategies for a chaotic environment». *International Journal of Strategic Management*; vol. 29, number 2, págs. 182-189.
- STERMAN, J. D.; HENDERSON, R.; BEINHOCKER, E. D. and NEWMAN, L. I. (1995): «A behavioral analysis of learning curve strategy». *Direct correspondence to John Sterman at the MIT Sloan School of Management*.
- SUTTON, C. J. (1983): *Economía y estrategias de la empresa*. Editorial México Limusa.
- THOMPSON, D. H. (1981): «The experience curve effect on cost and prices: implications for public policy». En Balderston, F. E., Carman, J. M. y Nicosia, F. Eds: *Regulation in Marketing and public interest*. Pergamon Press. Nueva York.
- VARIAN, H. R. (1991): *Microeconomía intermedia. Un enfoque moderno*. Ed. Antoni Bosch. Segunda edición. Barcelona.
- VENSIM, PROFESSIONAL DSS (1995): *Reference Manual and User's guide*. Versión 1.62.
- VENTURA, J. (1994): *Análisis competitivo de la empresa: un enfoque estratégico*. Ed. Civitas. Madrid.
- VRIEND, N. J. (1996): «Rational behavior and economic theory». *Journal of Economic Behavior and Organization*; vol. 29, págs. 263-285.
- YELLE, L. E. (1976): «Estimating learning curves for potential products». *Industrial Marketing Management*; number 5, págs. 147-154.
- YIP, G. S. (1983): «Vías de entrada al mercado». *Harvard-Deusto Business Review*; número 14, págs. 35-44.